

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2010-535282

(P2010-535282A)

(43) 公表日 平成22年11月18日 (2010. 11. 18)

|                                     |                             |             |
|-------------------------------------|-----------------------------|-------------|
| (51) Int. Cl.                       | F I                         | テーマコード (参考) |
| <b>C 1 0 G</b> 2/00 (2006. 01)      | <b>C 1 0 G</b> 2/00         | 4 B 0 6 4   |
| <b>C 1 0 G</b> 1/00 (2006. 01)      | <b>C 1 0 G</b> 1/00 C       | 4 D 0 0 4   |
| <b>C 1 0 J</b> 3/00 (2006. 01)      | <b>C 1 0 J</b> 3/00 B       | 4 H 1 2 9   |
| <b>B 0 9 B</b> 3/00 (2006. 01)      | <b>B 0 9 B</b> 3/00 3 0 4 Z |             |
| <b>C 1 2 P</b> 7/06 (2006. 01)      | <b>B 0 9 B</b> 3/00 3 0 2 Z |             |
| 審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 17 頁) 最終頁に続く |                             |             |

(21) 出願番号 特願2010-520216 (P2010-520216)  
 (86) (22) 出願日 平成20年8月1日 (2008. 8. 1)  
 (85) 翻訳文提出日 平成22年3月19日 (2010. 3. 19)  
 (86) 国際出願番号 PCT/US2008/071883  
 (87) 国際公開番号 W02009/018507  
 (87) 国際公開日 平成21年2月5日 (2009. 2. 5)  
 (31) 優先権主張番号 60/953, 364  
 (32) 優先日 平成19年8月1日 (2007. 8. 1)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)  
 (31) 優先権主張番号 12/183, 370  
 (32) 優先日 平成20年7月31日 (2008. 7. 31)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 390041542  
 ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ  
 GENERAL ELECTRIC CO  
 MPANY  
 アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ  
 クタデイ、リバーロード、1 番  
 (74) 代理人 100137545  
 弁理士 荒川 聡志  
 (74) 代理人 100105588  
 弁理士 小倉 博  
 (74) 代理人 100129779  
 弁理士 黒川 俊久

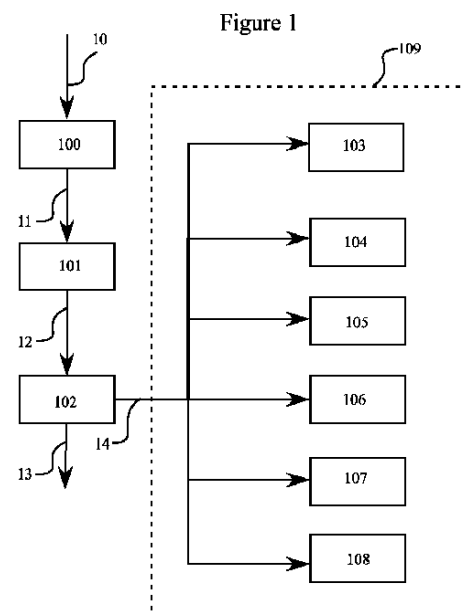
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 バイオマスから燃料成分を生産する統合的方法及びそのシステム

## (57) 【要約】

本発明は、バイオマスから燃料を生産する統合的方法及びシステムである。該方法及びシステムは、トウモロコシベースの蒸留かすなどのバイオマス発酵物分離残渣から生じる供給物をガス化し、炭化水素合成反応器においてガス化した供給物から航空タービン燃料などの液体輸送燃料成分を生産することに関連する。炭化水素合成反応器からの少なくとも一部の廃熱を、バイオマスの液化、発酵又は蒸留するための熱工程、又はバイオマス発酵物分離残渣を分離又は処理するための熱工程に供給する。

【選択図】 図 1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

(a) バイオマス発酵物分離残渣を含む供給物を供給する工程と、

(b) (a) からの供給物をガス化反応器においてガス化し、CO 及び H<sub>2</sub> を含む混合物を生産する工程と、

(c) CO 及び H<sub>2</sub> を含む前記混合物を合成反応器で炭化水素合成触媒と接触させ、熱及び液体輸送燃料成分を含む流出物を生産する工程と、

(d) バイオマス液化、発酵、発酵産物蒸留、脱水剤再生、発酵物分離残渣濃縮及び発酵物分離残渣乾燥からなる群より選択される少なくとも 1 つの熱工程に、前記熱の少なくとも一部を供給する工程とを含む、バイオマスから燃料を生産する統合的方法。

10

## 【請求項 2】

バイオマスの酵素的及び／又は細菌的分解を含むバイオマス液化工程に、前記熱の少なくとも一部を供給する、請求項 1 に記載の方法。

## 【請求項 3】

アルコールを分離するための発酵物の蒸留を含む発酵産物蒸留工程に、前記熱の少なくとも一部を供給する、請求項 1 に記載の方法。

## 【請求項 4】

酵素的、細菌的及び／又は酵母媒介のアルコールの生産を含む発酵工程に、前記熱の少なくとも一部を供給する、請求項 1 に記載の方法。

20

## 【請求項 5】

使用済みの固体脱水剤の再生を含む脱水剤再生工程に、前記熱の少なくとも一部を供給する、請求項 1 に記載の方法。

## 【請求項 6】

発酵物分離残渣の体積を減少することを含む発酵物分離残渣濃縮工程に、前記熱の少なくとも一部を供給する、請求項 1 に記載の方法。

## 【請求項 7】

発酵物分離残渣から少なくともいくらかの水分を除去することを含む発酵物分離残渣乾燥工程に、前記熱の少なくとも一部を供給する、請求項 1 に記載の方法。

## 【請求項 8】

少なくとも 2 つの前記熱工程に前記熱の少なくとも一部を供給する、請求項 1 に記載の方法。

30

## 【請求項 9】

少なくとも 4 つの前記熱工程に前記熱の少なくとも一部を供給する、請求項 1 に記載の方法。

## 【請求項 10】

前記バイオマス発酵物分離残渣は、木質材料、森林残渣、農業残渣及び作物からなる群より選択される少なくとも 1 つの植物バイオマスの発酵に由来する、請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載の方法。

## 【請求項 11】

前記バイオマス発酵物分離残渣は、湿潤蒸留かす (DWG)、乾燥蒸留かす (DDG)、可溶分を含む乾燥蒸留かす (DDGS) 及びトウモロコシベースの絞りかすから選択される、少なくとも 1 つのトウモロコシベースの物質である、請求項 1 乃至 10 のいずれか 1 項に記載の方法。

40

## 【請求項 12】

供給物を供給する前記工程は、バイオマス発酵物分離残渣に対する熱分解、触媒転換、乾燥、濃縮、及びチャーリングからなる群より選択される 1 つ以上の処理を行うことを含む、請求項 1 乃至 11 のいずれか 1 項に記載の方法。

## 【請求項 13】

CO の選択的除去、水素の選択的除去、水性ガスシフト及び逆水性ガスシフトの 1 つ以上から選択される調整工程により、CO 及び H<sub>2</sub> を含む前記混合物における CO/H<sub>2</sub> 比

50

を調整する 1 つ以上の工程をさらに含む、請求項 1 乃至 12 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 14】

前記混合物を炭化水素合成触媒と接触させる前に、CO 及び H<sub>2</sub> を含む前記混合物からの CO<sub>2</sub>、NH<sub>3</sub>、H<sub>2</sub>S、HCN、HCl、COS、N<sub>2</sub> 及び Hg からなる群より選択される少なくとも 1 つの不純物を少なくとも部分的に除去する付加工程をさらに含む、請求項 1 乃至 13 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 15】

水素添加分解、水素化処理、及び異性化の 1 つ以上から選択される水素化処理工程により、液体輸送燃料成分を含む前記流出物の少なくとも一部を処理する付加工程をさらに含む、請求項 1 乃至 14 のいずれか 1 項に記載の方法。

10

【請求項 16】

供給物を供給する前記工程は、低品位炭、液体炭化水素燃料、コークス、オイルシェール、タールサンド、アスファルト、ピッチ、別のバイオマスベースの物質、及びそれらの混合物からなる群より選択される少なくとも 1 つの追加の供給物要素とバイオマス発酵物分離残渣を混合することを含む、請求項 1 乃至 15 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 17】

前記ガス化反応器は、固定層、バブリング層、流動層又は噴流層ガス化装置である、請求項 1 乃至 16 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 18】

前記液体輸送燃料成分は、ガソリン、ジェット燃料、ケロシン又はディーゼル燃料の範囲内の沸点を有する炭化水素燃料である、請求項 1 乃至 17 のいずれか 1 項に記載の方法。

20

【請求項 19】

前記液体輸送燃料成分は、約 1.85 より大きい H/C 比、約 38℃ 以上の引火点及び約 -40℃ 未満の平均凝固点から選択される少なくとも 1 つの特性を有する航空タービン燃料である、請求項 18 に記載の方法。

【請求項 20】

(a) トウモロコシベースのバイオマス発酵物蒸留残渣を含む供給物を供給する工程と、

30

(b) (a) からの供給物をガス化反応器においてガス化し、CO 及び H<sub>2</sub> を含む混合物を生産する工程と、

(c) CO 及び H<sub>2</sub> を含む前記混合物を合成反応器で炭化水素合成触媒と接触させ、熱及び液体タービン燃料成分を含む流出物を生産する工程と、

(d) トウモロコシ液化、トウモロコシマッシュの発酵、トウモロコシ発酵産物蒸留、トウモロコシベースのエタノール脱水剤再生、トウモロコシマッシュ発酵物蒸留残渣濃縮及びトウモロコシマッシュ発酵物蒸留残渣乾燥からなる群より選択される少なくとも 3 つの工程に、前記熱の少なくとも一部を供給する工程とを含む、トウモロコシベースのバイオマスからタービン燃料を生産する統合的方法。

【請求項 21】

40

(a) バイオマス発酵物分離残渣を含む供給物を供給するように構成される装置と、

(b) (a) からの供給物をガス化して CO 及び H<sub>2</sub> を含む混合物を生産するためのガス化反応器と、

(c) CO 及び H<sub>2</sub> を含む前記混合物を反応させて熱及び液体輸送燃料成分を含む流出物を生産するように構成される触媒的炭化水素合成ゾーンと、

(d) バイオマス液化、発酵、発酵産物蒸留、脱水剤再生、発酵物分離残渣濃縮及び発酵物分離残渣乾燥からなる群より選択される少なくとも 1 つの熱工程に、前記熱の少なくとも一部を供給するように構成される少なくとも 1 つの熱供給管とを含む、バイオマスから燃料を生産する統合的システム。

【発明の詳細な説明】

50

## 【技術分野】

## 【0001】

本明細書は一般に、バイオマスを燃料に変換する統合的方法及びシステムに関する。特に、本明細書の実施形態は、トウモロコシベースのバイオマスを航空ジェット燃料に変換する統合的方法に関する。

## 【0002】

本出願は、仮出願番号60/953,364の優先権を主張するもので、その全体が参照により援用される。

## 【背景技術】

## 【0003】

米国は輸送燃料の60%以上を輸入している。海外のいかなる重大な障害も、米国などの現在の輸送能力及び経済に重大な悪影響を及ぼし得る。さらに、従来の輸送燃料は、地球の気候変化の一因であると考えられる温室効果ガスの排出の望ましくない上昇に関連付けられている。これらの好ましくない状況に対処するため、研究者らはバイオ燃料を含む代替燃料源に取り組み始め、現在使用されている化石燃料由来の生成物を置き替えている。

## 【0004】

バイオ燃料は、バイオマスからなり又はバイオマスから生じる、固体、液体又は気体の燃料として広く定義される。バイオマスは、植物、動物及びそれらの副産物を含む近年の生物に由来する任意の物質であり、炭素循環に基づく再生可能なエネルギー源である。バイオ燃料生産用に特に栽培される農産物の例として、トウモロコシ、大豆、菜種、小麦及びさとうきびが挙げられる。バイオ燃料は、現在使用される化石燃料の実行可能な代案を供給することにより、エネルギー安全性を高めると同時に温室効果ガスの排出を減少する重要な手段と見なされる。

## 【0005】

現在、トウモロコシ（又は他のバイオマス）はそれ自体が急増する輸送燃料であるエタノールを製造するのに用いる。エタノール工場はトウモロコシ（又は他のバイオマス）を用いてエタノールを生産するが、通常、発酵及び蒸留工程の副産物として、蒸留かすなど、大量のバイオマス発酵物蒸留残渣もまた生産する。しかし、多数のエタノール工場が増大し続けるにつれ、蒸留かすなどのバイオマス発酵物蒸留残渣の市場は次第に飽和し、価格の着実な減少をもたらし、エタノール工場所有者の重要な収益源を脅かす。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0006】

【特許文献1】韓国特許第10-2002-0010902A号

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0007】

従って、前述の安全性及び温室効果ガス問題に対処するだけでなく、化石燃料の代替手段としてエタノール産業を支援する輸送燃料の製造方法の必要性が依然としてある。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0008】

本発明の一実施形態は、バイオマスから燃料を生産する統合的方法に関し、その方法は、（a）バイオマス発酵物分離残渣を含む供給物を供給する工程、（b）工程（a）からの供給物をガス化反応器においてガス化し、CO及びH<sub>2</sub>を含む混合物を生産する工程、（c）CO及びH<sub>2</sub>を含む混合物を合成反応器で炭化水素合成触媒と接触させ、熱及び液体輸送燃料成分を含む流出物を生産する工程、及び（d）バイオマス液化、発酵、発酵産物蒸留、脱水剤再生、発酵物分離残渣濃縮及び発酵物分離残渣乾燥からなる群より選択される少なくとも1つの熱工程に、熱の少なくとも一部を供給する工程を含む。

## 【0009】

本発明のさらなる実施形態は、トウモロコシベースのバイオマスからタービン燃料を生産する統合的方法に関し、その方法は、(a) トウモロコシベースのバイオマス発酵物蒸留残渣を含む供給物を供給する工程、(b) 工程(a)からの供給物をガス化反応器においてガス化し、CO及びH<sub>2</sub>を含む混合物を生産する工程、(c) CO及びH<sub>2</sub>を含む混合物を合成反応器で炭化水素合成触媒と接触させ、熱及び液体タービン燃料成分を含む流出物を生産する工程、及び(d) トウモロコシ液化、トウモロコシマッシュの発酵、トウモロコシ発酵産物蒸留、トウモロコシベースのエタノール脱水剤再生、トウモロコシマッシュ発酵物蒸留残渣濃縮及びトウモロコシマッシュ発酵物蒸留残渣乾燥からなる群より選択される少なくとも3つの工程に、熱の少なくとも一部を供給する熱工程を含む。

#### 【0010】

本発明のまたさらなる実施形態は、バイオマスから燃料を生産する統合的システムに関し、そのシステムは、(a) バイオマス発酵物分離残渣を含む供給物を供給するように構成される装置、(b) (a)の装置からの供給物をガス化してCO及びH<sub>2</sub>を含む混合物を生産するためのガス化反応器、(c) CO及びH<sub>2</sub>を含む混合物を反応させ熱及び液体輸送燃料成分を含む流出物を生産するように構成される触媒的炭化水素合成ゾーン、及び(d) バイオマス液化、発酵、発酵産物蒸留、脱水剤再生、発酵物分離残渣濃縮及び発酵物分離残渣乾燥からなる群より選択される少なくとも1つの熱工程に、熱の少なくとも一部を供給するように構成される少なくとも1つの熱供給管を含む。

#### 【0011】

本発明の他の特徴や利点は、以下の詳細な説明でより明確に理解される。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0012】

【図1】本発明の実施形態に基づく方法を概略的に説明するブロックフロー図である。

【図2】本発明の実施形態に基づく、トウモロコシベースの蒸留かすを生産する方法の説明的及び図式的なフローチャートである。

【図3】本発明の実施形態に基づく、炭化水素合成反応器から熱を除去する方法の概略図である。

【図4】本発明の他の実施形態に基づく様々な方法を概略的に説明するブロックフロー図である。

#### 【発明を実施するための形態】

#### 【0013】

前述の通り、本発明の実施形態はバイオマスから燃料を生産する統合的方法及びシステムに関する。特に、本明細書に記載の方法及びシステムは、液体輸送燃料成分の炭化水素合成からの廃熱の効率的かつ効果的な利用を、様々な熱工程において可能にする。

#### 【0014】

図1を参照すると、本発明の実施形態に基づいた方法を概略的に説明するブロックフロー図が示されている。バイオマス分解物分離残渣10を、バイオマス発酵物分離残渣10を含む供給物を供給する工程100に供する。本明細書でより詳細に後述するが、「供給」工程100は、熱分解、触媒転換、乾燥、濃縮及び／又はチャーリング（ここでは特に図示せず）などの前処理工程を含む。バイオマス分解物分離残渣を含む供給された供給物11を供給工程100から回収する。その後、供給された供給物11をガス化反応器におけるガス化工程101に供し、CO及びH<sub>2</sub>を含む混合物12を生産する。この混合物12を接触工程102に（直接的又は間接的に）供し、そこで混合物12を合成反応器で炭化水素合成触媒と接触させ、熱14及び液体輸送燃料成分を含む流出物13を生産する。

#### 【0015】

点線枠内にまとめて示される6つの熱工程109のいずれか1つ以上に熱14を供給する。6つの熱工程は、バイオマス液化103、発酵104、発酵物蒸留105、脱水剤再生106、発酵物分離残渣濃縮107、及び発酵物分離残渣乾燥108である。

#### 【0016】

本明細書で使用する場合、用語「バイオマス」は木質材料、森林残渣、農業残渣又は作

10

20

30

40

50

物を一般に含む物質などとして広く定義される。従って、本明細書で使用されるバイオマスとしては、光合成の結果もたらされる物質が挙げられる。このことは、気候変動の原因物質の疑いがある炭素含有燃料という状況から、「カーボンニュートラル」又は「カーボンネガティブ」とさえ考えられる液体輸送燃料成分の生産に重要である。

#### 【0017】

木質材料及び森林残渣としては、木材、木くず、おがくず、樹皮、又は木、わら、草などからの他のそのような物を挙げられる。農業残渣及び作物としてはさらに、短期輪作草本類、もみ殻、コーヒー豆の殻などの殻、メイズ（すなわちトウモロコシ）、小麦、トウモロコシ茎葉、油料種子、油料種子抽出物残渣、他の穀物などを挙げられる。油料種子は、大豆、カモリナ、キャノーラ、菜種、トウモロコシ、綿実、ヒマワリ、ベニバナ、オリブ、落花生などの代表的な含油種子である。また、バイオマスとしては、石油産業などの農業加工産業から得られる物質、例えば油料種子から油を抽出した後の脱油した残渣を挙げられる。バイオマスとしてはまた、殻、例えばヤシの殻、アーモンドの殻、クルミの殻、ヒマワリの殻などの他の木から得られる物を挙げられる。ココナツ、ジュートなどのセルロース系繊維は、バイオマスの全て又は一部を構成する。バイオマスとしてはまた、藻類、微細藻類などがあり、予備処理後の農業製品も挙げられる。例として、（サトウキビから汁を絞った後に得られる）バガス、コットンジンのくずなどの原料を挙げられる。

#### 【0018】

実施形態に基づく方法は、バイオマス発酵物分離残渣を含む供給物を供給する工程を含む。このような残渣は、バイオマス発酵の成分への分離（例えば、蒸留）の副産物として生産されるものである。発酵されるバイオマスは通常、木質材料、森林残渣、農業残渣、作物などから選択される1つ以上の植物バイオマスである。通常、バイオマスは微生物で発酵し、アルコール及び他の有機化学物質などの化学物質を生産する。発酵由来のアルコールとしては、ブタノール及びエタノールを挙げることができ、他の（通常、揮発性の）有機化学物質としては、ケトン、カルボン酸、アルデヒドなどを挙げることができる。これらの化学物質は、バイオマス発酵工程の所望の生成物であるが、発酵物からは分離しなければならない。一般に、エタノールなどの所望の揮発性の生成物をバイオマス発酵物から分離する通常の方法は、発酵物の蒸留を含む。しかし、パーバレーションや膜分離などの他の分離方法は、発酵物から所望の揮発性の有機物を回収するのに用いられる。分離工程で除かれた部分が「バイオマス発酵物分離残渣」であり、それが本発明の実施形態に基づく方法で用いられるこの後者の物質である。

#### 【0019】

本発明の実施形態に基づく発酵工程は通常、バイオマス由来の原料の微生物（例えば、酵母媒介又は細菌）変換を含む。ある実施形態において（限定されないが）、トウモロコシを発酵してエタノールを含む発酵物を生産する。トウモロコシを原料として利用した通常のエタノール生産工程において、まずトウモロコシを細かくして、粉碎したトウモロコシを生産する。粉碎は乾燥粉碎又は湿潤粉碎のいずれかである。粉末はその後、水及びアルファアミラーゼなどの酵素と混合して、その後クッカーに通し、でんぷんを液化してマッシュにすることができる。その後、この段階で熱を加え、液化を促進する。実施形態において、150℃まで温度を加熱する。さらなる代表的な実施形態において、クッカーから出したマッシュを冷却し、グルコアミラーゼなどの二次酵素を添加して液化でんぷんを発酵性糖に変換する。その後、酵母をマッシュに添加し、糖をエタノール及び二酸化炭素に発酵する。1つ以上の発酵槽を用いる。

#### 【0020】

発酵マッシュは今やビールと呼ばれ、一般に約10%のエタノールを含むが、さらにトウモロコシ及び酵母細胞からの非発酵性固体を含む。その後、発酵マッシュを蒸留システムに移し、固体及び水からエタノールを除去する。アルコールは通常、共沸（通常約95%）濃縮で蒸留システムから回収し、蒸留残渣（かすと呼ばれることもある）も回収する。蒸留残渣を乾燥及び／又は濃縮した時点で、その後は蒸留かすと呼ばれる。前述の通り、バイオマス発酵物分離残渣の1つの典型的な実施形態が蒸留かすである。

## 【0021】

図2を参照すると、バイオマス発酵物分離残渣、すなわちトウモロコシベースの蒸留かすの一形態を生産する方法の説明的及び図式的なフローチャートが示されている。15を介してトウモロコシを供し、200において微粉碎し、その澱粉を露出させる。16を介して、酵素（特に図示せず）及び蒸気配管17を通じて熱を添加したクッカー201に、粉碎トウモロコシを供する。クッカー201は、炭化水素合成反応器から回収した熱を用いる熱工程の一例である。管18を介して加熱したトウモロコシを発酵槽202に送るが、そこにはまた19を介して酵母を、20を介して酵素を供している。21を通じて発酵トウモロコシマッシュ（「発酵物」）を蒸留装置203に供する。22を介して蒸気を与え、トウモロコシマッシュの蒸留を促進する。蒸留装置203の上から、23を介して共沸エタノールを回収する。その後この共沸エタノールを脱水剤の活性層205に通し、27を経由して実質的に無水のエタノールを十分に生産する。脱水剤の使用済み層206は、脱水の務めからオフラインであるが、28を介して任意に加熱した不活性ガスを通すことによって再生し、29で水を外に出す。

10

## 【0022】

トウモロコシベースのかすを蒸留装置203の底から回収し、管24を通じて処理装置204に送り、そこで遠心分離及び加熱乾燥機でかすを処理して液体を除去する。管25を介して熱を（高温ガスの形態で）間接的に与え、管26を経由して乾燥蒸留かすを回収する。

20

## 【0023】

湿潤蒸留かす（DWG）、乾燥蒸留かす（DDG）、可溶分を含む乾燥蒸留かす（DDGS）及びトウモロコシベースの絞りかすを含む様々な等級の蒸留かすがトウモロコシベースの蒸留残渣として回収される。通常、DWGは約65%以上の水分を含み、DDGは約10%から約50%の水分を含むことが多い。絞りかすは通常、約20から40%の固体分を含む。これら及び他のバイオマス発酵物分離残渣は、本発明の実施形態に基づく液体輸送燃料成分を形成する際に利点をもたらすことがわかっているが、それはこのような残渣が理想的なH/C比、例えば通常、約2:1を有するためである。

## 【0024】

本発明の実施形態に基づき、バイオマス発酵物分離残渣を含む供給物をガス化反応器に供給する。このガス化反応器（ガス化装置ともいわれる）は以下に詳しく記載する。実施形態において、供給物を「供給する」工程は、ガス化反応器に入れる前にバイオマス発酵物分離残渣に対して行う処理工程を含む。この処理工程は、熱分解、触媒転換、乾燥、濃縮、及びチャーリングの1つ以上から選択する。これらの処理工程は、バイオマス発酵物分離残渣をよりガス化に適する状態にすることが可能である。例えば、比較的高い含水量であるので、反応器の効率を上げ、凝集や水分の他の悪影響を回避するために、DWGなどのバイオマス発酵物分離残渣は、ガス化装置に入れる前に乾燥及び／又は濃縮すべきである。他の実施形態において、そのいずれかがその後ガス化装置に入れられるバイオ油又はチャーに少なくとも一部の残渣を変換するために、実質的に酸素がない状態でバイオマス発酵物分離残渣を熱分解することは好適である。またさらなる実施形態において、バイオマス発酵物分離残渣の触媒転換を行い、よりガス化に適する形態（例えば、固体、及び／又は高い炭素含量、及び／又はタール状でない特性）に残渣を転換する。

30

40

## 【0025】

他の実施形態において、バイオマス発酵物分離残渣を含む供給物を「供給する」工程は、上述のどの処理工程も含まず、単にバイオマス発酵物分離残渣をガス化装置に送るか又は供給することを含む。どのようにバイオマス発酵物分離残渣を含む供給物を供給するかの特徴によらず、本発明は、別のバイオマスベースの物質（例えばトウモロコシ茎葉）及び／又は炭素質燃料などの追加の供給物要素とバイオマス発酵物分離残渣を組み合わせる実施形態を含む。場合によっては、バイオマス発酵物分離残渣を、低品位炭、液体炭化水素燃料、コークス、オイルシェール、タールサンド、アスファルト、ピッチ、別のバイオマスベースの物質、及びそれらの混合物から選択される少なくとも1つの追加の供給物要

50

素などと組み合わせるか又は混合する。この組み合わせ又は混合はガス化装置内で生じ、或いはガス化装置に供給される前に生ずる。

#### 【0026】

バイオマス発酵物分離残渣と組み合わせる追加の供給物要素として低品位炭を用いることは特に好適である。「低品位」の石炭は通常、瀝青よりも低品位の石炭、例えば亜瀝青又は亜炭であると当業者に理解されることが多い。場合によっては、このような低品位炭は約16重量%から25重量%などの比較的高い酸素含有量を有する。低品位炭の他の性質としては、約10重量%から40重量%の範囲などの比較的高い水分含有量、約12重量%から40重量%の範囲などの比較的高い乾燥灰分含有量を挙げられる。低品位炭は、米国の中央大陸地域（パウダー川流域の石炭）、及び中国（褐炭）に大量に存在する。

10

#### 【0027】

追加の供給物要素を用いる場合、バイオマス発酵物分離残渣を直接組み合わせてもよいし、又は追加の供給物要素と混合する前にバイオマス発酵物分離残渣に対して前述の処理工程（例えば、熱分解、触媒転換、乾燥、濃縮、チャーリング）の1つ以上を行う。

#### 【0028】

いかに供給物を得るか又は調製するかにかかわらず、（例えば、バイオマス発酵物分離残渣を追加の供給物要素と混合しようがしまいが、且つ／又は処理工程において前処理をしようがしまいが）、供給物はガス化反応器においてガス化し、少なくとも一酸化炭素及び水素を含む混合物を生産する。一般に知られるように、ガス化という用語は炭素質及び／又は炭化水素原料を、水素及び一酸化炭素を含む合成用ガス（合成ガスとしても知られる）に変換する工程をいう。通常、ガス化工場において、（1）炭素質原料及び（2）空気、酸素、蒸気、水及び／又は $\text{CO}_2$ を、ガス化反応器内で接触させ、そこで原料の部分酸化が起こる。原料及び分子酸素が反応して合成ガスを形成する。ガス化されない灰分物質並びに変換されていない及び／又は不完全に変換された原料は該工程の副産物である。場合によっては、急冷工程を用いて合成ガスを冷却して飽和状態にする。

20

#### 【0029】

本発明の実施形態に基づき、ガス化反応器は好適に、固定層、バブリング層、流動層、噴流層ガス化装置などの1つ以上の型である。さらにガス化反応器は、スラリー供給、加圧、スラッキング性などから選択される少なくとも1つの特性を有する。例えば、噴流層ガス化装置において、酸素、空気、蒸気、又はこれらの組み合わせなどのガス化剤は、原料を流動化し、それを少なくともガス化反応器からいくらか離れたところに運ぶのに用いる。これらの種類のガス化反応器及び操作モード自体はそれぞれ、例えば石炭から合成ガスを生成するのに用いることで公知である。

30

#### 【0030】

実施形態において、ガス化反応器は加圧モード（常圧より高い任意の圧力であり得るが、通常約10 barから約40 bar）で操作することができ、場合によっては優れた全体効率を提供する。実施形態において、ガス化反応器はむしろ実質的に常圧で操作する。ある実施形態において、約1000℃より高い温度、例えば約1000℃から約1400℃でガス化反応器を操作し、より効果的に供給物のタール状成分をガス化する。しかし、このような高温での操作は、ガス化反応器において高価な耐熱材料の使用を必要とする。さらなる別の実施形態において、ガス化反応器は中程度の温度、通常約700℃から約1000℃で操作する。

40

#### 【0031】

工程（a）から（d）は、バイオマスから燃料を生産する統合的方法の工程段階として記述されるが、以下に記載される他の工程があることや用いることを除くためのものではない。例えば、工程（b）においてガス化反応器で生成された $\text{CO}$ 及び水素の混合物は、スクラビングなどのさらなる処理工程を経て酸性ガスを除去し、又は水性ガスシフトを経て $\text{CO}$ ／水素比を調整する。混合物中の $\text{CO}$ ／ $\text{H}_2$ 比を調整する工程は、 $\text{CO}$ の選択的除去、水素の選択的除去、水性ガスシフト、逆水性ガスシフトなどの1つ以上から選択される調整工程により達成される。 $\text{CO}$ の選択的除去又は水素の選択的除去を目的とする際は

50

、選択的酸化により、又は膜処理により行う。以下にさらに詳細に説明するように、混合物中の $\text{CO}/\text{H}_2$ 比を調整することにより、炭化水素合成反応器の流出物において所望の生成物の形成が促進される。

#### 【0032】

本発明の実施形態によると、ガス化反応器からの原産物の合成ガスは、 $\text{CO}$ 及び水素に加えて、不純物として他のガス状成分をさらに含むことがよくある。これらの不純物として、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{NH}_3$ 、 $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{HCN}$ 、 $\text{HCl}$ 、 $\text{COS}$ 、窒素、水銀などを挙げられる。このような他のガス状成分は、混合物に対して行う終了処理段階（例えば、炭化水素合成）に有害であるか、又はこれらの終了処理段階の効率を下げる。従って、実施形態において、本発明の方法は、炭化水素合成触媒と混合物を接触させる前の $\text{CO}$ 及び $\text{H}_2$ を含む混合物からのアンモニア、一酸化炭素、硫化水素、 $\text{HCl}$ 、シアン化水素、水銀、窒素及び硫化カルボニルから選択される少なくとも1つの不純物を少なくとも部分的に除去するスクラビング又は他の方法の追加工程をさらに含む。水銀除去には保護層を用いるが、酸性ガス状不純物（例えば、 $\text{CO}_2$ 及び $\text{H}_2\text{S}$ ）にはスクラバーを好適に用いる。一酸化炭素を原産物の合成ガスから分離して回収する実施形態において、気候変動が疑わしい化合物の放出を限定するために一酸化炭素を隔離することもある。

10

#### 【0033】

本発明の実施形態において、（必要に応じて、好適には不純物を洗浄し $\text{CO}/\text{H}_2$ 比を調整してある） $\text{CO}$ 及び $\text{H}_2$ を含むガス状混合物を、炭化水素合成触媒と接触させる合成反応器に移動し、熱及び液体輸送燃料成分を含む流出物を生産する。このような炭化水素合成触媒は、 $\text{Fe}$ 、 $\text{Co}$ 、 $\text{Ni}$ 、 $\text{Re}$ 、 $\text{Ru}$ などから選択される少なくとも1つなど、フィッシャー・トロプシュ（ $\text{F-T}$ ）反応による炭化水素合成のために従来公知である任意の触媒物質を含む。これらの触媒物質を元素形態及び／又は化合物形態で供給する。通常、これらの触媒物質は分散形態で供給して使用され、耐熱性無機支持材、例えばジルコニア、チタニア又はアルミナなどの無機支持体に支持される。多くの場合、本実施形態の炭化水素合成触媒の触媒物質は1つ以上のプロモーター物質をさらに含む。実施形態において、炭化水素合成触媒は、炭化水素合成触媒全体の約1%から約50%存在する1つ以上の $\text{Fe}$ 、 $\text{Co}$ 、 $\text{Ni}$ 、 $\text{Re}$ 、 $\text{Ru}$ を含む。炭化水素合成触媒が $\text{Fe}$ 、 $\text{Co}$ 、 $\text{Ni}$ 、 $\text{Re}$ 、 $\text{Ru}$ から選択された少なくとも1つを含む場合、 $\text{Re}$ 、 $\text{Ru}$ 、 $\text{Pt}$ 、 $\text{Fe}$ 、 $\text{Ni}$ 、 $\text{Th}$ 、 $\text{Zr}$ 、 $\text{Hf}$ 、 $\text{U}$ 、 $\text{Mg}$ 及び $\text{La}$ などのいずれか1つ以上を共触媒又はプロモーターとして用いる。多くの場合、触媒物質としての $\text{Co}$ の使用により、パラフィンの形成が促進される。

20

30

#### 【0034】

本発明の実施形態において、 $\text{CO}$ 及び $\text{H}_2$ を含むガス状混合物を、約140℃から約400℃（又はより狭くは、約200℃から約250℃）などの温度条件、及び約0.5から約50bar（又はより狭くは、約2から約25bar）などの圧力条件下で、炭化水素合成触媒と接触させる。（本発明の他の箇所）開示される全ての範囲は、記載される端点を含み、単独で一体化できることに留意されたい。

#### 【0035】

炭化水素合成反応器は、様々な反応器型の1つ以上、例えば、1つ以上の触媒層、スラリー反応器、流動層反応器、又は異なる型の反応器の組み合わせを含む固定層反応器である。実施形態において、炭化水素合成過程はスラリーフィッシャー・トロプシュ過程であり、この過程で $\text{H}_2$ 及び $\text{CO}$ の混合物を含む合成ガスが、反応条件で液体である合成反応の炭化水素生成物を含むスラリー液に分散し懸濁した微粒子の炭化水素合成触媒を含む反応器中のスラリーを通して泡立てられる。

40

#### 【0036】

本発明の実施形態によると、合成反応器における合成ガスの炭化水素合成触媒との接触により、1つ以上の液体輸送燃料成分を含む流出物がもたらされる。（少なくともパラフィンを通常含む）この「液体輸送燃料成分」は、液体輸送燃料としてそれ自体を用いるか、又は別の燃料及び／又は添加物と適当に混合され液体輸送燃料として有用となる。従っ

50

て、「成分」という用語は、合成反応器からの流出物を液体輸送燃料の一部として、又は燃料自体として、（後述するように、任意の適当な分離及び／又は水素化処理の後に）用いることを示すのに用いる。例えば、ある実施形態において、本明細書の方法及びシステムは、ジェットタービン燃料として用いるような十分な潤滑性及び他のパラメーターを有する液体輸送燃料成分を供給する。別の実施形態において、液体輸送燃料成分は、ジェットタービン燃料として有用とするために、他の燃料及び／又は添加物との混合を要する。本明細書で使用される場合、「液体輸送燃料」及び「液体輸送燃料成分」は一般に、ガソリン、ジェット燃料、ケロシン又はディーゼルの範囲内で沸騰する炭化水素燃料をいう。実施形態において、液体輸送燃料成分はタービン燃料として用いる。望ましい種類の液体輸送燃料成分の形成は、（１）バイオマス発酵物分離残渣を含む供給物のために適当な化学的組成物を選択することにより、（２）ガス化反応器で形成された合成ガスの $\text{CO}/\text{H}_2$ 比を調整することにより、（３）炭化水素合成反応器中の温度、圧力及び／又は触媒を含む条件を調整することにより、及び（４）前述の組み合わせにより、促進する。例えば、乾燥蒸留かすの $\text{H}/\text{C}$ 比は、（例えばパラフィン系の）液体輸送燃料成分への変換に理想的である。

10

#### 【0037】

「タービン燃料」とは、タービン内で燃焼して動力を供給する燃料組成物を言う。タービンは、電力を作り出すのに用いられるタービンなどのように固定されていてもよいし、船又は飛行機に動力を供給するなどのように移動基盤に動力を供給するのに用いてもよい。特定の規格に合ったタービン燃料は、飛行機のジェット燃料として用いる。ジェットエンジンのタービン燃料の規格は、電力を作るのに用いるタービンの燃料の規格よりも厳しい。

20

#### 【0038】

一般に公知のように、「ジェット燃料」は航空タービンでの使用に適する物質であり、ASTM D1655；DEF STAN 91-91/3（DERD 2494）、国際航空運送協会（IATA）「航空タービン燃料規格のための指導材料」第4版2000年3月、アメリカ合衆国軍事用ジェット燃料規格MIL-DTL-5624、MIL-DTL-83133、及びそれらの改良型の規格の少なくとも1つの現行版に通常適合する。航空タービン燃料として公知であるジェット燃料は、Jet-A、JP-A、JP-B、JP-4、JP-5、JP-7、JP-8、JP8+100などの様々な特定の等級の航空燃料である。ジェット燃料はケロシンの特定の等級であり、様々な等級の規格は様々な基準により特定される。例として、JP-8は標準MIL-L-83133Cで定義される。

30

#### 【0039】

本発明の実施形態による液体輸送燃料成分が航空タービン又はジェット燃料の目的で用いられる場合、一般に、約1.85より大きく、より狭くは約1.85から約2.20の $\text{H}/\text{C}$ 比、約38℃以上、より狭くは約38℃から約60℃、さらにより狭くは約40℃から約60℃の引火点、及び約-40℃未満、より狭くは約-47℃未満の凝固点で、しばしば約-50℃から約-60℃の平均凝固点を有する（ASTM-D-2386で規定される凝固点）のパラメーターの1つ以上を満たす。本発明の実施形態において、液体輸送燃料成分は前述したジェット燃料基準規格の1つ以上をさらに満たす。

40

#### 【0040】

実施形態において、輸送に用いる前、例えばジェット燃料又は航空タービン燃料として用いる前に、酸化防止剤、帯電防止剤、腐食防止剤、氷結防止剤などの様々な添加物を液体輸送燃料成分に添加する。添加物の量及び種類は輸送燃料の等級によって異なる。

#### 【0041】

本発明の他の実施形態によると、合成反応器における合成ガスと炭化水素合成触媒との接触により、1つ以上の液体輸送燃料成分を含む流出物がもたらされ、液体輸送燃料成分はその後、水素化処理によって等級を上げられる。このさらなる水素化処理工程は一般に、水素添加分解、水素化処理、及び異性化などの1つ以上から選択される。この水素化処

50

理工程は、それ自体が炭化水素処理の当業者に一般に公知である。水素化処理は通常、流出物中に存在するアルコールを除去してオレフィンの水素化するために、自由水素の存在下で行う。水素化処理による改良は、所望の物性を与えるためにいくつかの又は全ての液体輸送燃料成分に対して行う場合もある。例えば、本発明の実施形態に基づく液体輸送燃料成分は、航空タービン燃料として用いるのに適するように、水素化処理により等級を上げる。

#### 【0042】

本発明のまたさらなる実施形態において、1つ以上の液体輸送燃料成分を含む炭化水素合成反応器からの流出物を、1つ以上の蒸留又は他の分離工程により分離する。通常、このような蒸留又は分離は沸点に基づく。こうして、1つ以上の液体輸送燃料成分を含む流出物を、1つ以上のより低い沸点の留分及び1つ以上のより高い沸点の留分に蒸留される。このような蒸留を行って油性燃料成分から液体燃料成分を分離することは好適である。最後に、蒸留及び水素化処理の両方を、どの順番でも、炭化水素合成反応器からの流出物に対して行う。

#### 【0043】

前述の通り、本発明の実施形態による統合的方法は、炭化水素合成工程により生産された熱の少なくとも一部を、バイオマス液化、発酵、発酵産物蒸留、脱水剤再生、発酵物分離残渣濃縮及び発酵物分離残渣乾燥から選択される、熱を必要とする少なくとも1つの熱工程に供給することを含む。すなわち、炭化水素合成工程により生産された熱は、該熱工程の少なくとも2つ、又は少なくとも3つ、又は少なくとも4つ、又は少なくとも5つに与えられる。熱を必要とするこれらの工程はそれぞれ「熱工程」を意味するが、熱又は物理的工程のみが起こることを示すのではなく、これらの工程がそれぞれ化学的及び／又は生化学的工程をさらに含む。例えば、バイオマス液化工程は粉碎トウモロコシの加熱工程であり、それにより、水分及び酵素の存在下でコーンミールを加熱する。さらに、該方法のいくつかの工程は該方法の他の工程と類似しているが、本明細書で使用する場合、「統合的」という用語は、該方法のある工程が全体の方法の初期又は後期の工程のいずれかに相互に関係したり、左右されたりすることを意味する。

#### 【0044】

合成反応器（例えば、フィッシャー・トロプシュ反応器）から出る熱は、反応器の内部でも外部でも、合成反応器との間接的な熱交換による熱回収、又は反応器からの生成物として回収された熱い流出ガスからの熱回収を含む、多くの適当なやり方で回収される。通常の炭化水素合成反応器において、他の成分に混ざって水を含む流れ（例えば塔頂流）を除去する。反応器からの水を含む流れを冷却することにより、又は反応器自体を冷却することにより、又は反応器からの他の流出流を冷却することにより、炭化水素合成反応器から熱を得てもよい。すなわち、炭化水素合成反応器からの1つ以上の熱い流出流を熱交換器に通す。使用可能な熱交換器は、シェルアンドチューブ型熱交換器又は溶着プレートアンドフレーム熱交換器である。或いは、合成反応器は冷却コイルを含み、高発熱フィッシャー・トロプシュ反応の間に作られる熱を除去するのに役立つ。炭化水素合成反応器内部の冷却コイル及び熱い流出流からの熱除去のための熱交換器の両者を同時に用いても良い。

#### 【0045】

熱を必要とする熱工程に炭化水素合成反応器からの熱を供給するために、従来の手段を適切に用いる。流れもしくは熱風などの熱伝導流体又は他の加熱気体を使用することは周知であり、必要なところに回収した熱を供給するのに効果的な手段である。

#### 【0046】

図3を参照すると、炭化水素合成反応器から熱を除去し、熱を1つ以上の熱工程に供給する、（限定されないが）典型的な方法の概略図が示されている。フィッシャー・トロプシュ反応器300に管30を通じて合成ガスを入れ、31を通じて液体輸送燃料成分を含む流出物を回収する。管32中の冷却水を反応器300内の冷却コイルに入れて、間接熱を熱い反応器と接触させ、この工程により生じた蒸気を与え、1つ以上の熱工程109を

促進する。

【0047】

熱を必要とする熱工程は、バイオマス液化、発酵、発酵産物蒸留、脱水剤再生、発酵物分離残渣濃縮及び発酵物分離残渣乾燥の1つ以上から選択される。本明細書で開示される統合的システム及び方法は、エネルギーを取り込みこれらの熱工程を促進する必要性を取り除くか又は減らす。例えば、発酵物分離残渣乾燥（例えば、乾燥蒸留かす）は通常、従来技術の天然ガス燃焼バーナを用いて行われている。これにより、トウモロコシからエタノールを生産するためのコストが増える。しかし、本発明の方法及びシステムは、廃熱形態を再利用することでコスト削減の利点を提供する。

【0048】

バイオマス液化工程は、前述の任意のバイオマス物質の酵素的及び／又は細菌的分解を含む。典型的だが限定されない種類のバイオマス液化は、粉碎したトウモロコシを水及び酵素と混合し、その後クッカーに通してでんぷんを液化してマッシュにする前述の工程である。熱は通常、液化を増進するのに必要である。

【0049】

発酵工程は、バイオマス物質から酵素的、細菌的及び／又は酵母媒介のアルコールの生産を含む。典型的だが限定されない種類の発酵工程は、トウモロコシマッシュの発酵からエタノールを回収するための前述の工程を含む。発酵工程は入熱の利益を受ける。

【0050】

発酵産物蒸留工程は通常、アルコールを分離する発酵物の蒸留を含む。発酵産物蒸留工程のある限定されない例は、エタノールを発酵産物として回収するための発酵トウモロコシマッシュの蒸留である。発酵産物蒸留工程は通常、所望のアルコール、例えば共沸エタノールの生産を促進するための熱を必要とする。

【0051】

脱水剤再生工程は一般に、使用済みの固体脱水剤の再生を含む。通常、このような使用済みの固体脱水剤は、バイオマス発酵産物（例えば、トウモロコシ発酵からのエタノール）を脱水するのに用いられる。現在工業的に最も認められているエタノールの脱水法は、ゼオライト3Aなどの固体脱水剤として分子篩による吸着を用いることである。固体脱水剤の1つの層が脱水のための共沸エタノールの流入を受け止め、他の層が再生を経る、2つの層システムが通常用いられる。使用済みの固体脱水剤を含む層の再生が真空下で起こることもあるが、熱を用いて使用済みの脱水剤から水を追い出し、ひいては脱水剤を再生することもある。

【0052】

発酵物分離残渣濃縮工程は一般に、発酵物分離残渣の体積を減らすことを含む。「発酵物分離残渣」は、バイオマス（例えばトウモロコシ）発酵物からの所望の生成物（例えば、アルコール又は他の揮発性有機化合物）の分離（例えば蒸留）後の廃棄残渣である。この発酵物分離残渣は、トウモロコシベースの蒸留かす又は蒸留シロップを含む。体積の減少は遠心分離で行う。体積の減少を促進するために熱を用いることもある。

【0053】

発酵物分離残渣乾燥は、乾燥機（例えば、蒸気管回転式又はリング型乾燥機）で、乾燥トウモロコシ蒸留かすなどの発酵物分離残渣から少なくともいくつかの水分を除去することを含む。特定の目的のために、このような残渣は、さらなる利用の前、例えばガス化又は供給物としての使用の前に、所望の水分量までの乾燥を必要とすることが多い。そのような場合、蒸気乾燥機、ガス式乾燥機、噴霧乾燥機、気流乾燥機、流動層乾燥機、回転炉などの従来手段を用いて乾燥を行う。

【0054】

ある特定の実施形態において、熱工程はバイオマス発酵物分離残渣を生成、分離及び／又は処理するのに用いられるか、或いは熱工程はバイオマス発酵物分離残渣を生成、分離及び／又は処理する同じ工程の別の生成物を処理するのに用いられる。すなわち、熱が供給される熱工程は「供給」工程（a）に送られるバイオマス発酵物分離残渣を濃縮又は乾

10

20

30

40

50

燥する工程である。例えば、これは乾燥蒸留かすが液体輸送燃料に変換される場合及び炭化水素合成からの熱がこれらの蒸留かすを乾燥するのに用いられる場合である。

【0055】

或いは熱工程は、バイオマス発酵物分離残渣が得られるバイオマスを液化、発酵又は蒸留する工程である。例えば、トウモロコシを発酵、液化又は蒸留して合成ガスを作るためにガス化する蒸留かすを作るのに、合成ガスからの炭化水素合成から得られた熱を用いる場合である。

【0056】

或いは熱工程は、バイオマス発酵物分離残渣を生成、分離及び／又は処理する同じ工程の別の生成物を処理するものである。例えば、これは、炭化水素合成からの熱を用いて、蒸留かすを作る同じ工程で作られるエタノールを乾燥するのに用いられる乾燥剤を再生する際に生ずる。

【0057】

図4を参照すると、本発明の他の実施形態に基づく様々な方法を概略的に説明するブロックフロー図が示されている。パウダー川流域の石炭を含む追加の供給物要素34、及びバイオマス発酵物分離残渣35の両方を、供給物として供給工程400に供する。前述した通り、「供給」工程400は、熱分解、触媒転換、乾燥、濃縮及び／又はチャーリング（ここでは特に図示せず）などの前処理工程を含む。供給工程400は、供給された供給物36を生成する。供給された供給物36はその後、ガス化反応器においてガス化工程401に供され、CO及びH<sub>2</sub>を含む混合物37を生産する。この混合物37を（直接的又は間接的に）、混合物37が合成反応器において炭化水素合成触媒と接触する接触工程402に供し、熱40及び少なくともパラフィンを含む流出物38を生産する。流出物38はその後、水素化処理工程403において等級を上げ、液体輸送燃料成分39を生産する。

【0058】

熱40を、点線枠内にまとめて示される6つの熱工程410のいずれか1つ以上に供給する。6つの熱工程のそれぞれは、バイオマス液化404、発酵405、発酵物蒸留406、脱水剤再生407、発酵物分離残渣濃縮408、及び発酵物分離残渣乾燥409である。本明細書で使用される場合、関連する基本機能に変化をもたらさずに変わり得る任意の定量的表現を修飾するために、近似の言語を使用する。従って、「約」及び「実質的に」などの用語又は複数の用語によって修飾された値は、特定された正確な値に限定されない場合がある。量に関連して用いる修飾語句「約」は、記載の値を含み、前後関係によって決定される意味を持つ（例えば、特定量の測定に関連する誤差の程度を含む）。「任意」又は「任意に」は、実質的に記載される事象又は状況が起こり得るか起こり得ない、又は実質的に特定される物質が存在し得るか存在し得ないことを意味し、記載は、事象又は状況が起こるか又は物質が存在する例、及び事象又は状況が起こらないか又は物質が存在しない例を含む。単数形「1つの」及び「その」は、前後で特に明確に記載されない限り複数の指示対象を含む。本明細書で開示される全ての範囲は、記載される端点を含み、単独で一体化できる。

【0059】

本発明は限定された数の実施形態のみに関連した詳細を記載したが、本発明は開示されたこのような実施形態に限定されるものではないことを理解されたい。むしろ本発明を修正し、記載されていない変更、代替又は同等の構成を含み得るが、本発明の精神と範囲に相応するものである。さらに、本発明の様々な実施形態を記載したが、当然のことながら、本発明の側面は記載の実施形態のいくつかのみを含む。従って、本発明は前述の記載に限定されると理解されるべきではなく、添付の特許請求の範囲によってのみ限定される。

【0060】

新規であるとして主張され、米国特許証によって保護されることが望ましいものは、以下の通りである。

【図 1】

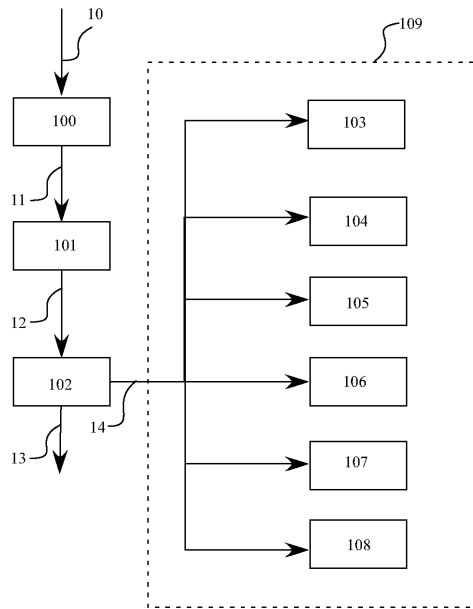


Figure 1

【図 2】

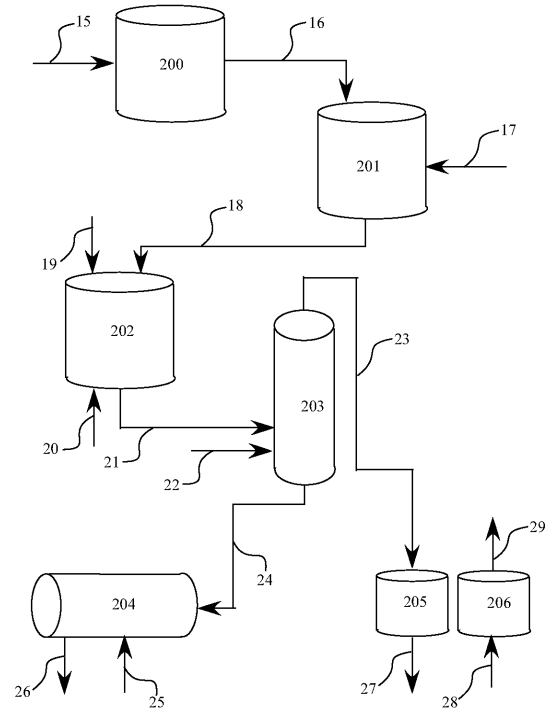


Figure 2

【図 3】

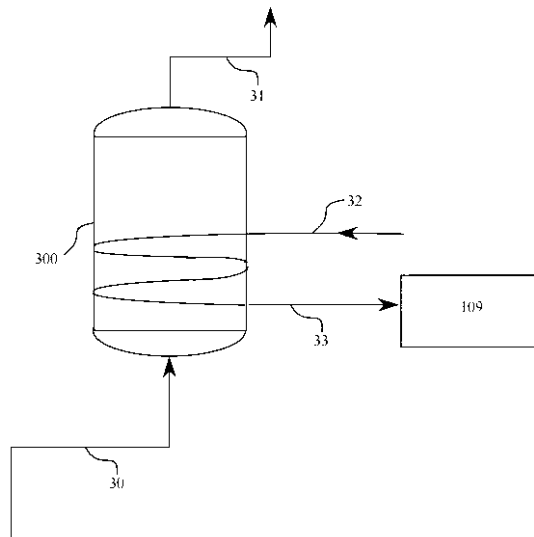


Figure 3

【図 4】

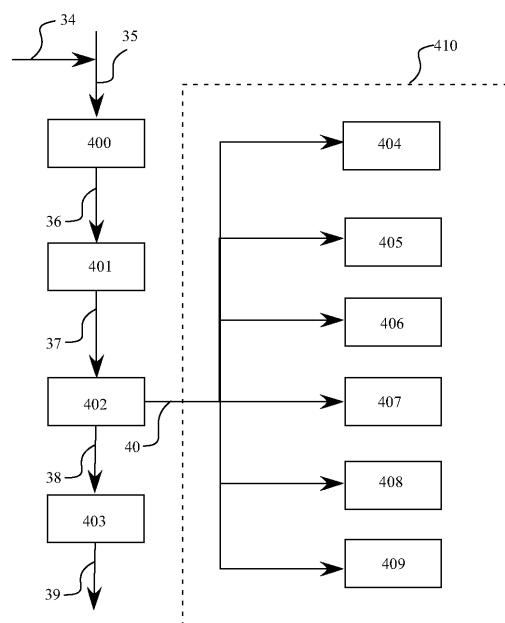


Figure 4

## 【国際調査報告】

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                  |                                                                                                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>INTERNATIONAL SEARCH REPORT</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                  | International application No.<br><b>PCT/US2008/071883</b>                                                                                               |
| <b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                  |                                                                                                                                                         |
| <i>C10J 3/00(2006.01)i, C10J 3/46(2006.01)i, C10L 3/06(2006.01)i</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                  |                                                                                                                                                         |
| According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                  |                                                                                                                                                         |
| <b>B. FIELDS SEARCHED</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                  |                                                                                                                                                         |
| Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)<br>IPC 8 C10J 3/00, C10J 3/46, C10L 3/06, C07C 31/04, B09B 3/00, C02F 11/04, C10B 53/00, B09B 3/00                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                  |                                                                                                                                                         |
| 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)<br>e-KIPASS (KIPO internal) and keywords: biomass, gas, heat, supply, source, exchange, catalyst, fermentate, residue, and similar terms                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                  |                                                                                                                                                         |
| <b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                  |                                                                                                                                                         |
| Category*                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                               | Relevant to claim No.                                                                                                                                   |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | KR 10-2002-0010902 A (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 6 FEBRUARY 2002<br>See abstract, claims 1, 36, 45, 54, 64, and figure 1 | 1-22                                                                                                                                                    |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | JP 2004-249247 A (KANGEN YOYU GIJUTSU KENKYUSHO) 9 SEPTEMBER 2003<br>See abstract, claims 1, 2, 11, and paragraph 0012           | 1-22                                                                                                                                                    |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | JP 2005-205385 A (KANGEN YOYU GIJUTSU KENKYUSHO) 4 AUGUST 2005<br>See abstract, claim 1, and paragraph 7                         | 1-22                                                                                                                                                    |
| <input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                  |                                                                                                                                                         |
| <p>* Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"&amp;" document member of the same patent family</p> |                                                                                                                                  |                                                                                                                                                         |
| Date of the actual completion of the international search<br>31 OCTOBER 2008 (31.10.2008)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                  | Date of mailing of the international search report<br><b>31 OCTOBER 2008 (31.10.2008)</b>                                                               |
| Name and mailing address of the ISA/KR<br> Korean Intellectual Property Office<br>Government Complex-Daejeon, 139 Seonsa-ro, Seo-gu, Daejeon 302-701, Republic of Korea<br>Facsimile No. 82-42-472-7140                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                  | Authorized officer<br>PARK Jin<br>Telephone No. 82-42-481-8274<br> |

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No.

**PCT/US2008/071883**

| Patent document<br>cited in search report | Publication<br>date | Patent family<br>member(s) | Publication<br>date |
|-------------------------------------------|---------------------|----------------------------|---------------------|
| KR 10-2002-0010902 A                      | 06.02.2002          | AU 2001-34167 A1           | 12.09.2001          |
|                                           |                     | AU 755244 B2               | 05.12.2002          |
|                                           |                     | BR 0104703 A               | 05.02.2002          |
|                                           |                     | CA 2368496 A1              | 07.09.2001          |
|                                           |                     | CN 1228420 C               | 23.11.2005          |
|                                           |                     | CN 1362986 A               | 07.08.2002          |
|                                           |                     | EP 1205532 A1              | 15.05.2002          |
|                                           |                     | HU 0200907 A2              | 29.06.2002          |
|                                           |                     | ID 30387 A                 | 29.11.2001          |
|                                           |                     | JP 2002-121571 A           | 26.04.2002          |
|                                           |                     | JP 2001-239148 A           | 04.09.2001          |
|                                           |                     | JP 2001-239149 A           | 04.09.2001          |
|                                           |                     | JP 2001-240877 A           | 04.09.2001          |
|                                           |                     | JP 2001-240878 A           | 04.09.2001          |
|                                           |                     | JP 2001-279266 A           | 10.10.2001          |
|                                           |                     | JP 2002-038163 A           | 06.02.2002          |
|                                           |                     | JP 2002-088379 A           | 27.03.2002          |
|                                           |                     | NO 20015245 A              | 22.11.2001          |
|                                           |                     | NZ 514823 A                | 30.06.2003          |
|                                           |                     | TW 238189 A                | 21.08.2005          |
|                                           |                     | US 2002-159929 A1          | 31.10.2002          |
|                                           |                     | US 6991769 B2              | 31.01.2006          |
|                                           |                     | WO 01-64819 A1             | 07.09.2001          |
|                                           |                     | ZA 200108240 A             | 10.06.2002          |
| JP 2004-249247 A                          | 09.09.2004          | NONE                       |                     |
| JP 2005-205385 A                          | 04.08.2005          | NONE                       |                     |

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I テーマコード (参考)  
B 0 9 B 3/00 Z A B A  
C 1 2 P 7/06

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

(72)発明者 ジョシ, ナレンドラ・ディガンバー  
アメリカ合衆国、1 2 3 0 3、ニューヨーク州、スケネクタディ、ベインベリー・ドライブ、6 0  
0 5 番

(72)発明者 ゴウダ, スリニヴァサ・レンジ  
アメリカ合衆国、4 5 2 3 6、オハイオ州、シンシナティ、ロングメドウ・レーン、3 2 4 5 番

(72)発明者 エプスタイン, マイケル・ジェイ  
アメリカ合衆国、4 5 0 4 0、オハイオ州、メイソン、イエローウッド・ドライブ、7 9 1 4 番

(72)発明者 ヘルド, ティモシー・ジェームス  
アメリカ合衆国、4 5 1 0 7、オハイオ州、ブランチェスター、サウス・ステイト・ルート、8 4  
0 0 番

Fターム(参考) 4B064 AC03 CA02 CA21 CB01 CD22 CD24 DA16  
4D004 AA04 AA12 AA50 AC05 BA03 CA04 CA18 CA20 CA27 CA42  
CC03 CC07 CC09 CC11 CC15 CC16  
4H129 AA01 BA03 BA12 BB03 BB07 BC46 KA15 NA23 NA32