

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公表特許公報(A)

(11)公表番号
特表2024-531104
(P2024-531104A)

(43)公表日 令和6年8月29日(2024.8.29)

(51)国際特許分類	F I	テーマコード (参考)
C 1 2 P 7/06 (2006.01)	C 1 2 P 7/06	4 B 0 6 4
C 1 0 B 53/00 (2006.01)	C 1 0 B 53/00	A 4 D 0 0 4
B 0 9 B 3/40 (2022.01)	B 0 9 B 3/40	Z A B 4 H 0 1 2
B 0 9 B 101/85 (2022.01)	B 0 9 B 101:85	
B 0 9 B 101/75 (2022.01)	B 0 9 B 101:75	
審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全16頁)		

(21)出願番号	特願2024-506514(P2024-506514)	(71)出願人	522055555
(86)(22)出願日	令和4年8月1日(2022.8.1)		ネクストケム テック エス・ピー・エー・
(85)翻訳文提出日	令和6年2月19日(2024.2.19)		イタリア ローマ 0 0 1 5 6 , 8 8 / 9
(86)国際出願番号	PCT/IB2022/057126		4 , ヴィア ディ ヴァンニナ
(87)国際公開番号	WO2023/012644	(74)代理人	110000659
(87)国際公開日	令和5年2月9日(2023.2.9)		弁理士法人広江アソシエイツ特許事務所
(31)優先権主張番号	102021000020819	(72)発明者	フォルジェロ , ピエロベルト
(32)優先日	令和3年8月2日(2021.8.2)		イタリア 0 0 1 8 6 ローマ , 1 2 , ヴ
(33)優先権主張国・地域又は機関	イタリア(IT)	(72)発明者	イカニエッロ , ガエターノ
(81)指定国・地域	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,A T,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR ,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC, 最終頁に続く	(72)発明者	イタリア 0 0 1 5 3 ローマ , 2 7 , ヴ
		(72)発明者	リスボリ , ジャコモ
			イタリア 0 0 1 3 6 ローマ , 3 4 0 ,
			ヴィア デッレ メダーリエ ドーロ 最終頁に続く

(54)【発明の名称】 高温での廃棄物の熱変換から得られた合成ガスの変換によって、C O 2 排出のないバイオエタノールを生成するためのプロセス及び装置。

(57)【要約】

本発明は、都市固形廃棄物 (M S W)、廃棄物由来燃料 (R F D) などの農業廃棄物若しくはその派生物、又はさらにはリサイクル不可能なプラスチック廃棄物などの産業廃棄物、又はそれらの組み合わせからなる供給原料の高温での熱変換によって生成され、H₂ / C O 比をバランスするように電気分解によって余分な水素が添加され、したがって発酵ステップにおける有機成分の変換を最大化して、大気中へのC O₂の排出を防止する、合成ガスの嫌気発酵によってC O₂排出のないバイオエタノールを生成するためのプロセス及び装置である。

【選択図】 図 1

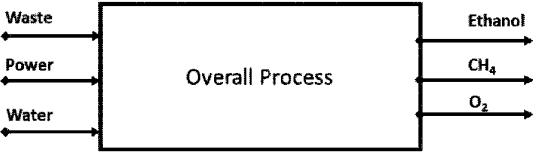


FIG. 1

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

合成ガスの嫌気発酵によってエタノールを生成するプロセスであって、

・ 前記合成ガスは、都市固形廃棄物（MSW）、農業廃棄物又はこれらの派生物、例えば廃棄物由来燃料（RDF）、又はさらには産業廃棄物、例えばリサイクル不可能なプラスチック廃棄物又はこれらの組み合わせを含む供給原料の 1000℃を超える高温での熱変換によって生成され、

・ H_2 / CO 比が体積で少なくとも 2, 0 ÷ 2, 2 に等しい値にバランスするように電気分解によって生成された前記合成ガスにさらに水素が添加され、したがって、 CO_2 の大気中への排出を回避するように発酵ステップにおける有機成分の変換が最大化され、
ここで、

10

前記プロセスは、以下のステップ：

・ 未加工合成ガスの生成による廃棄物の高温変換（100）；
・ 電気分解による H_2 及び O_2 の生成（102）；
・ 2つの圧力レベルで作用する精製ユニットによる未加工合成ガスの精製（101）
であって、微粒子、金属、塩化物、アンモニア、 CO_S 、及び H_2S の除去を目的とする、未加工合成ガスの精製（101）；

・ 発酵反応に必要な最適な H_2 / CO 比を達成するための電気分解によって生成された水素の全部又は一部の添加後の、未加工バイオエタノールを生成するための前記精製された合成ガスの発酵（103）；

20

・ 前記発酵から出てくるパージガス中に存在する残留二酸化炭素のメタンへの部分的又は全体的な変換（105）；

・ 未変換二酸化炭素によって生成されたメタンの分離（106）、並びに回収されたメタンの全部又は一部及び分離された CO_2 の全部の熱変換ステップ（100）へのリサイクル、を含むことを特徴とする、プロセス。

【請求項 2】

無水エタノールの流れ並びにアルコール及び他の有機生成物を含有する水性流が出る、発酵によって生成された前記未加工エタノールを精製するステップ（104）をさらに含むことを特徴とする、請求項 1 に記載のプロセス。

【請求項 3】

30

回収された水を電気分解ユニットにリサイクルするために、前記未加工エタノール精製ステップで得られた水を精製するステップ（107）をさらに含むことを特徴とする、請求項 2 に記載のプロセス。

【請求項 4】

未加工合成ガスを生成するための前記高温廃棄物変換ステップ（100）が、その少なくとも 2 つのトレイン、好ましくは 3 つの変換トレインを提供する複数の変換器からなることを特徴とする、請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載のプロセス。

【請求項 5】

生成された前記合成ガスを精製するステップ（101）が、前記プラントの容量に応じて複数のトレインからなることを特徴とする、請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載のプロセス。

40

【請求項 6】

水の電気分解ステップにおいて、前記プラントの容量に応じていくつかのセルが使用されることを特徴とする、請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載のプロセス。

【請求項 7】

前記電気分解ステップ（102）で生成された水素が前記発酵ステップの上流で部分的に添加され、したがって前記 H_2 / CO 比を 2, 0 ~ 2, 2 体積% の値にシフトさせ、残りの部分が前記発酵ステップの下流で添加され、それにより、メタン化反応（105）の発生を可能にし、したがって前記発酵及びメタン化ステップの体積及び動作条件に関してプロセスが最適化されることを特徴とする、請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載のプロ

50

セス。

【請求項 8】

前記電気分解ステップ(102)で生成された水素が前記発酵ステップの上流で完全に添加され、したがって前記 H_2/CO 比を5~5.2体積%の値にシフトさせ、 CO 及び CO_2 のバイオエタノールへの変換プロセスを最大化することを特徴とする、請求項1から6のいずれか一項に記載のプロセス。

【請求項 9】

電気分解によって生成された酸素が、廃棄物を合成ガスに変換するための前記変換ステップにおいて燃焼剤として使用されることを特徴とする、請求項1から8のいずれか一項に記載のプロセス。

10

【請求項 10】

前記発酵ステップ(103)が、前記プラントの容量に応じて、液体栄養培地中に分散された細菌培養物を含有する1つ又は複数のバイオリアクタ内で行われることを特徴とする、請求項1から9のいずれか一項に記載のプロセス。

【請求項 11】

メタン化(105)中に生成されて前記分離ステップ(106)から出るメタン流の量が、前記供給原料の変換温度を制御するために、前記熱廃棄物変換ステップ(100)にリサイクルされることを特徴とする、請求項1から10のいずれか一項に記載のプロセス。

【請求項 12】

前記発酵ステップ(103)から出る過剰な細菌並びに前記水精製ユニット(107)から出るブタンジオール、酢酸エチル、及び高級アルコールからなる副生成物が、生成される前記合成ガスの組成に関して廃棄物の変換を制御するために、前記変換器に送られることを特徴とする、請求項1から11のいずれか一項に記載のプロセス。

20

【請求項 13】

前記分離プロセス(106)から出る CO_2 が、廃棄物供給システムを不活性化し、したがって任意の合成ガス損失及び任意の空気侵入を防止し、変換収率の均等化を可能にするために、個別に、又は不活性物質からなり同じ分離ステップ(106)の副生成物を形成する他の流れと混合して使用されることを特徴とする、請求項1から12のいずれか一項に記載のプロセス。

30

【請求項 14】

合成ガスの嫌気発酵によってエタノールを生成するための装置であって、都市固形廃棄物(MSW)、農業廃棄物若しくはその派生物、例えば廃棄物由来燃料(RFD)又はさらには産業廃棄物、例えばリサイクル不可能なプラスチック廃棄物の熱変換によって生成された合成ガスの前記エタノールへの変換を含み、前記プロセスは、 H_2/CO 比をバランスするために前記合成ガスに添加されるさらなる水素の生成のために電気分解を使用するので、大気への CO_2 排出を伴わず、したがって発酵ステップにおける有機成分の変換を最大化することを特徴とし、

ここで、

前記装置は、以下のステップ：

- ・複数の変換リアクタからなる未加工合成ガスの生成を伴う少なくとも1つの熱高温廃棄物変換ユニット(100)；

- ・複数の電気分解セルからなる電気分解によって H_2 及び O_2 を生成するための少なくとも1つのユニット(102)；

- ・二段圧力、低圧及び高圧で作用する複数の精製トレイン(101)からなる少なくとも1つの未加工合成ガス精製ユニットであって、前記精製トレイン(101)の目的は、微粒子、金属、塩化物、アンモニア、 CO_2 、及び H_2S を除去することである、少なくとも1つの未加工合成ガス精製ユニット；

- ・発酵反応に必要な最適な H_2/CO 比を達成するために電気分解によって生成された水素の全部又は一部を添加したときに未加工バイオエタノールを生成するための、複数の

40

50

バイオリアクタからなる精製合成ガスの発酵のための少なくとも１つのユニット（１０３）；

- ・前記発酵からのバージガス中に存在する残留二酸化炭素のメタンへの部分的又は全体的な変換のための少なくとも１つのユニット（１０５）；

- ・生成されたメタンを未変換二酸化炭素から分離するための少なくとも１つの分離ユニット（１０６）と、両方の流れを前記変換器にリサイクルするためのライン；

- ・前記分離ステップから出るメタンの全部又は一部を前記熱変換ステップにおける温度制御ベクトルとしてリサイクルするための、前記分離ステップ（１０６）から出て前記熱変換ステップ（１００）に送られる少なくとも１つのリサイクルライン；

- ・前記分離ステップで回収された前記CO₂の全部を前記熱変換ステップにおける不活性化剤としてリサイクルするための、前記分離ステップ（１０６）から出て前記熱変換ステップ（１００）に送られる少なくとも１つのリサイクルライン、を含む、装置。

10

【請求項１５】

無水エタノールの流れ並びにアルコール及び他の有機生成物を含有する水性流が出る、発酵によって生成された前記未加工エタノールを精製するための少なくとも１つの精製ユニット（１０４）をさらに含むことを特徴とする、請求項１４に記載の装置。

【請求項１６】

前記回収された水を前記電気分解ユニットにリサイクルするために、前記未加工エタノール精製ステップで生成された水性流のための少なくとも１つの水精製ユニット（１０７）をさらに備えることを特徴とする、請求項１４及び１５に記載の装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、RDF（廃棄物由来燃料）、MSW（都市固形廃棄物）及びプラスチック残渣などの同様の材料を、温室効果ガスの排出がないという点で環境適合性を保証することによってより高い付加価値を有する製品に変換するのに適したプロセス及び装置の分野に関し、具体的には、高温での廃棄物の熱変換（thermal conversion）から得られた合成ガス（synthesis gas）を変換することによってCO₂排出のないバイオエタノールを生成するためのプロセス及び装置からなる。

【背景技術】

30

【０００２】

地球温暖化は、天然ガス又は他の炭化水素の使用に代わるものを探すことによって、2050年までに欧州において温室効果ガス（GHG）の排出を削減するための戦略を実行することを欧州連合に強いている。

【０００３】

都市廃棄物、農業廃棄物及び産業廃棄物を焼却によって処分する従来の方法もまた、温室効果ガス排出、主にCO₂、CH₄及び窒素酸化物の主な発生源の１つである。対照的に、廃棄物は、CO、CO₂及びH₂の混合物である合成ガスに変換することによって、炭素及び水素の供給源として使用することができる。そのような変換のためのプロセスは当技術分野で公知である。

40

【０００４】

例えば、特許文献１は、リアクタの垂直軸に沿って温度を制御する合成ガスへの廃棄物の変換のための純酸素の使用によるガス化プロセスを記載している。

【０００５】

特許文献２には、合成ガスを生成するための高温での廃棄物変換プロセスと、それに続く合成ガスの精製及びメタノールを生成する目的のためのH₂/CO比の調節が記載されている。

【０００６】

引用された実施例の両方において、最終生成物に対して、供給原料のマトリックス中に過剰の炭素が存在し、これは主にCO₂の形態でプロセスを残す。

50

【 0 0 0 7 】

合成ガスの所望の生成物、特にエタノールへのさらなる変換は、異なる方法によって行うことができる。

【 0 0 0 8 】

特許文献 3 は、合成ガスを嫌気性生物変換によって酸素化炭化水素生成物に変換するプロセスを記載しており；該炭化水素生成物は、特にエタノール、酢酸、n - プロパノール及び n - ブタノールである。

【 0 0 0 9 】

特許文献 4 は、酸素化化合物の微生物生成を供給するために利用可能なガス流の CO / H₂ 組成を改善するための異なる方法を記載している。

10

【 0 0 1 0 】

最後に、特許文献 5 では、エタノールの生成は CO に富む合成ガスからの嫌気発酵によって得られるが、これは、利用可能な H₂ の量が増加するにつれて CO₂ の生成は減少又は回避され得るだけであるのに対して、炭素の一部が CO₂ として失われることを意味する。

【 0 0 1 1 】

したがって、都市固形廃棄物 (MSW)、農業廃棄物、又は廃棄物由来燃料 (refused derived fuel、RDF) などのその派生物及びリサイクル不可能なプラスチック残渣などの産業廃棄物に含まれる炭素から、エタノールなどの化学物質又はバイオ燃料を生成するためのゼロ排出のプロセス及び装置が依然として必要とされている。

20

【 0 0 1 2 】

廃棄物由来燃料 (RDF) は、有機画分、金属、紙及びプラスチックの分離後に生成される燃料の一種である。

さらに、特に CO₂ 排出に関して、ゼロ排出量を有するプロセス及び装置が必要とされている。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 1 3 】

【 特許文献 1 】 国際公開第 2 0 1 8 / 0 6 6 0 1 3 号

30

【 特許文献 2 】 国際公開第 2 0 1 8 / 1 3 4 8 5 3 号

【 特許文献 3 】 米国特許第 9 5 1 8 2 3 7 号

【 特許文献 4 】 米国特許第 2 0 1 9 / 0 0 7 8 1 2 1 号

【 特許文献 5 】 米国特許出願公開第 2 0 1 9 / 0 3 2 3 0 4 2 号

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 1 4 】

本発明の目的は、環境中の温室効果ガス排出をゼロに削減することを目的とした規制のガイドラインに適合し、都市廃棄物、並びにリサイクル不可能なプラスチックなどの他の産業廃棄物をバイオエタノールに変換するのに適したプロセス及び装置を提供することによって、従来技術の限界を克服することである。

40

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 5 】

提供される解決手段は、発酵ステップとメタン化ステップとの相乗効果のために CO₂ 排出が回避されるプロセス及び関連装置であり、このような供給原料のガス化は CO 及び CO₂ のより大きな生成を伴うことが周知であることも考慮することにより、電気分解プロセスから余分な水素で富化された合成ガスを生成し、したがってエタノールを生成するための生物学的発酵プロセスを最大化する。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 6 】

50

本発明のより良い理解は、非限定的な例として好ましい実施形態を示す以下の詳細な説明及び添付の図面を参照することによって得られる。

【 0 0 1 7 】

【 図 1 】 本発明の一般概念図を示す。

【 図 2 】 発酵槽の上流及び下流に水素を導入し、未加工エタノールを精練し、回収水を精製するためのユニットを備えた本発明の好ましい実施形態のブロック図を示す。

【 図 3 】 発酵槽の完全上流に水素を導入した本発明の代替実施形態のブロック図を示す。

【 図 4 】 発酵槽の上流及び下流に水素を導入した好ましい実施形態の詳細図を示す。

【 図 5 】 水素が発酵槽の上流にのみ導入される図 4 に関する代替実施形態である。

【 発明を実施するための形態 】

10

【 0 0 1 8 】

発明の詳細な説明

本発明は、1つ又は複数の種類の廃棄物で構成される供給原料の熱変換によって生成された合成ガスの発酵によって未加工バイオエタノールを生成するプロセスに関する。

【 0 0 1 9 】

本発明は、前述のプロセスを実行するための装置をさらに説明する。

【 0 0 2 0 】

記載されたプロセス及び装置は、例えばエタノールなどのバイオ燃料への廃棄物の変換を可能にし；該廃棄物は、都市固形廃棄物（MSW）、農業廃棄物若しくはその派生物、例えば廃棄物由来燃料（RFD）、又はさらには産業廃棄物、例えばリサイクル不可能なプラスチック廃棄物を含む。

20

【 0 0 2 1 】

本発明の第1の特徴によれば、本プロセスは、電気分解によって生成される水素の利用可能性を利用して、ガス化廃棄物に含まれる炭素質元素のエタノールへの変換を可能にする。

【 0 0 2 2 】

電気分解によって生成される水素の利用可能性は、発酵ステップ中に変換されなかった炭素質元素が、単にさらなる水素を添加することによってメタン化反応によってメタンに変換されるので、大気中へのCO₂の排出を回避することをさらに可能にする。このようにして生成されたメタンは、廃棄物変換温度を制御するために、分配のために送られ得るか、又はガス化装置にリサイクルされ得る。

30

【 0 0 2 3 】

開発されたプロセスは、処理されたか否かにかかわらず都市固形廃棄物の高温変換（High temperature conversion）によって、又は農業廃棄物又は産業廃棄物の熱変換によって生成された合成ガスが、約1に等しい体積によるH₂/CO比を有するという考察に由来する。

【 0 0 2 4 】

発酵によってエタノールを生成するのに必要な最適なH₂/CO比は、体積で約2.0 ÷ 2.2であり、したがって、最適なものよりも低い比の値を有する合成ガスを生成する上記のような廃棄物の熱変換は、主に二酸化炭素の形態でプロセスから出てくる過剰な炭素質成分をもたらすことは明らかである。

40

【 0 0 2 5 】

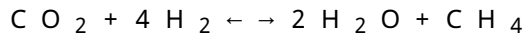
本発明の別の特徴によれば、本プロセスは、合成ガスを生成することができる複数の高温廃棄物変換器と、水素及び酸素を生成するための複数の電気分解セルとを含むことが提供されている。

【 0 0 2 6 】

変換器（converter）によって生成された合成ガスを電気分解によって生成された水素（H₂）と統合することによって、エタノールを生成するために合成ガスのCO/CO₂の形態の炭素質成分のほぼ全体を使用することが可能である。さらに、CO₂変換を最大化し、したがって大気中への放出を回避するために、発酵槽の下流の流れに依然

50

として存在する残留成分が、いわゆるメタン化反応によって合成メタンに変換されることが提供される。



【0027】

有利には、該メタンは、プロセスのより良好な制御のために廃棄物の高温変換に使用することができ、このプロセス外で使用するために電池制限で送ることができる。

【0028】

説明した実施形態のブロック図は、図4及び図5に見ることができる。しかしながら、本発明の基礎となる発明概念を変更することなく、本発明の代替の実施形態が可能である。

10

【0029】

むしろ、本明細書に記載の実施形態は、本発明の目的を当業者に完全に伝える完全かつ網羅的な開示を提供することを目的としている。

【0030】

したがって、本発明は、合成ガスの発酵ステップを通して廃棄物からエタノールを生成するための環境適合性プロセスに関し、該発酵は、水の電気分解によって得られた余分な水素を添加することによって最適化されるが、同じ電気分解の酸素は熱変換ステップ内の燃焼物として使用され、大気中への CO_2 の排出を回避することを可能にする。

【0031】

好ましいが限定的ではない実施形態では、そのようなプロセスは、以下の主要ステップを含む：

20

- ・未加工合成ガス (raw syngas) の生成を伴う廃棄物の高温熱変換 (100)；
- ・電気分解 (electrolysis) による H_2 及び O_2 の生成 (102)；
- ・未加工合成ガスの精製 (101)；
- ・発酵反応に必要な最適な H_2/CO 比を達成するための電気分解によって生成された水素の全部又は一部の添加後の、未加工バイオエタノールを生成するための精製合成ガスの発酵 (103)；
- ・発酵からのパージガス中に存在する残留二酸化炭素のメタンへの部分的又は全体的な変換 (105)；
- ・生成されたメタンの未変換二酸化炭素からの分離 (106)、並びに回収されたメタンの全部又は一部及び分離された CO_2 の全部の高温熱変換ステップ (100) へのリサイクル；
- ・発酵によって生成された未加工バイオエタノールの精製 (104)；

30

該主要ステップはまた、以下のようないくつかのさらなる二次的ステップを含むことができる：

- ・未加工バイオエタノールの精製及び同じ水の電気分解ユニットへのリサイクルから得られた水の精製 (107)。

【0032】

上述した二次的ステップは、ユーティリティ消費の観点からプロセスの最適化に貢献する。

40

【0033】

記載された好ましい実施形態では、廃棄物を合成ガスに高温変換するステップ (100) は、複数の変換トレイン又はリアクタを含む。より具体的には、供給原料を合成ガスに変換するために、少なくとも2つ、好ましくは3つの熱変換トレインを使用することが選択された。

【0034】

そのような解決手段は、メンテナンス期間を正確に管理して、使用の特定の継続性を保証することを可能にする。それによって、他の2つのトレインを維持するために1つのトレインが停止した場合でも、より大きな容量で動作することができ、したがって、熱変換

50

の下流のステップのための最小限のターンダウン（75～80％）及び連続的でほぼ一定の動作を保証する。

【0035】

さらに、複数のトレインに対して熱変換を実行するための動作選択は、後続の精製ステップの前に各ガス化装置を出る合成ガスの様々な流れの組成を等しくすることを可能にする。これは、後続の精製ステップで処理するのに適した未加工合成ガスを得るために、各ガス化装置に供給される供給原料を調整する可能性を意味し、プラントの柔軟性を高める。

【0036】

例えば、8～10 t/hの廃棄物の流量が選択された。これは合計24～30 t/hの転換可能な廃棄物のために各個々の熱変換ラインに供給される。

【0037】

廃棄物の典型的な組成を表1に示す。

【表1】

元素	平均組成			(重量による)
C	38	—	42	重量％、湿潤基準
H	5	—	6	重量％、湿潤基準
N	0.2	—	1	重量％、湿潤基準
S	0.2	—	1	重量％、湿潤基準
Cl	0.5	—	1	重量％、湿潤基準
O	19	—	22	重量％、湿潤基準
湿度	10	—	16	重量％、湿潤基準
ASH	15	—	18	重量％、湿潤基準

表1

【0038】

各熱変換器には、電気分解プロセス（102）によって生成された純酸素がガス化剤として供給される。さらに、リアクタ内の温度プロファイルを制御する目的で、メタン化ステップ（105）及びその後の分離（106）からリサイクルされた天然ガス（CH₄）の特定のアリコートが導入が提供される。

【0039】

CO₂の流れはまた、有利には、廃棄物供給システムを不活性化するために使用することができ、したがって任意の合成ガス損失及び任意の空気侵入を防止することができる。記載された実施形態では、プロセスで発生する流れの中で利用可能である可能性が高い不活性化剤としてCO₂を使用することが選択された。

【0040】

しかしながら、任意の合成ガス損失及び廃棄物供給システムへの任意の空気侵入を防止するという同じ目的に達するために、例えば窒素に富む流れなどのCO₂に対する他の代替不活性ガスを使用することが可能である。

【0041】

その目的のために、特定量のCO₂がメタン化ステップの下流に存在することを可能にするようにさらなる量の水素を添加し、それを生成されたメタンから分離し、それを不活性化剤として熱変換ステップ（100）に完全にリサイクルすることを選択した。

【0042】

これにより、CO₂を完全に変換しないように発酵ステップ（103）及び後続のメタン化ステップ（105）を実行することによって、二酸化炭素の未変換量がプラント内で循環し続け、したがってすべてのプロセッシングステップの最適化及び安定化が達成される。

【0043】

各変換トレインは、ほぼ大気圧（最大500 mbar g）で動作し、1100～120

0 ° C の温度で合成ガスを分配する変換リアクタからなる。該合成ガスは、リアクタ内の高温で得られた合成ガスの組成を固定する蒸発クエンチによって 90 ° C に迅速に冷却され、ダイオキシン及びフランなどの汚染物質の形成に關与する付随的な反応を引き起こすことを回避する。

【 0 0 4 4 】

本発明は、熱変換ユニット (1 0 0) の下流に、プラントの容量に応じた複数のユニットを含む二重圧力で作用する精製ステップ (1 0 1) を含み、その目的は、微粒子、金属、塩化物、アンモニア、C O S 及び H₂ S を除去することである。

【 0 0 4 5 】

クエンチの下流の低圧領域では、すべてのガス化装置を出る合成ガスは、最大で約 1 0 0 ~ 5 0 0 m b a r g の大気圧に近い圧力である。該合成ガスは、p H 1 ~ 3 で動作する酸洗浄カラムに送られる；これらの条件は、合成ガス流から任意の収集された粒子及び金属を除去することを可能にする。

【 0 0 4 6 】

酸カラムの出口で 3 つの変換トレインから出てくる合成ガスは、一緒に収集され、共通のアルカリ洗浄カラムに送られ、それは p H を 7 より上に上昇させ、下流の機器の任意の腐食現象を減少させることによってそれを中和する。

【 0 0 4 7 】

さらなる精製ステップは、湿式静電集塵器 (W E P) によって実行され、その目的は、収集されたダストを除去することであり、合成ガス中のダスト及び微粒子をさらに低減する目的で、場合によってはその後のカラム内のサブクール水で洗浄する。

【 0 0 4 8 】

低温洗浄セクションの出口において、ガス貯蔵タンクは、合成ガスの任意の流量及び圧力変動を取り扱うことを可能にする。本発明によれば、ガスメータにおける圧力は約 4 0 m b a r g に設定される。

【 0 0 4 9 】

高圧精製セクションに入る前に、合成ガスは、専用の圧縮ユニットを介して最大 1 2 b a r g まで圧縮される。次いで、加圧された合成ガスは、残留ダスト、微粒子及び重金属を除去する目的で吸着床に送られる。

【 0 0 5 0 】

この動作の後に、H C l の除去を可能にする触媒 / 吸着剤床及び C O S 及び H C N の H₂ S 及び N H₃ へのそれぞれの変換を可能にする加水分解リアクタが続く。

【 0 0 5 1 】

加水分解リアクタから出た合成ガスは、公知の技術に従って H g 除去床及び H₂ S 除去システムに送られる。

【 0 0 5 2 】

この意味で、H₂ S の除去は、H₂ S の元素状硫黄への変換を可能にして硫黄スラッジとして除去するシステムによって、又はアミン洗浄によって行うことができる。

【 0 0 5 3 】

精製合成ガスの典型的な組成を表 2 に示す。

【 0 0 5 4 】

精製された合成ガスは、エタノール発酵セクション (1 0 3) に供給することができる。

【 0 0 5 5 】

表 2 に示すデータは、発酵ステップの最適比よりも低い H₂ / C O 比に関して既に述べたことを裏付けている。

【表 2】

元素	平均組成			
H ₂	4 0	—	3 8	モル%
C O	4 2	—	4 1	モル%
C O ₂	1 0	—	1 2	モル%
N	4	—	4 . 5	モル%
H ₂ O	4	—	4 . 5	モル%
圧力	9	—	1 0	B a r g
温度	4 0	—	4 5	℃

表 2

10

【 0 0 5 6 】

本発明によれば、最適な H₂ / C O 比を得るために必要なさらなる水素は、水素及び酸素の生成に適した、プラントの容量に応じて、いくつかのセルに基づく電気分解ステップ (1 0 2) によって供給される。

【 0 0 5 7 】

本発明の好ましいが非限定的な実施形態では、電気分解によって生成された水素の一部は発酵ステップ (1 0 3) の上流で合成ガスに添加され、残りの部分は発酵ユニット (1 0 3) の下流で、メタン化ステップ (1 0 5) の前に添加され、関連する機器の体積及び動作条件に関して両方のステップを最適化することを目的とする。代替的な実施形態では、電気分解で生成された水素の流れは、発酵ステップ (1 0 3) の前に完全に添加され、C O 及び C O₂ のエタノールへの変換の最大化を促進する。

【 0 0 5 8 】

記載された解決手段の両方において、酸素は、廃棄物変換を実行するために変換トレインに送られる (1 0 0) 。

【 0 0 5 9 】

本発明によれば、C O 及び C O₂ のエタノールへの変換は、発酵ステップ (1 0 3) で行われ、該変換は、液体栄養培地中に分散された細菌培養物を含有する 1 つ又は複数のバイオリアクタ内で行われる。

【 0 0 6 0 】

既知のように、単一炭素原子 (C₁) からなり、したがって元素 C O 及び C O₂ の 1 つ又は複数を含む有機流は、H₂ と組み合わせて、低温 3 0 ~ 4 0 ° C 及び低圧 3 ~ 5 b a r g でエタノールに変換される。

【 0 0 6 1 】

したがって、本発明によれば、電気分解から流入する H₂ を添加した C O、C O₂ を含む合成ガスは、液体栄養媒体の内部でバブリングされる。変換により、水相中の栄養培地中に分散したエタノールが形成され、未反応成分及び発酵中の生物学的変換プロセスによって生成された C O₂ を含む残留ガス流が生成される。

【 0 0 6 2 】

発酵ステップから出る流れ中のエタノール濃度は、3 ~ 6 重量 % の範囲に含まれ、したがって無水エタノールを得るために水相からエタノールを分離するための特定のステップが必要である。

【 0 0 6 3 】

好ましい実施形態では、電気分解によって生成され、したがって 2 . 0 ~ 2 . 2 体積 % の H₂ / C O 比を有する水素の一部に加えて、合成ガスは、未加工エタノール及びパージガスに変換される。

【 0 0 6 4 】

代替の実施形態では、合成ガスは、電気分解によって生成されたすべての水素に加えて、5 ~ 5 . 2 体積 % の間の H₂ / C O 比を有し、したがって C O 及び C O₂ をエタノール

50

に変換する。この動作モードによれば、合成ガスに最初に含まれる CO_2 が発酵プロセス中に変換され、その結果、エタノールの収率が増加し、パージガス流が最小化される。

【0065】

発酵ステップによって生成されたパージガス(purge gas)は、ガス中に依然として存在する CO_2 をメタンに変換して環境への排出を防止するために、メタン化ステップ(105)でさらに処理される。

【0066】

記載された好ましい実施形態では、電気分解(102)によって生成された水素の残りの部分は、パージガス中に依然として存在する CO_2 の量のメタン化を実行するために H_2/C_1 を最適にするために、及び合成メタンを生成するために、発酵ステップ(103)の下流のパージガスの流れに添加される。電気分解によって生成された水素が発酵ステップの前に完全に添加され、したがって最少量のパージガスを生成する記載された代替実施形態では、発酵槽の出口でのパージガスの流出流中の残留 H_2 の残量は、新鮮な H_2 をさらに添加することなく残留 CO 及び CO_2 のメタン化を実行するのに十分である。

10

【0067】

本発明によれば、ステップ105で生成されたメタンは、大気中への CO_2 の排出を回避する目的で、ステップ106で未反応の CO_2 から分離される。

【0068】

前述のように、メタンの一部は、リアクタ内部の温度プロファイルを制御する目的で変換リアクタ(100)にリサイクルされ、残りの部分は他の用途に送られるか又は外部に販売される。

20

【0069】

CO_2 は、一部はメタン化ステップ(105)に、一部は熱変換ステップ(100)に、廃棄物供給システムの不活性化剤としてリサイクルされる。特に、電気分解(102)からの水素が発酵槽(103)の上流で完全に添加される記載の代替実施形態では、分離ステップ(106)で回収される CO_2 の量は少なく、廃棄物供給システムを不活性化するのに十分ではない。

【0070】

したがって、記載された代替実施形態では、回収された CO_2 に加えて、既知の CO_2 分離プロセスに由来する窒素に富む流れが使用され、これは図5に示すように同じブロック106の副生成物に対応する。

30

【0071】

希釈エタノールを含有する発酵槽から出てくる液相は、生成物を回収するための発酵、精製ステップ(104)によって生成された未加工バイオエタノール(raw bioethanol)に送ることができる。一般に、このステップは、典型的には、発酵槽に再びリサイクルされる生体触媒の回収、及び一般にいくつかの蒸留カラムによって行われるエタノール回収及び精製ステップ、続いて残留水の要件を満たすためにモレキュラーシーブ濾過による脱水を含む。

【0072】

したがって、精製ユニット(104)から、無水エタノールの流れ、及び発酵プロセス中に副生成物として生成された微量のアルコールを含む水の流れが得られる。一般に、そのような副生成物は、ブタンジオール、酢酸エチル及び他的高级アルコール(superior alcohol)からなる。

40

【0073】

蒸留ステップ中に生成された水性流(aqueous stream)は、電気分解ステップ(102)で精製された水のリサイクルを可能にするように、廃水处理ステップ(107)に送られ得る。

【0074】

さらに、本発明によれば、ブタンジオール、酢酸エチル及び高級アルコールからなる副生成物、並びに発酵槽(103)に導入された過剰な細菌を含む流れは、有利には、熱変

50

換ステップ（１００）に送ることができる。それによって、有機成分を環境中に分散させず、生成された未加工合成ガスの組成に関して熱変換の制御にさらに寄与するという二重の利点を得られる。

【００７５】

有利には、記載されたプロセスは、ＣＯ_２を大気中に導入することなく、廃棄物、例えば、ＲＤＦ、都市固形廃棄物、プラスチック残留物などからバイオエタノールを生成することを可能にする。実際に、発酵ステップと、それに続く、発酵中に生成されるパージガスのメタン化ステップとの相乗効果は、出口流中のＣＯ_２の量を減少させるか又は完全に分解することを可能にし、したがって大気中への導入を回避する。

【００７６】

記載される実施形態において述べられたように、メタン化ステップは、ＣＯ_２を完全には除去せず、しかしながらメタン化の下流で分離されるその特定量を保存し、したがって、大気中へのその導入を防止する。この回収されたＣＯ_２流は、有利には、廃棄物供給システムを不活性化するために使用され、したがって、リアクタの変換収率の低下及び発酵ステップにおけるその後の不均衡をもたらすであろう任意の合成ガス損失及び任意の空気侵入を防止する。

【図面】

【図１】

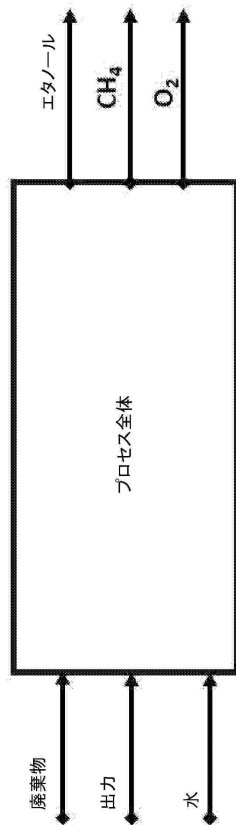


FIG. 1

【図２】

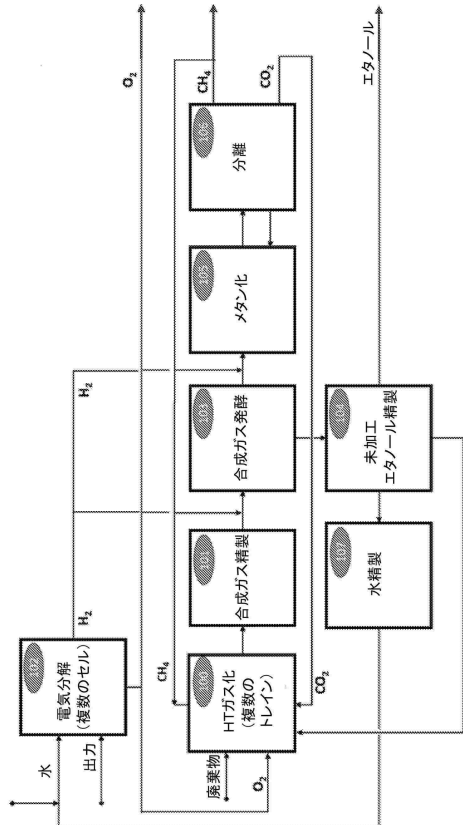


FIG. 2

10

20

30

40

50

【 図 3 】

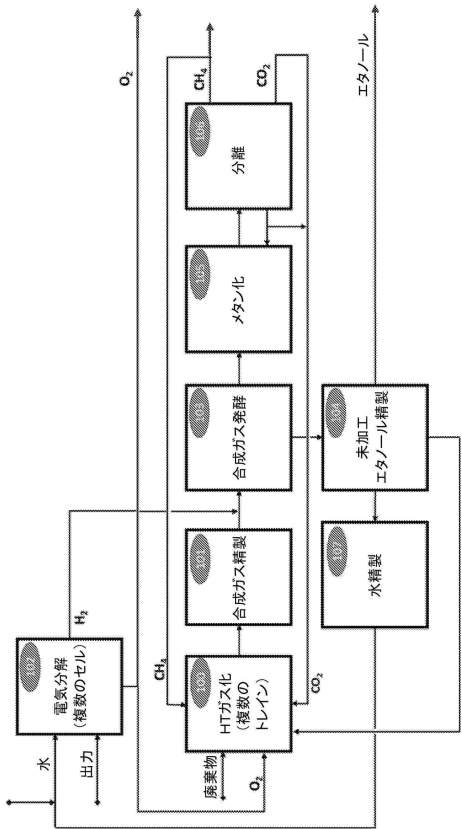


FIG. 3

【 図 4 】

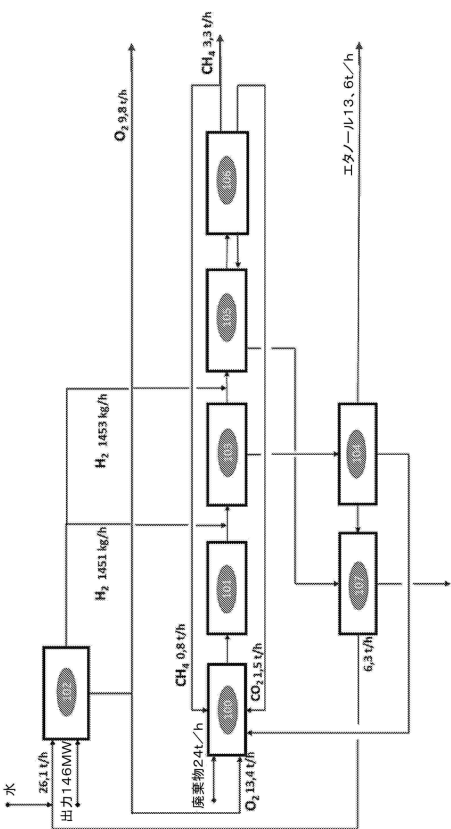


FIG. 4

【 図 5 】

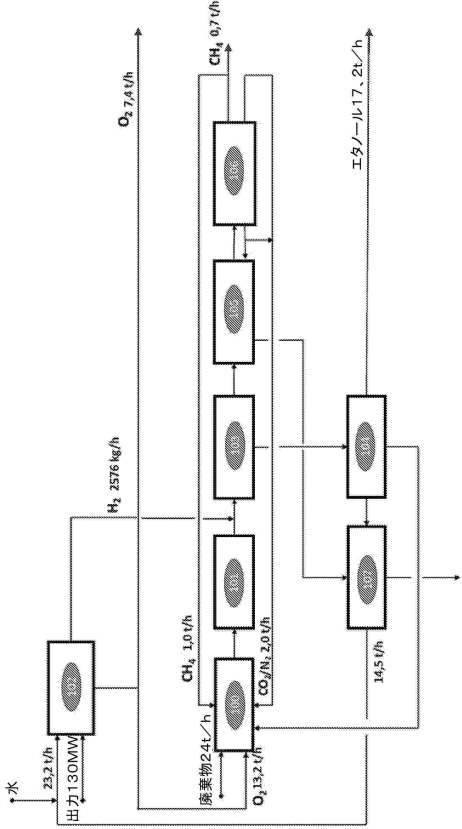


FIG. 5

10

20

30

40

50

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/IB2022/057126

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. C10J3/00 C12P7/06 ADD.		
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) C10J C12P		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CA 3 090 411 A1 (LANZATECH INC [US]) 15 August 2019 (2019-08-15) claims 1,9 paragraphs [0039], [0040], [0092] figures 1-4 -----	1-16
A	CA 3 013 354 A1 (LANZATECH NEW ZEALAND LTD [NZ]) 10 August 2017 (2017-08-10) figures 1-4 paragraphs [0046], [0067] - [0070] -----	1-16
A	US 9 926 196 B2 (TOBEY RICHARD E [US]; DU JIANXIN [US] ET AL.) 27 March 2018 (2018-03-27) figure 1 column 3, lines 35-52 -----	1-16
☐ 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		Date of mailing of the international search report
7 November 2022		18/11/2022
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Lachmann, Richard

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

10

20

30

40

50

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/IB2022/057126

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
CA 3090411	A1	15-08-2019	AU 2019218389 A1	01-10-2020
			BR 112020014630 A2	08-12-2020
			CA 3090411 A1	15-08-2019
			CN 111683731 A	18-09-2020
			EA 202091884 A1	16-10-2020
			EP 3752276 A1	23-12-2020
			JP 2021512598 A	20-05-2021
			KR 20200110705 A	24-09-2020
			US 2019249315 A1	15-08-2019
			US 2022298649 A1	22-09-2022
			WO 2019157507 A1	15-08-2019
CA 3013354	A1	10-08-2017	BR 112018015550 A2	26-12-2018
			CA 3013354 A1	10-08-2017
			CA 3083080 A1	10-08-2017
			CN 108603201 A	28-09-2018
			EA 201891657 A1	28-12-2018
			EP 3411489 A1	12-12-2018
			JP 6896748 B2	30-06-2021
			JP 2019506165 A	07-03-2019
			KR 20180118651 A	31-10-2018
			US 2017218404 A1	03-08-2017
			WO 2017136478 A1	10-08-2017
US 9926196	B2	27-03-2018	ZA 201804982 B	25-09-2019
			BR 112014005000 A2	21-03-2017
			CA 2856721 A1	06-06-2013
			CN 104093847 A	08-10-2014
			CN 106986304 A	28-07-2017
			EP 2785850 A1	08-10-2014
			JP 2015504308 A	12-02-2015
			KR 20140103303 A	26-08-2014
			MY 167786 A	25-09-2018
			US 2013137151 A1	30-05-2013
			US 2015028260 A1	29-01-2015
			WO 2013081779 A1	06-06-2013
			ZA 201403880 B	28-10-2015

10

20

30

40

50

フロントページの続き

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,N
E,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,
CV,CZ,DE,DJ,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IQ,IR,IS,IT,J
M,JO,JP,KE,KG,KH,KN,KP,KR,KW,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LU,LY,MA,MD,ME,MG,MK,MN,MW,MX,MY
,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RU,RW,SA,SC,SD,SE,SG,SK,SL,ST,SV,SY,T
H,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,WS,ZA,ZM,ZW

(72)発明者 サッラディーニ , アンナリタ
 イタリア 6 4 0 2 6 テーラモ県 ロゼート デッリ アブルッツィ , 9 4 , ヴィア チロ ロムアルディ

(72)発明者 ボルゴーニャ , アレッシア
 イタリア 6 5 1 2 4 ペスカーラ , 5 2 , ヴィア ラッファエーレ マラグリダ

F ターム (参考) 4B064 AC03 CD01 DA16
 4D004 AA07 AA12 AA46 BA03 CA27 CB31 DA03 DA06
 4H012 HA00