(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)公開番号
特開2023-165780
(P2023-165780A)
(43)公開日　令和5年11月17日(2023.11.17)

(51)国際特許分類			FI		
C10B	*53/02*	*(2006.01)*	C10B	53/02	
B09B	*3/40*	*(2022.01)*	B09B	3/40	ZAB
C01B	*32/05*	*(2017.01)*	C01B	32/05	

審査請求　有　請求項の数　16　ＯＬ　外国語出願　（全94頁）

(21)出願番号　特願2023-149890(P2023-149890)
(22)出願日　令和5年9月15日(2023.9.15)
(62)分割の表示　特願2023-104904(P2023-104904)の分割
原出願日　平成24年4月13日(2012.4.13)
(31)優先権主張番号　61/476,025
(32)優先日　平成23年4月15日(2011.4.15)
(33)優先権主張国・地域又は機関　米国(US)
(31)優先権主張番号　61/476,043
(32)優先日　平成23年4月15日(2011.4.15)
(33)優先権主張国・地域又は機関　米国(US)
(31)優先権主張番号　61/475,930
(32)優先日　平成23年4月15日(2011.4.15)
最終頁に続く

(71)出願人　517405781
カーボン テクノロジー ホールディングス， エルエルシー
アメリカ合衆国， ニューヨーク州 １００３６， ニューヨーク， １１ フロア， ウエスト ４６番 ストリート １６， シー／オー サントン キャピタル パートナーズ， エルエルシー
(74)代理人　100078282
弁理士　山本 秀策
(74)代理人　100113413
弁理士　森下 夏樹
(74)代理人　100181674
弁理士　飯田 貴敏
(74)代理人　100181641
最終頁に続く

(54)【発明の名称】　高炭素生体試薬の生成のためのシステムおよび装置

(57)【要約】
【課題】バイオマスを様々な商業的応用に適した高炭素生体試薬に変換するためのプロセス及びシステムの提供。
【解決手段】いくつかの実施形態は、不活性ガスの存在下での熱分解を採用して、熱い熱分解固形物、凝縮性蒸気及び不凝縮ガスを生成し、その後に、蒸気とガスの分離、及び不活性ガスの存在下での熱い熱分解固形物の冷却が続く。添加剤が処理中に導入され得るかもしくは試薬と結合され得るか、又はその両方である。生体試薬は、無水ベースで、少なくとも７０ｗｔ％、８０ｗｔ％、９０ｗｔ％、９５ｗｔ％又はそれ以上の全炭素を含み得る。生体試薬は、無水ベースで、少なくとも１２，０００Ｂｔｕ／ｌｂ、１３，０００Ｂｔｕ／ｌｂ、１４，０００Ｂｔｕ／ｌｂ、又は１４，５００Ｂｔｕ／ｌｂのエネルギー含有量を有し得る。生体試薬は、微粉又は構造物に形成され得る。
【選択図】なし

【特許請求の範囲】
【請求項１】
高炭素生体試薬生成システムであって、前記システムは、
（ａ）熱分解反応装置であって、前記熱分解反応装置に不活性ガスを導入するための少なくとも１つのガス注入口または少なくとも２つのガス注入口、および前記熱分解反応装置からの凝縮性蒸気および不凝縮ガスを除去するための少なくとも１つのガス排出口または少なくとも２つのガス排出口を含む、熱分解反応装置と、
（ｂ）炭素含有供給原料を導入するように構成されている材料供給システムであって、前記材料供給システムは、閉じたシステムであり、前記材料供給システムはマニホールドを含み、前記マニホールドは、原料を取り囲む空気から酸素をパージするように構成されている、材料供給システムと、
（ｃ）前記材料供給システムと動作可能に連通して配置された予熱器であって、前記供給原料を予熱するように構成された予熱器と、
（ｄ）ここで、前記熱分解反応装置は、前記予熱器と動作可能に連通して配置され、前記供給原料を熱分解することにより、熱分解固形物を生成するように構成されており、
（ｅ）前記熱分解反応装置と動作可能に連通して配置され、前記熱分解固形物を冷却することにより、冷却された熱分解固形物を生成するように構成された冷却装置と、
（ｆ）前記冷却装置と動作可能に連通して配置された高炭素生体試薬回収ユニットと
を含む、システム。
【請求項２】
前記システムは乾燥装置をさらに含み、前記乾燥装置は、前記材料供給システムと動作可能に連通して配置されており、前記乾燥装置は、もし存在すれば、前記炭素含有供給原料内に含まれる水分を除去するように構成されている、請求項１に記載のシステム。
【請求項３】
前記予熱器は、前記乾燥装置と動作可能に連通して配置されている、請求項２に記載のシステム。
【請求項４】
前記システムは脱気装置をさらに含み、前記脱気装置は、前記予熱器と、前記材料供給システムおよび前記乾燥装置の少なくとも１つとの間に配置されている、請求項２または３に記載のシステム。
【請求項５】
前記システムは、添加剤を前記システムに導入するための添加剤供給装置をさらに含む、請求項１～４のいずれか一項に記載のシステム。
【請求項６】
前記システムが材料濃縮ユニットをさらに含み、前記材料濃縮ユニットは前記冷却装置と動作可能に連通して配置されており、前記材料濃縮ユニットは、凝縮性蒸気を前記熱分解固形物と合わせることにより、前記高炭素生体試薬回収ユニットから得られた前記高炭素生体試薬の炭素含有量を増加させるように構成されている、請求項１～５のいずれか一項に記載のシステム。
【請求項７】
前記凝縮性蒸気が、少なくとも部分的に凝縮した形態である、請求項６に記載のシステム。
【請求項８】
前記システムがプロセスガス加熱器をさらに含み、前記プロセスガス加熱器は燃焼室を含み、前記燃焼室は、燃料および前記凝縮性蒸気の少なくとも一部を燃焼させるように構成されており、
前記プロセスガス加熱器は、前記少なくとも１つのガス排出口と動作可能に連通して配置されていることにより、凝縮性蒸気および不凝縮ガスを除去し、前記プロセスガス加熱器は、別個の燃料および酸化剤を前記燃焼室に受け取るように構成されている、
請求項１～７のいずれか一項に記載のシステム。

【請求項９】
前記システムが熱交換器および複数ゾーン反応装置をさらに含み、前記熱交換器は前記プロセスガス加熱器と前記乾燥装置との間に配置されており、前記熱交換器は、前記乾燥装置のためにまたは前記熱分解反応装置に導入する前に前記不活性なガスを予熱するために燃焼熱の少なくとも一部を利用するようにされている、請求項８に記載のシステム。
【請求項１０】
前記システムが熱交換器および複数ゾーン反応装置をさらに含み、前記熱交換器は前記プロセスガス加熱器と前記複数ゾーン反応装置のためのガス注入口との間に配置されており、前記熱交換器は、前記乾燥装置のためにまたは前記熱分解反応装置に導入する前に前記不活性なガスを予熱するために燃焼熱の少なくとも一部を利用するようにされている、請求項８に記載のシステム。
【請求項１１】
前記熱分解反応装置および前記冷却装置の少なくとも１つが、少なくとも１つのガス注入口を有するように構成されており、前記乾燥装置および前記予熱器の少なくとも１つが、少なくとも１つのガス排出口を有するように構成されていることにより、固相に対して気相の対向する流れを生成する、請求項２～１０のいずれか一項に記載のシステム。
【請求項１２】
前記システムは、前記熱分解反応装置およびガス監視装置と動作可能に連通して配置されている第１の反応ガスプローブをさらに含む、請求項１～１１のいずれか一項に記載のシステム。
【請求項１３】
前記予熱器および前記冷却装置の少なくとも１つと、かつ前記ガス監視装置および第２のガス監視装置の１つと動作可能に連通して配置されている第２の反応ガスプローブ、
前記乾燥器および前記予熱器の少なくとも１つと、かつ前記ガス監視装置および追加のガス監視装置の１つと動作可能に連通して配置されている追加の反応ガスプローブ、または
システム設定値を調整するために前記ガス監視装置からの出力を利用するのに実行可能な少なくとも１つのコンピュータプログラムされたコントローラ
をさらに含む、請求項１２に記載のシステム。
【請求項１４】
前記システムは、高炭素生体試薬をさらに熱分解し、そうすることで前記高炭素生体試薬の炭素含有量を増加させるように適合された少なくとも１つの追加の熱分解反応器を含む、請求項８～１０のいずれか一項に記載のシステム。
【請求項１５】
前記高炭素生体試薬の前記さらなる熱分解が、第２の不活性ガスの存在下で生じ、前記プロセスガス加熱器が、前記第２の不活性ガスを予熱するように構成されている、請求項１４に記載のシステム。
【請求項１６】
前記システムが、前記高炭素生体試薬回収ユニットからのガスを抽出し再利用するように構成されている、請求項１～１５のいずれか一項に記載のシステム。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、一般に、高炭素生体試薬の製造のためのプロセス、システムおよび装置、ならびにそれに関連した組成、生成物、および使用に関する。
【背景技術】
【０００２】
炭素は、多種多様な産業におけるプラットホーム要素であり、膨大な数の化学、材料、および燃料使用を有する。炭素は、電気を含め、エネルギーを生成するために良い燃料である。炭素は、金属、金属合金、混合物、炭素繊維、電極、および触媒担体を含め、様々

な商品および先端材料のための非常に大きな化学的価値を有する。金属製造では、炭素は、処理中に金属酸化物を金属に還元するための試薬として有用であり；処理用に熱を供給するための燃料として；また、最終の金属合金の成分として有用である。炭素は、鋼が熱処理によって硬化されるようにするので、鋼において非常に重要な要素である。

【０００３】

炭素系試薬は、原理上は、実質的に炭素を含む任意の材料から生成できる。炭素質材料は、一般に、天然ガス、石油、石炭、および亜炭などの化石資源；ならびに、リグノセルロース系バイオマスおよび様々な炭素含有量の多い廃棄材料などの再生可能資源を含む。

【０００４】

バイオマスは、任意の生物学的に生成された物質、または生物起源物質を記述するために使用される用語である。バイオマスに含まれる化学エネルギーは、光合成の自然過程を使用する太陽エネルギーに由来する。これは、植物が環境から二酸化炭素と水を吸収して、太陽光からのエネルギーを使用し、それらを糖、澱粉、セルロース、ヘミセルロース、およびリグニンに変換するプロセスである。全ての再生可能なエネルギー源の中で、バイオマスは、それが、効果的に、貯蔵された太陽エネルギーであるという点において特有である。さらに、バイオマスは、炭素の唯一の再生可能資源である。

【０００５】

燃料用に生物起源炭素を利用することにより、炭素がさらにバイオマスを栽培するために再利用されるので、燃焼に関連したCO_2排出が、正味ライフサイクル二酸化炭素排出に寄与しない。また、生物起源炭素の燃料としての使用は、通常、エネルギー生産のための石炭または他の固体化石燃料の使用と比較して、二酸化硫黄および水銀の排出を低下させるであろう。

【０００６】

炭素が直ちに燃焼されない化学的および材料用途に対して、生物起源炭素を利用することにより、炭素が長期間にわたって効果的に隔離できる（例えば、炭素が永久構造物用の鋼に追加される場合）。このように、正味の二酸化炭素排出が実質的にマイナスである、すなわち、大気からのCO_2が、生物起源供給原料を栽培するために使用され、次いで、炭素が生物起源産物内で隔離される。

【０００７】

しかし、バイオマスを高炭素試薬に変換することは、供給原料の多様性、操作上の困難、および資本集約度から生じる、技術的課題ならびに経済問題の両方を引き起こす。バイオマス供給原料を高炭素材料に変えるための種々の変換技術が存在する。周知の変換技術のほとんどは、何らかの形の熱分解を利用する。

【０００８】

熱分解は、酸化剤（空気もしくは酸素）が完全に存在しないか、または酸化が相当程度まで生じないような限られた供給で、固形物の熱変換のためのプロセスである。プロセス条件および添加剤に応じて、バイオマス熱分解は、非常に様々な量の気体、液体、および固体を生成するように調整できる。低い処理温度および長い蒸気の滞留時間は、固体の生成に有利に働く。高い温度および長い滞留時間は、バイオマスの合成ガスへの変換を増大させるが、適温および短い蒸気の滞留時間は、一般に、液体の生成に最適である。最近では、バイオマスを高品質の合成ガスおよび／または液体燃料の前駆物質としての液体に変換するための熱分解および関連プロセスに多くの関心が集まっている。

【０００９】

他方、特に、高炭素試薬としての固形物の収率および品質を最適化するための熱分解処理の改善にはあまり関心が寄せられていない。歴史的に、木材の低速熱分解は、排出制御することなく、大量に、単純なバッチプロセスで実行されてきた。従来型の製炭技術は、高度に汚染するだけでなく、エネルギー能率が悪い。明らかに、エネルギーバランスを管理し、かつ排出を制御しながら、高品質炭素の持続的な商業用製造のためのかかるプロセスの拡大に対する経済的および現実的な課題がある。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】
【００１０】
いくつかの変形形態では、本発明は、高炭素生体試薬を生成するためのプロセスを提供し、そのプロセスは、
（ａ）バイオマスを含む炭素含有供給原料を供給すること、
（ｂ）任意選択で、供給原料内に含まれている水分の少なくとも一部を除去するために、供給原料を乾燥させること、
（ｃ）任意選択で、供給原料内に含まれている格子間酸素の少なくとも一部を、もしあれば、除去するために、供給原料または乾燥させた供給原料を脱気すること、
（ｄ）熱分解ゾーン内で、熱い熱分解固形物、凝縮性蒸気、および不凝縮ガスを生成するために、実質的に不活性なガスの存在下で少なくとも約１０分間、約２５０℃～約７００℃から選択された熱分解温度で、供給原料を熱分解すること、
（ｅ）凝縮性蒸気の少なくとも一部および不凝縮ガスの少なくとも一部を熱い熱分解固形物から分離すること、
（ｆ）冷却ゾーン内で、温かい熱分解固形物を生成するために、実質的に不活性なガスの存在下で少なくとも約５分間、熱分解温度より低い冷却ゾーン温度で、熱い熱分解固形物を冷却すること、
（ｇ）冷却ゾーンとは別個の任意選択の冷却装置内で、冷たい熱分解固形物を生成するために、温かい熱分解固形物をさらに冷却すること、ならびに、
（ｈ）温かいか、または冷たい熱分解固形物の少なくとも一部を含む高炭素生体試薬を回収すること
を含む。
【００１１】
本明細書では、「反応装置（ｒｅａｃｔｏｒ）」という用語は、その中で、大気条件および温度条件が制御でき、また、物理的反応および／または化学反応が起こり得る、個別のユニットを指す。本コンテキストにおいて「ゾーン」という用語は、反応装置内の他のゾーンに対して、温度条件および大気条件が制御できる反応装置内の領域を指す。
【００１２】
本明細書では、「バイオマス処理ユニット（ｂｉｏｍａｓｓ　ｐｒｏｃｅｓｓｉｎｇ　ｕｎｉｔ）」という用語は、以下でさらに詳細に説明するように、複数のゾーンを含む反応装置を指す。様々な実施形態では、バイオマス処理ユニット（「ＢＰＵ」）は、原料、処理の異なる段階における供給原料、気体、凝縮物副生成物、および熱を、様々な反応装置およびゾーンから、他の反応装置またはゾーン、材料供給システム、炭素回収ユニット、および本明細書に記述するシステムの任意の他の予定されるコンポーネントに移すように構成された複数の出力通路を含む。一実施形態では、原料が、ＢＰＵの各々のゾーンを通過した後、原料が炭化される。
【００１３】
本明細書では、「炭化（ｃａｒｂｏｎｉｚａｔｉｏｎ）」という用語は、所与の量のバイオマス内の炭素含有量が増加することを意味する。炭化は、実例として、非炭素含有の材料をバイオマスから減らし、「高炭素生体試薬（ｈｉｇｈ－ｃａｒｂｏｎ　ｂｉｏｇｅｎｉｃ　ｒｅａｇｅｎｔ）」を形成するために炭素原子をバイオマスまたは両方に追加することによって達成できる。
【００１４】
以下で説明するように、様々な複数ゾーンＢＰＵ実施形態は、単一の反応装置を含み、また、様々な複数ゾーンＢＰＵ実施形態は、２つ以上の別個の反応装置も含み得る。以下で説明する他の実施形態は、複数の別個の反応装置を含み、各反応装置は少なくとも１つのゾーンを有することが理解されよう。本開示のために、全ての単一反応装置の複数ゾーンＢＰＵ実施形態に関連して説明される、特性、原理、代替手段、および実施形態は、全ての複数の別個の反応装置実施形態に同様に適用され、逆もまた同様である。
【００１５】

いくつかの実施形態では、プロセスは、供給原料内に含まれている水分の少なくとも一部を除去するために供給原料を乾燥させることを含む。これらまたは他の実施形態では、プロセスは、供給原料内に含まれている格子間酸素の少なくとも一部を除去するために、供給原料を脱気することを含む。

【００１６】

本プロセスは、ステップ（ｄ）の前に、予熱ゾーン内で、実質的に不活性なガスの存在下で少なくとも約５分間、約８０℃～約５００℃から選択されたか、または約３００℃～約４００℃から選択された予熱温度で、供給原料を予熱することをさらに含む。

【００１７】

いくつかの実施形態では、熱分解温度は、約４００℃～約６００℃から選択される。いくつかの実施形態では、ステップ（ｄ）における熱分解は、少なくとも２０分間実行される。冷却ゾーン温度は、例えば、約１５０℃～約３５０℃から選択され得る。

【００１８】

熱分解条件は、ある生成物用途に対してそうすることが望ましい場合、高炭素生体試薬の供給原料に対する構造的整合性または機械的強度を維持するために選択され得る。

【００１９】

いくつかの実施形態では、ゾーンの各々は、単一の反応装置またはＢＰＵ内に配置される。他の実施形態では、ゾーンの各々は、別個のＢＰＵまたは反応装置内に配置される。いくつかの実施形態は、１つまたは複数のＢＰＵを含み、各々は、少なくとも１つのゾーンを含むことが理解されよう。

【００２０】

実質的に不活性なガスは、N_2、Ａｒ、ＣＯ、CO_2、H_2、CH_4、およびそれらの組合せから成るグループから選択され得る。実質的に不活性なガスのいくつかは、ステップ（ｅ）から再利用された１つまたは複数の不凝縮ガス種（例えば、ＣＯおよびCO_2）を含み得る。いくつかの実施形態では、熱分解ゾーンおよび冷却ゾーンの各々は、約１ｗｔ％以下の酸素など、５ｗｔ％未満の酸素を含む気相を含む。

【００２１】

プロセスは、連続的、半連続的、またはバッチであり得る。いくつかの連続的または半連続的な実施形態では、不活性ガス流は、固体流の方向に対して実質的に向流である。他の連続的または半連続的な実施形態では、不活性ガス流は、固体流の方向に対して実質的に並流である。

【００２２】

いくつかの実施形態では、プロセスは、２つ以上の反応ガスプローブ（ｒｅａｃｔｉｏｎ　ｇａｓ　ｐｒｏｂｅ）など、少なくとも１つの反応ガスプローブでプロセスを監視および制御することを含む。プロセスを監視および制御することは、プロセスのエネルギー効率を向上できる。プロセスを監視および制御することは、炭素含有量、エネルギー含有量、構造的整合性、または機械的強度など（しかし、それらに限定されない）、高炭素生体試薬に関連した生成物特質も改善できる。

【００２３】

プロセスは、凝縮性蒸気および非凝縮性蒸気の少なくとも一部の、酸素含有ガスとの熱酸化（すなわち、燃焼）をさらに含む。熱酸化は、天然ガスの燃焼に関連し得る。熱酸化から生成された熱は、供給原料を乾燥させるために、少なくとも一部が利用され得る。その上、熱酸化から生成された熱は、熱分解ゾーンなどの、ゾーンまたは反応装置の１つに入る前に、実質的に不活性なガスを加熱するために、少なくとも一部が利用され得る。

【００２４】

本プロセスは、高炭素生体試薬の炭素含有量を増加させるために、蒸気の少なくとも一部を冷却された熱分解固形物と結合することをさらに含み得る。代替または追加として、本プロセスは、高炭素生体試薬の炭素含有量を増加させるために、凝縮性蒸気の少なくとも一部を温かい熱分解固形物と結合することをさらに含み得る。

【００２５】

凝縮性蒸気は、次いで、高炭素生体試薬の炭素含有量を増加させるために、プロセス内（熱酸化によるなど）または炭素濃縮におけるエネルギー用のいずれかで使用され得る。ＣＯまたはCH_4などの、ある不凝縮ガスは、プロセス内のエネルギー用、または熱分解ステップ用の実質的に不活性なガスの一部としてのいずれかで利用され得る。

【００２６】

いくつかの実施形態では、本プロセスは、酸、塩基、またはそれらの塩から選択された少なくとも１つの添加剤を導入することをさらに含む。添加剤は、水酸化ナトリウム、水酸化カリウム、酸化マグネシウム、臭化水素酸、塩化水素、ケイ酸ナトリウム、過マンガン酸カリウム、およびそれらの組合せから成るグループから選択され得る（が、それらに限定されない）。

【００２７】

いくつかの実施形態では、本プロセスは、金属、金属酸化物、金属水酸化物、金属ハロゲン化物、およびそれらの組合せから成るグループから選択された少なくとも１つの添加剤を導入することをさらに含む。添加剤は、マグネシウム、マンガン、アルミニウム、ニッケル、クロム、ケイ素、ホウ素、セリウム、モリブデン、リン、タングステン、バナジウム、ハロゲン化鉄、塩化鉄、臭化鉄、酸化マグネシウム、ドロマイト、ドロマイト石灰、蛍石（ｆｌｕｏｒｉｔｅ）、ホタル石（ｆｌｕｏｒｓｐａｒ）、ベントナイト、酸化カルシウム、石灰、およびそれらの組合せから成るグループから選択され得る（が、それらに限定されない）。

【００２８】

添加剤は、供給原料が収穫される前または後の任意の時に供給原料自体へ加えることを含めて、本プロセスの任意の１つもしくは複数のステップの前、ステップ中、またはステップ後に追加され得る。添加剤は、例えば、ステップ（ｂ）の前もしくはその間、ステップ（ｄ）の前もしくはその間、ステップ（ｆ）の間、ステップ（ｇ）の間、ステップ（ｆ）とステップ（ｇ）との間、またはステップ（ｇ）の後に導入され得る。添加剤は、温かい熱分解固形物に導入され得る。例えば、添加剤は、ステップ（ｇ）で、温かい熱分解固形物の冷却を支援するために、水溶液、蒸気、またはエアロゾルの状態で導入され得る。これらおよび他の実施形態では、添加剤は、その添加剤を含む高炭素生体試薬を形成するために、冷たい熱分解固形物に導入される。

【００２９】

いくつかの実施形態では、本プロセスは、冷たい熱分解固形物よりも高い炭素含有量を有する固体生成物を生成するため、実質的に不活性なガスの存在下で少なくとも約３０分間、約２００℃～約６００℃から選択された熱分解温度で、冷たい熱分解固形物の少なくとも一部をさらなる熱分解のために別個のユニットに導入することをさらに含む。

【００３０】

いくつかの実施形態では、本プロセスは、温かい熱分解固形物を冷却するために冷却装置を操作すること、それにより、冷たい熱分解固形物および過熱蒸気を生成することをさらに含み、乾燥が、少なくとも一部、外部の冷却装置から得られた過熱蒸気で実行される。任意選択で、冷却装置は、まず、温かい熱分解固形物を蒸気で冷却して、第１の冷却装置温度に達し、次いで、空気で冷却して、第２の冷却装置温度に達するように操作され得、第２の冷却装置温度は第１の冷却装置温度より低く、空気の存在下での温かい熱分解固形物に対する低減された燃焼リスクに関連する。

【００３１】

いくつかの変形形態では、本発明は、高炭素生体試薬を生成するためのプロセスを提供し、そのプロセスは、

（ａ）バイオマスを含む炭素含有供給原料（任意選択で、一部または全部の水分が除去された）を提供すること、

（ｂ）熱分解ゾーン内で、熱い熱分解固形物、凝縮性蒸気、および不凝縮ガスを生成するために、実質的に不活性なガスの存在下で少なくとも１０分間、約２５０℃～約７００℃から選択された熱分解温度で、供給原料を熱分解すること、

（ｃ）凝縮性蒸気の少なくとも一部および不凝縮ガスの少なくとも一部を熱い熱分解固形物から分離すること、
（ｄ）冷却ゾーン内で、温かい熱分解固形物を生成するために、実質的に不活性なガスの存在下で少なくとも約５分間、熱分解温度より低い冷却温度で、熱い熱分解固形物を冷却すること、
（ｅ）冷却ゾーンとは別個の任意選択の冷却装置内で、冷たい熱分解固形物を生成するために、温かい熱分解固形物をさらに冷却すること、ならびに、
（ｆ）温かいか、または冷たい熱分解固形物の少なくとも一部を含む高炭素生体試薬を回収すること
を含む。

【００３２】
いくつかの変形形態では、本発明は、高炭素生体試薬を生成するためのプロセスを提供し、そのプロセスは、
（ａ）バイオマスを含む炭素含有供給原料を供給すること、
（ｂ）任意選択で、供給原料内に含まれている水分の少なくとも一部を、もしあれば、除去するために、供給原料を乾燥させること、
（ｃ）任意選択で、供給原料内に含まれている格子間酸素の少なくとも一部を、もしあれば、除去するために、供給原料を脱気すること、
（ｄ）予熱ゾーン内で、実質的に不活性なガスの存在下で少なくとも約５分間、約８０℃～約５００℃から選択された予熱温度で、供給原料を予熱すること、
（ｅ）熱分解ゾーン内で、熱い熱分解固形物、凝縮性蒸気、および不凝縮ガスを生成するために、実質的に不活性なガスの存在下で少なくとも約１０分間、約２５０℃～約７００℃から選択された熱分解温度で、供給原料を熱分解すること、
（ｆ）凝縮性蒸気の少なくとも一部および不凝縮ガスの少なくとも一部を熱い熱分解固形物から分離すること、
（ｇ）冷却ゾーン内で、温かい熱分解固形物を生成するために、実質的に不活性なガスの存在下で少なくとも約５分間、熱分解温度より低い冷却ゾーン温度で、熱い熱分解固形物を冷却すること、
（ｈ）冷却ゾーンとは別個の任意選択の冷却装置内で、冷たい熱分解固形物を生成するために、温かい熱分解固形物をさらに冷却すること、ならびに、
（ｉ）温かいか、または冷たい熱分解固形物の少なくとも一部を含む高炭素生体試薬を回収することを含み、
そのプロセスは、プロセス内のどこかで（すなわち、任意の１つもしくは複数の場所または回数）少なくとも１つの添加剤を導入することをさらに含む。

【００３３】
いくつかの変形形態では、本発明は、高炭素生体試薬を生成するためのプロセスを提供し、そのプロセスは、
（ａ）バイオマスを含む炭素含有供給原料を供給すること、
（ｂ）任意選択で、前記供給原料内に含まれている水分の少なくとも一部を除去するために、前記供給原料を乾燥させること、
（ｃ）任意選択で、前記供給原料または前記乾燥させた供給原料内に含まれている格子間酸素の少なくとも一部を、もしあれば、除去するために、前記供給原料を脱気すること、
（ｄ）熱分解ゾーン内で、熱い熱分解固形物、凝縮性蒸気、および不凝縮ガスを生成するために、実質的に不活性なガスの存在下で少なくとも約１０分間、約２５０℃～約７００℃から選択された熱分解温度で、前記供給原料を熱分解すること、
（ｅ）前記凝縮性蒸気の少なくとも一部および前記不凝縮ガスの少なくとも一部を前記熱い熱分解固形物から分離すること、
（ｆ）任意選択の冷却ゾーン内で、温かい熱分解固形物を生成するために、前記実質的に不活性なガスの存在下で少なくとも５分間、前記熱分解温度より低い冷却ゾーン温度で

、前記熱い熱分解固形物をさらに冷却すること、
（ｇ）前記冷却ゾーンから分離されている冷却装置内で、冷たい熱分解固形物を生成するために、温かいか、または冷たい熱分解固形物を冷却すること、
（ｈ）前記冷たい熱分解固形物の少なくとも一部を含む高炭素生体試薬を回収すること、ならびに
（ｉ）前記高炭素生体試薬から微粉（ｆｉｎｅ　ｐｏｗｄｅｒ）を形成することを含み、そのプロセスは、ステップ（ｉ）の前、ステップ（ｉ）の間、またはステップ（ｉ）の後に、少なくとも１つの添加剤をそのプロセスに導入することを任意選択で含む。
【００３４】
高炭素生体試薬は、供給原料内に含有されている炭素の少なくとも５０％または少なくとも７０％など、供給原料内に含有されている炭素の少なくとも３５％を含み得る。いくつかの実施形態では、高炭素生体試薬は、供給原料に含有されている炭素の約４０％～７０％の間を含む。
【００３５】
いくつかの実施形態では、添加剤は、ステップ（ｄ）の前またはその間に、乾燥させた供給原料に導入されるが、本プロセス内での添加剤の存在は、添加剤を導入しない、その他の点では同一のプロセスと比較して、高炭素生体試薬の炭素含有量を増加させる。
【００３６】
高炭素生体試薬は、無水ベースで少なくとも５５ｗｔ％の炭素、例えば、無水ベースで少なくとも５５ｗｔ％、６０ｗｔ％、６５ｗｔ％、７０ｗｔ％、７５ｗｔ％、８０ｗｔ％、９０ｗｔ％、９５ｗｔ％、またはそれ以上などの炭素を含み得る。全炭素は、固定炭素を含み、揮発性物質からの炭素も含み得る。いくつかの実施形態では、高炭素生体試薬は、無水ベースで少なくとも９０ｗｔ％または少なくとも９５ｗｔ％の固定炭素を含む。
【００３７】
高炭素生体試薬は、無水ベースで少なくとも１１，０００Ｂｔｕ／ｌｂ、例えば、無水ベースで少なくとも１２，０００Ｂｔｕ／ｌｂ、少なくとも１３，０００Ｂｔｕ／ｌｂ、少なくとも１４，０００Ｂｔｕ／ｌｂ、少なくとも１４，５００Ｂｔｕ／ｌｂ、または少なくとも１４，７００Ｂｔｕ／ｌｂなどのエネルギー含有量を有し得る。
【００３８】
高炭素生体試薬は、微粉化によって微粉に形成され得る。代替として、または連続して、高炭素生体試薬は、圧縮、結合、ペレット化、または凝集によって構造物に形成され得る。いくつかの実施形態では、高炭素生体試薬は、その構造および／または強度が実質的に供給原料に由来する、構造物の形である。いくつかの実施形態では、高炭素生体試薬は、実質的に供給原料と同じ構造形態である。
【００３９】
本発明の他の変形形態は、高炭素生体試薬生成システムを提供し、そのシステムは、
（ａ）炭素含有供給原料を導入するように構成された材料供給システム、
（ｂ）材料供給システムと動作可能に連通して配置され、炭素含有供給原料内に含まれる水分を除去するように構成された、任意選択の乾燥装置、
（ｃ）材料供給システムまたは乾燥装置（もし存在すれば）と動作可能に連通して配置されている、バイオマス処理ユニットであって、そのバイオマス処理ユニットが、空間的に分離された冷却ゾーンと動作可能に連通して配置されている少なくとも１つの熱分解ゾーンを含み、また、そのバイオマス処理ユニットが、凝縮性蒸気および不凝縮ガスを固形物から除去するための排出口とともに構成されている、バイオマス処理ユニット、
（ｄ）バイオマス処理ユニットと動作可能に連通して配置されている、冷却装置、ならびに
（ｅ）冷却装置と動作可能に連通して配置されている、高炭素生体試薬回収装置
を備える。
【００４０】
乾燥装置は、もし存在すれば、ＢＰＵ内の乾燥ゾーンとして構成され得る。いくつかの

実施形態では、システムは、システムから酸素を除去するためのパージシステム（ｐｕｒｇｉｎｇ　ｓｙｓｔｅｍ）をさらに含む。パージシステムは、実質的に不活性なガスを導入するための１つまたは複数の吸気口、ならびに実質的に不活性なガスおよび置換された酸素を固形物から除去するための１つまたは複数の排出口を含み得る。パージシステムは、材料供給システム（または、もし存在すれば、乾燥装置）とＢＰＵとの間に配置された脱気装置（ｄｅａｅｒａｔｅｒ）であり得る。

【００４１】

任意選択で、システムは、熱分解ゾーンと動作可能に連通して配置された、予熱ゾーンを含み得る。

【００４２】

少なくとも１つの熱分解ゾーン、冷却ゾーン、および予熱ゾーン（もし存在すれば）の各々は、単一のユニットまたは別々のユニット内に配置され得る。材料供給システムは、ＢＰＵと物理的に統合され得る。いくつかの実施形態では、冷却装置はＢＰＵ内に配置される。

【００４３】

システムは、任意の前述した添加剤などの、添加剤をシステムに導入するための１つまたは複数の添加剤供給装置をさらに含み得る。いくつかの実施形態では、添加剤供給装置は、添加剤を炭素含有供給原料と結合するように構成されている。添加剤供給装置は、材料供給システム（バイオマス用）とＢＰＵとの間に挿入され得る。添加剤供給装置は、ＢＰＵと動作可能に連通して配置され得る。添加剤供給装置は、冷却装置と動作可能に連通して配置され得る。添加剤供給装置は、冷却装置と炭素回収ユニットとの間に挿入され得る。添加剤供給装置は、炭素回収ユニットの下流を含めて、炭素回収ユニットと動作可能に連通して配置され得る。

【００４４】

ＢＰＵは、第１のガス注入口および第１のガス排出口とともに構成され得る。第１のガス注入口および第１のガス排出口は、異なるゾーン、または同一のゾーンと連通して配置され得る。様々な実施形態では、ＢＰＵは、第２のガス注入口、第２のガス排出口、第３のガス注入口、第３のガス排出口、第４のガス注入口、および第４のガス排出口のうちの任意の１つまたは複数とともに構成される。任意選択で、ＢＰＵ内に存在する各ゾーンは、ガス注入口およびガス排出口とともに構成される。ガス注入口およびガス排出口は、蒸気またはガスの導入および回収を可能にするだけでなく、プロセスの様々な段階にわたる緻密なプロセス監視および制御も可能にして、収率および効率の改善をもたらす。

【００４５】

いくつかの実施形態では、固相（例えば、供給原料）に対して、気相の実質的に対向する流れを生成するため、冷却ゾーンは、ガス注入口とともに構成され、熱分解ゾーンは、ガス排出口とともに構成される。他の実施形態では、固相に対して気相の実質的に対向する流れを生成するために、冷却ゾーンは、ガス注入口とともに構成され、予熱ゾーンは、ガス排出口とともに構成される。これらおよび他の実施形態では、固相に対して気相の実質的に対向する流れを生成するために、冷却ゾーンは、ガス注入口とともに構成され、乾燥ゾーンは、ガス排出口とともに構成される。

【００４６】

システムは、熱分解ゾーンおよび、ＧＣ、ＭＳ、ＧＣ－ＭＳ、またはＦＴＩＲなどの（しかし、それらに限定されない）、ガス監視装置と動作可能に連通して配置された第１の反応ガスプローブをさらに含み得る。いくつかの実施形態では、システムは、冷却ゾーン、および、ガス監視装置または異なるタイプの器具であり得る第２のガス監視装置と動作可能に連通して配置された第２の反応ガスプローブをさらに含み得る。システムは、乾燥ゾーン（もし存在すれば）および／または予熱ゾーン（もし存在すれば）、ならびにガス監視装置と動作可能に連通して配置された追加の反応ガスプローブをさらに含み得る。反応ガスプローブが含まれる場合、システムは、システム設定値（熱分解温度または不活性ガスの流量など）を調整するため、ガス監視装置からの出力を利用するために実行可能な

少なくとも１つのコンピュータプログラムされたコントローラをさらに含み得る。
【００４７】
いくつかの実施形態では、システムは、凝縮性蒸気および不凝縮ガスを除去するために排出口と動作可能に連通して配置されたプロセスガス加熱器をさらに含み得るが、プロセスガス加熱器は、別個の燃料および酸化剤を、燃料および凝縮性蒸気の少なくとも一部の燃焼に適合された、燃焼室に導入するように構成されている。
【００４８】
システムは、プロセスガス加熱器と乾燥装置との間に配置され、乾燥装置のために燃焼熱の少なくとも一部を利用するように構成された、熱交換器を含み得る。代替または追加として、システムは、プロセスガス加熱器とＢＰＵのためのガス注入口との間に配置され、ＢＰＵに導入する前に実質的に不活性なガスを予熱するため、燃焼熱の少なくとも一部を利用するように構成された、熱交換器を含み得る。
【００４９】
いくつかの実施形態では、システムは、冷却装置またはＢＰＵと動作可能に連通して配置され、炭素回収ユニットから取得された高炭素生体試薬の炭素含有量を増加させるために、非凝縮性蒸気および／または、完全にもしくは少なくとも部分的に凝縮した形態の凝縮性蒸気を含め、蒸気を固体と結合するように構成された、炭素濃縮ユニットをさらに含み得る。
【００５０】
様々な実施形態では、システムは、ＢＰＵからガスを抽出して再利用するため、および／または炭素回収ユニットからガスを抽出して再利用するために構成される。
【００５１】
いくつかの実施形態では、システムは、その炭素含有量をさらに増加させるために、高炭素生体試薬をさらに熱分解するように適合された別個の熱分解装置をさらに含み得る。
【００５２】
他の変形形態は、高炭素生体試薬生成システムを提供し、そのシステムは、
（ａ）炭素含有供給原料を導入するように構成された材料供給システム、
（ｂ）材料供給システムと動作可能に連通して配置され、炭素含有供給原料内に含まれる水分を除去するように構成された、任意選択の乾燥装置、
（ｃ）材料供給システムまたは乾燥装置（もし存在すれば）と動作可能に連通して配置され、供給原料を加熱するか、かつ／または適度に熱分解するように構成された、予熱器、
（ｄ）予熱器と動作可能に連通して配置され、供給原料を熱分解するように構成された、熱分解反応装置、
（ｅ）熱分解反応装置と動作可能に連通して配置され、熱分解固形物を冷却するように構成された、冷却装置、ならびに
（ｆ）冷却装置と動作可能に連通して配置されている、高炭素生体試薬回収装置
を含み、
そのシステムは、実質的に不活性なガスを反応装置に導入するための少なくとも１つのガス注入口、ならびに凝縮性蒸気および不凝縮ガスを反応装置から除去するための少なくとも１つのガス排出口とともに構成されている。
【００５３】
システムは、材料供給システムまたは乾燥装置（もし存在すれば）と予熱器との間に配置された脱気装置を含み得る。システムは、所望であれば、少なくとも２つのガス注入口および少なくとも２つのガス排出口とともに構成され得る。
【００５４】
いくつかの実施形態では、固相に対して気相の実質的に対向する流れを生成するために、熱分解反応装置および／または冷却装置は、ガス注入口（または複数）とともに構成され、乾燥装置（もし存在すれば）および／または予熱器は、ガス排出口とともに構成される。

【００５５】
システムは、いくつかの実施形態では、凝縮性蒸気および不凝縮ガスを除去するために、少なくとも１つのガス排出口と動作可能に連通して配置された、プロセスガス加熱器をさらに含む。プロセスガス加熱器は、別個の燃料および酸化剤を、燃料および凝縮性蒸気の少なくとも一部の燃焼に適合された、燃焼室に導入するように構成され得る。
【００５６】
システムは、乾燥装置のために燃焼熱の少なくとも一部を利用するように構成された、プロセスガス加熱器と乾燥装置との間に配置された熱交換器を含み得る。システムは、熱分解反応装置に導入する前に実質的に不活性なガスを予熱するために、燃焼熱の少なくとも一部を利用するように構成された、プロセスガス加熱器とＢＰＵのためのガス注入口との間に配置された熱交換器を含み得る。
【００５７】
ある変形形態は、供給原料注入口、各反応装置内で別々に温度を制御して混合するために構成された複数の空間的に分離された反応装置、および炭素質固体排出口を含む、バイオマス熱分解連続反応装置を提供し、反応装置のうちの１つが、実質的に不活性なガスをその反応装置に導入するための第１のガス注入口とともに構成されていて、反応装置のうちの１つが、第１のガス排出口とともに構成されている。
【００５８】
いくつかの実施形態では、ＢＰＵは、少なくとも２つ、３つ、または４つのゾーンを含む。ゾーンの各々は、別々に調整可能な間接加熱手段と連通して配置され得るが、その各々は、電気熱伝達、蒸気熱伝達、熱油熱伝達、廃熱伝達、およびそれらの組合せから成るグループから独立して選択される。
【００５９】
ＢＰＵは、少なくとも２つのゾーンの気相組成および気相滞留時間を別々に調整するために構成され得る。いくつかの実施形態では、ＢＰＵは、ＢＰＵ内に存在する全てのゾーンの気相組成および気相滞留時間を別々に調整するために構成され得る。
【００６０】
いくつかの実施形態では、ＢＰＵは、第２のガス注入口および／または第２のガス排出口とともに構成される。ある実施形態では、ＢＰＵは、各ゾーン内のガス注入口および／または各ゾーン内のガス排出口とともに構成される。いくつかの実施形態では、ＢＰＵは、向流反応装置である。
【００６１】
材料供給システムは、スクリュー、オーガー（ａｕｇｅｒ）、落下室（ｄｒｏｐ　ｃｈａｍｂｅｒ）、およびドラム材料供給システム（ｄｒｕｍ　ｍａｔｅｒｉａｌ　ｆｅｅｄ　ｓｙｓｙｔｅｍ）から成るグループから選択された供給機構を含み得る。炭素質固体排出口は、スクリュー、オーガー、落下室、およびドラム材料供給システムから成るグループから選択された出力機構を含み得る。ＢＰＵは、各ゾーンにわたって配置された単一のオーガーを含み得る。
【００６２】
いくつかの実施形態では、反応装置の各々は、固形物の撹拌を提供するために、内壁上に配置されたフライト（ｆｌｉｇｈｔ）とともに構成される。フライトは、各々のゾーン内で別々に調整可能であり得る。ＢＰＵは、いくつかの実施形態では、軸方向に回転可能なＢＰＵである。
【００６３】
本発明のさらに別の変形形態は、高炭素生体試薬を生成するためのプロセスを提供し、そのプロセスは、
（ａ）バイオマスを含む炭素含有供給原料を供給すること、
（ｂ）供給原料内に含まれている水分の少なくとも一部を除去するために、任意選択で供給原料を乾燥させること、
（ｃ）任意選択で、供給原料内に含まれている格子間酸素の少なくとも一部を、もしあ

れば、除去するために、供給原料を脱気すること、
（ｄ）熱分解ゾーン内で、熱い熱分解固形物、凝縮性蒸気、および不凝縮ガスを生成するために、実質的に不活性なガスの存在下で少なくとも約１０分間、約２５０℃～約７００℃から選択された熱分解温度で、供給原料を熱分解すること、
（ｅ）凝縮性蒸気の少なくとも一部および不凝縮ガスの少なくとも一部を熱い熱分解固形物から分離すること、
（ｆ）冷却ゾーン内で、温かい熱分解固形物を生成するために、実質的に不活性なガスの存在下で少なくとも約５分間、熱分解温度より低い冷却温度で、熱い熱分解固形物を冷却すること、
（ｇ）任意選択で、冷たい熱分解固形物を生成するために、温かい熱分解固形物を別個の冷却装置内で冷却すること、
（ｈ）その後、炭素含有量が増加した濃縮された熱分解固形物を形成するために、ステップ（ｅ）からの凝縮性蒸気の少なくとも一部および／または不凝縮ガスの少なくとも一部が、温かい熱分解固形物および／または冷たい熱分解固形物を通過すること、ならびに、
（ｉ）濃縮された熱分解固形物の少なくとも一部を含む高炭素生体試薬を回収することを含む。

【００６４】
いくつかの実施形態では、ステップ（ｈ）は、炭素および／またはエネルギー含有量が増加した濃縮された熱分解固形物を生成するために、ステップ（ｅ）からの凝縮性蒸気の少なくとも一部が、蒸気および／または凝縮された形態で、温かい熱分解固形物を通過することを含む。これらおよび他の実施形態では、ステップ（ｈ）は、炭素および／またはエネルギー含有量が増加した濃縮された熱分解固形物を生成するために、ステップ（ｅ）からの不凝縮ガスの少なくとも一部が温かい熱分解固形物を通過することを含む。

【００６５】
いくつかの実施形態では、ステップ（ｈ）は、炭素および／またはエネルギー含有量が増加した濃縮された熱分解固形物を生成するために、ステップ（ｅ）からの凝縮性蒸気の少なくとも一部が、蒸気および／または凝縮された形態で、冷たい熱分解固形物を通過することを含む。これらおよび他の実施形態では、ステップ（ｈ）は、炭素および／またはエネルギー含有量が増加した濃縮された熱分解固形物を生成するために、ステップ（ｅ）からの不凝縮ガスの少なくとも一部が冷たい熱分解固形物を通過することを含む。

【００６６】
いくつかの実施形態では、ステップ（ｈ）は、炭素および／またはエネルギー含有量が増加した濃縮された熱分解固形物を生成するために、ステップ（ｅ）からの凝縮性蒸気の実質的に全部が、蒸気および／または凝縮された形態で、冷たい熱分解固形物を通過することを含む。これらおよび他の実施形態では、ステップ（ｈ）は、炭素および／またはエネルギー含有量が増加した濃縮された熱分解固形物を生成するために、ステップ（ｅ）からの不凝縮ガスの実質的に全部が冷たい熱分解固形物を通過することを含む。

【００６７】
エネルギーが、プロセスで使用するために、凝縮性蒸気、不凝縮ガス、またはその両方から回収され得る。エネルギーは、これらのストリームとの熱交換を通して回収され得る。任意選択で、凝縮性蒸気および不凝縮ガスの一方または両方が、燃焼され得、燃焼熱がプロセス使用のために回収され得る。

【００６８】
プロセスは、ステップ（ｅ）から取得された、凝縮性蒸気の少なくとも一部および不凝縮ガスの少なくとも一部を含む中間供給ストリームを、少なくとも第１および第２の出力ストリームを生成するように構成された分離ユニットに導入することをさらに含み得る。中間供給ストリームは、ある実施形態では、凝縮性蒸気の全部および／または不凝縮ガスの全部を含み得る。第２の出力ストリームの一部は、単独で、または不活性ガス（例えば、N_2）の別の供給源と組み合わせて、熱分解装置内で実質的に不活性なガスとして使用

するためにステップ（ｄ）に再循環され得る。
【００６９】
第１および第２の出力ストリームは、例えば、相対揮発度に基づいて分離され得る。いくつかの実施形態では、第１の出力ストリームは、凝縮性蒸気（例えば、テルペン、アルコール、酸、アルデヒド、またはケトン）から成り得、第２の出力ストリームは、不凝縮ガス（例えば、一酸化炭素、二酸化炭素、およびメタン）から成り得る。
【００７０】
第１および第２の出力ストリームは、相対極性に基づいて分離され得る。これらの実施形態では、第１の出力ストリームは、極性化合物（例えば、メタノール、フルフラール、および酢酸）から成り得、第２の出力ストリームは、非極性化合物（例えば、一酸化炭素、二酸化炭素、メタン、テルペン、およびテルペン誘導体）から成り得る。
【００７１】
いくつかの実施形態では、ステップ（ｈ）は、高炭素生体試薬の全炭素含有量、固定炭素含有量、および／またはエネルギー含有量を、ステップ（ｈ）のない、その他の点では同一のプロセスに比べて、増加させる。いくつかの実施形態では、ステップ（ｈ）は、高炭素生体試薬の固定炭素含有量を、ステップ（ｈ）のない、その他の点では同一のプロセスに比べて、増加させる。
【００７２】
本発明は、任意の炭素含有材料の炭素および／またはエネルギー含有量を増加させるための連続プロセスまたはバッチプロセスも提供する。いくつかの変形形態では、高炭素生体試薬を生成するためのプロセスは、
（ａ）出発炭素含有材料を含む固体ストリームを提供すること、
（ｂ）凝縮性炭素含有蒸気、不凝縮炭素含有ガス、または凝縮性炭素含有蒸気と不凝縮炭素含有ガスの混合物を含むガスストリームを提供すること、ならびに
（ｃ）炭素および／またはエネルギー含有量が炭素含有材料に比較して増加した炭素含有生成物を形成するために、ガスストリームを適切な条件下で固体ストリームを通過させること
を含む。
【００７３】
いくつかの実施形態では、出発炭素含有材料は、熱分解されたバイオマスまたは加熱乾燥されたバイオマスである。ガスストリームは、炭素含有材料を供給する統合プロセス中に取得され得る。あるいは、ガスストリームは、炭素含有材料の別個の処理から取得され得る。ガスストリーム、またはその一部は、外部の供給源から取得され得る。様々な供給源からの、ガスストリームの混合物、ならびに、炭素含有材料の混合物が可能である。
【００７４】
いくつかの実施形態では、プロセスは、炭素含有生成物の炭素および／またはエネルギー含有量をさらに増加させるためにプロセスを繰り返すため、ガスストリームを再循環させること、または再利用することをさらに含む。いくつかの実施形態では、プロセスは、炭素含有材料とは異なる別の供給原料の炭素および／またはエネルギー含有量を増加させるためにプロセスを実行するため、ガスストリームを再循環させること、または再利用することをさらに含む。
【００７５】
本プロセスは、ガスストリームを、少なくとも第１および第２の出力ストリームを生成するように構成された分離ユニットに導入することを含み得、そのガスストリームは、凝縮性炭素含有蒸気と不凝縮炭素含有ガスの混合物を含む。第１および第２の出力ストリームは、例えば、相対揮発度または相対極性に基づいて分離され得る。
【００７６】
いくつかの実施形態では、炭素含有生成物は、炭素含有材料よりも高い全炭素含有量および／または固定炭素含有量および／または揮発性炭素含有量を有する。いくつかの実施形態では、炭素含有生成物は、炭素含有材料よりも高いエネルギー含有量を有する。

【００７７】
高炭素生体試薬生成システムも提供され、そのシステムは、
（ａ）炭素含有供給原料を導入するように構成された材料供給システム、
（ｂ）材料供給システムと動作可能に連通して配置され、炭素含有供給原料内に含まれる水分を除去するように構成された、任意選択の乾燥装置、
（ｃ）材料供給システムまたは乾燥装置（もし存在すれば）と動作可能に連通して配置されたＢＰＵであって、そのＢＰＵが、空間的に分離された冷却ゾーンと動作可能に連通して配置された少なくとも１つの熱分解ゾーンを含み、また、そのＢＰＵが、凝縮性蒸気および不凝縮ガスを固形物から除去するための排出口とともに構成されている、ＢＰＵ、
（ｄ）ＢＰＵと動作可能に連通して配置されている、任意選択の冷却装置、
（ｅ）ＢＰＵまたは冷却装置（もし存在すれば）と動作可能に連通して配置され、炭素含有量が増加した濃縮された固形物を形成するために、凝縮性蒸気および／または不凝縮ガスが固形物を通過するように構成された、材料濃縮ユニット、ならびに
（ｆ）材料濃縮ユニットと動作可能に連通して配置されている、炭素回収ユニット
を備える。
【００７８】
いくつかの実施形態では、システムは、熱分解ゾーンと動作可能に連通して配置された、予熱ゾーンをさらに含む。熱分解ゾーン、冷却ゾーン、および予熱ゾーン（もし存在すれば）の各々は、単一のユニット内、または別個のユニット内に配置され得る。乾燥装置は、もし存在すれば、ＢＰＵ内の乾燥ゾーンとして構成され得る。
【００７９】
固相に対して気相の実質的に対向する流れを生成するために、冷却ゾーンは、ガス注入口とともに構成され得、熱分解ゾーンは、ガス排出口とともに構成され得る。固相に対して気相の実質的に対向する流れを生成するために、冷却ゾーンは、ガス注入口とともに構成され得、予熱ゾーンおよび／または乾燥ゾーンは、ガス排出口とともに構成される。
【００８０】
ある実施形態では、材料濃縮ユニットは、
（ｉ）上部および下部を有するハウジング、
（ｉｉ）凝縮性蒸気および不凝縮ガスを搬送するように構成された、ハウジングの下部の底面にある注入口、
（ｉｉｉ）凝縮性蒸気および不凝縮ガスから得られた濃縮されたガスストリームを搬送するように構成された、ハウジングの上部の上面にある排出口、
（ｉｖ）ハウジングの上部と下部との間に画定された経路、ならびに
（ｖ）経路に続く輸送システムであって、その輸送システムが固形物を搬送するように構成され、固形物が凝縮性蒸気の少なくとも一部および／または不凝縮ガスの少なくとも一部を吸着するように、ハウジングが成形されている、輸送システム
を備える。
【００８１】
本発明は、様々な生成物および組成物も提供する。いくつかの変形形態では、高炭素生体試薬が、
（ａ）バイオマスを含む炭素含有供給原料を供給すること、
（ｂ）供給原料内に含まれている水分の少なくとも一部を除去するために、任意選択で供給原料を乾燥させること、
（ｃ）任意選択で、供給原料内に含まれている格子間酸素の少なくとも一部を、もしあれば、除去するために、供給原料を脱気すること、
（ｄ）熱分解ゾーン内で、熱い熱分解固形物、凝縮性蒸気、および不凝縮ガスを生成するために、実質的に不活性なガスの存在下で少なくとも約１０分間、約２５０℃～約７００℃から選択された熱分解温度で、供給原料を熱分解すること、
（ｅ）凝縮性蒸気の少なくとも一部および不凝縮ガスの少なくとも一部を熱い熱分解固形物から分離すること、

（ｆ）冷却ゾーン内で、温かい熱分解固形物を生成するために、実質的に不活性なガスの存在下で少なくとも約５分間、熱分解温度より低い冷却ゾーン温度で、熱い熱分解固形物を冷却すること、
（ｇ）前記冷却ゾーンとは別個の任意選択の冷却装置内で、冷たい熱分解固形物を生成するために、温かい熱分解固形物を冷却すること、ならびに、
（ｈ）温かいか、または冷たい熱分解固形物の少なくとも一部を含む高炭素生体試薬を回収すること
の各ステップを含むプロセスによって生成される。

【００８２】

高炭素生体試薬は、プロセス中に取り込まれた少なくとも１つのプロセス添加剤をさらに含み得る。代替、または追加として、高炭素生体試薬は、そのプロセスに続いて、試薬に取り込まれた少なくとも１つの生成物添加剤をさらに含み得る。

【００８３】

いくつかの実施形態では、プロセス添加剤および／または生成物添加剤は、高炭素生体試薬の炭素含有量および／またはエネルギー含有量を増加させるために選択される。いくつかの実施形態では、プロセス添加剤および／または生成物添加剤は、高炭素生体試薬の前記供給原料に対する構造的整合性または機械的強度を維持するために選択される。添加剤は、生体試薬の使用前に、構造形態を維持するのを支援するのに有用であり得る。

【００８４】

いくつかの実施形態では、高炭素生体試薬は、無水ベースで少なくとも５５ｗｔ％、少なくとも６０ｗｔ％、少なくとも６５ｗｔ％、少なくとも７０ｗｔ％、少なくとも８０ｗｔ％、少なくとも９０ｗｔ％、または少なくとも９５ｗｔ％の全炭素を含み得る。全炭素は、固定炭素および揮発性物質からの炭素を含む。いくつかの実施形態では、揮発性物質からの炭素は、全炭素の少なくとも５％、少なくとも２０％、または少なくとも４０％である。

【００８５】

いくつかの実施形態では、高炭素生体試薬は、無水ベースで約１０ｗｔ％以下、例えば、約５ｗｔ％以下の水素を含む。いくつかの実施形態では、試薬は、無水ベースで約２０ｗｔ％以下、例えば、約１ｗｔ％～約１０ｗｔ％の間の酸素を含む。いくつかの実施形態では、高炭素生体試薬は、無水ベースで約１ｗｔ％以下、例えば、約０．５ｗｔ％以下の窒素を含む。いくつかの実施形態では、試薬は、無水ベースで約０．５ｗｔ％以下、例えば、約０．２ｗｔ％以下のリンを含む。いくつかの実施形態では、高炭素生体試薬は、無水ベースで約０．２ｗｔ％以下、例えば、約０．１ｗｔ％以下の硫黄を含む。

【００８６】

いくつかの実施形態では、高炭素生体試薬は、無水ベースで約１０ｗｔ％以下の不燃物（例えば、灰）を含む。ある実施形態では、高炭素生体試薬は、無水ベースで、約５ｗｔ％以下、または約１ｗｔ％以下の不燃物を含む。高炭素生体試薬は、水分を様々なレベルでさらに含み得る。

【００８７】

高炭素生体試薬は、無水ベースで、少なくとも１１，０００Ｂｔｕ／ｌｂ、少なくとも１２，０００Ｂｔｕ／ｌｂ、少なくとも１３，０００Ｂｔｕ／ｌｂ、少なくとも１４，０００Ｂｔｕ／ｌｂ、または少なくとも１４，５００Ｂｔｕ／ｌｂのエネルギー含有量を有し得る。高炭素生体試薬は、無水ベースで、少なくとも１４，７００Ｂｔｕ／ｌｂのエネルギー含有量および少なくとも９５ｗｔ％の固定炭素含有量を有する。

【００８８】

いくつかの実施形態では、高炭素生体試薬は、無水ベースで、
５５ｗｔ％以上の全炭素；
５ｗｔ％以下の水素；
１ｗｔ％以下の窒素；
０．５ｗｔ％以下のリン；

０．２ｗｔ％以下の硫黄；および
金属、金属酸化物、金属水酸化物、金属ハロゲン化物、またはそれらの組合せから選択された添加剤
を含む。
【００８９】
添加剤は、マグネシウム、マンガン、アルミニウム、ニッケル、クロム、ケイ素、ホウ素、セリウム、モリブデン、リン、タングステン、バナジウム、ハロゲン化鉄、塩化鉄、臭化鉄、酸化マグネシウム、ドロマイト、ドロマイト石灰、蛍石（ｆｌｕｏｒｉｔｅ）、ホタル石（ｆｌｕｏｒｓｐａｒ）、ベントナイト、酸化カルシウム、石灰、およびそれらの組合せから成るグループから選択され得る。
【００９０】
いくつかの実施形態では、高炭素生体試薬は、無水ベースで、
５５ｗｔ％以上の全炭素；
５ｗｔ％以下の水素；
１ｗｔ％以下の窒素；
０．５ｗｔ％以下のリン；
０．２ｗｔ％以下の硫黄；および
酸、塩基、またはその塩から選択された添加剤
を含む。
【００９１】
添加剤は、水酸化ナトリウム、水酸化カリウム、酸化マグネシウム、臭化水素酸、塩化水素、ケイ酸ナトリウム、過マンガン酸カリウム、およびそれらの組合せから成るグループから選択され得る。
【００９２】
ある実施形態では、高炭素生体試薬は、無水ベースで、
５５ｗｔ％以上の全炭素；
５ｗｔ％以下の水素；
１ｗｔ％以下の窒素；
０．５ｗｔ％以下のリン；
０．２ｗｔ％以下の硫黄；
金属、金属酸化物、金属水酸化物、金属ハロゲン化物、またはそれらの組合せから選択された第１の添加剤；ならびに
酸、塩基、またはその塩から選択された第２の添加剤
を含み、
第１の添加剤は第２の添加剤と異なる。
【００９３】
第１の添加剤は、マグネシウム、マンガン、アルミニウム、ニッケル、クロム、ケイ素、ホウ素、セリウム、モリブデン、リン、タングステン、バナジウム、ハロゲン化鉄、塩化鉄、臭化鉄、酸化マグネシウム、ドロマイト、ドロマイト石灰、蛍石（ｆｌｕｏｒｉｔｅ）、ホタル石（ｆｌｕｏｒｓｐａｒ）、ベントナイト、酸化カルシウム、石灰、およびそれらの組合せから成るグループから選択され得、第２の添加剤は、水酸化ナトリウム、水酸化カリウム、酸化マグネシウム、臭化水素酸、塩化水素、ケイ酸ナトリウム、過マンガン酸カリウム、およびそれらの組合せから成るグループから独立して選択され得る。
【００９４】
高炭素生体試薬は、無水ベースで、約５５ｗｔ％、６０ｗｔ％、６５ｗｔ％、７０ｗｔ％、７５ｗｔ％、８０ｗｔ％、８５ｗｔ％、９０ｗｔ％、９５ｗｔ％、またはそれ以上の全炭素を含み得る（全炭素は、固定炭素および揮発性物質に関連した炭素を含む）。
【００９５】
いくつかの実施形態では、試薬は、無水ベースで約４ｗｔ％以下の不燃物など、無水ベースで、約８ｗｔ％以下の不燃物を含む。

【００９６】
高炭素生体試薬は、基本的に、無水ベースで、炭素、水素、酸素、窒素、リン、硫黄、不燃物、ならびにマグネシウム、マンガン、アルミニウム、ニッケル、クロム、ケイ素、ホウ素、セリウム、モリブデン、リン、タングステン、バナジウム、ハロゲン化鉄、塩化鉄、臭化鉄、酸化マグネシウム、ドロマイト、ドロマイト石灰、蛍石（ｆｌｕｏｒｉｔｅ）、ホタル石（ｆｌｕｏｒｓｐａｒ）、ベントナイト、酸化カルシウム、石灰、およびそれらの組合せから成るグループから選択された添加剤から成り得る。水分は存在することも存在しないこともあり得る。
【００９７】
高炭素生体試薬は、基本的に、無水ベースで、炭素、水素、窒素、リン、硫黄、不燃物、ならびに水酸化ナトリウム、水酸化カリウム、酸化マグネシウム、臭化水素酸、塩化水素、ケイ酸ナトリウム、過マンガン酸カリウム、およびそれらの組合せから成るグループから選択された添加剤から成り得る。水分は存在することも存在しないこともあり得る。
【００９８】
高炭素生体試薬は、無水ベースで、少なくとも１１，０００Ｂｔｕ／ｌｂ、少なくとも１２，０００Ｂｔｕ／ｌｂ、少なくとも１３，０００Ｂｔｕ／ｌｂ、少なくとも１４，０００Ｂｔｕ／ｌｂ、または少なくとも１４，５００Ｂｔｕ／ｌｂのエネルギー含有量を有し得る。
【００９９】
高炭素生体試薬は、微粉であり得るか、または構造物の形状であり得る。構造物は、粒子の圧縮、結合、ペレット化、または凝集から生じ得る。いくつかの実施形態では、構造物は、炭素の供給原料源から実質的に得られた構造および／または強度を有する。ある実施形態では、構造物は、炭素の供給原料源と実質的に同じ構造形態である。
【０１００】
高炭素生体試薬のいくつかの実施形態では、炭素の大部分は、再生可能炭素として分類される。高炭素生体試薬に含有されている炭素の実質的に全部は、再生可能炭素として分類され得る。
一つの実施形態において、例えば以下の項目が提供される。
（項目１）
高炭素生体試薬生成システムであって、前記システムが：
（ａ）炭素含有供給原料を導入するように構成された材料供給システムと、
（ｂ）前記材料供給システムと動作可能に連通して配置され、炭素含有供給原料内に含まれる水分を除去するように構成された、任意選択の乾燥装置と、
（ｃ）前記材料供給システムまたは前記乾燥装置（存在する場合）と動作可能に連通して配置されている、複数ゾーン反応装置であって、前記複数ゾーン反応装置が、空間的に分離された冷却ゾーンと動作可能に連通して配置されている少なくとも１つの熱分解ゾーンを含み、かつ、前記複数ゾーン反応装置が、凝縮性蒸気および不凝縮ガスを固形物から除去するための排出口とともに構成されている、複数ゾーン反応装置と、
（ｄ）前記複数ゾーン反応装置と動作可能に連通して配置されている、冷却装置と、
（ｅ）前記冷却装置と動作可能に連通して配置されている、炭素回収ユニットと
を備える、高炭素生体試薬生成システム。
（項目２）
前記システムが、前記熱分解ゾーンと動作可能に連通して配置された、予熱ゾーンをさらに備える、項目１に記載のシステム。
（項目３）
前記少なくとも１つの熱分解ゾーン、前記冷却ゾーン、および前記予熱ゾーン（存在する場合）の各々が、単一のバイオマス処理ユニット内に配置されている、項目１または項目２のいずれか１つに記載のシステム。
（項目４）
前記少なくとも１つの熱分解ゾーン、前記冷却ゾーン、および前記予熱ゾーン（存在す

る場合）の各々が、別個のバイオマス処理ユニット内に配置されている、項目１または項目２のいずれか１つに記載のシステム。
（項目５）
前記乾燥装置が存在し、かつ、前記複数ゾーン反応装置内の乾燥ゾーンとして構成されている、項目１に記載のシステム。
（項目６）
前記システムが、前記システムから酸素を除去するためのパージ手段をさらに備える、項目１に記載のシステム。
（項目７）
前記パージ手段が、実質的に不活性なガスを導入するための１つまたは複数の吸気口、ならびに前記実質的に不活性なガスおよび置換された酸素を前記システムから除去するための１つまたは複数の排出口を含む、項目６に記載のシステム。
（項目８）
前記パージ手段が、前記材料供給システムまたは前記乾燥装置（存在する場合）と前記複数ゾーン反応装置との間に配置された脱気装置である、項目６に記載のシステム。
（項目９）
前記材料供給システムが、前記複数ゾーン反応装置と物理的に統合されている、項目１に記載のシステム。
（項目１０）
前記冷却装置が、前記複数ゾーン反応装置内に配置されている、項目１に記載のシステム。
（項目１１）
前記システムが、添加剤を前記システムに導入するための添加剤供給装置をさらに備える、項目１～項目１０のいずれか１つに記載のシステム。
（項目１２）
前記添加剤供給装置が、前記添加剤を前記炭素含有供給原料と結合するように構成されている、項目１１に記載のシステム。
（項目１３）
前記添加剤供給装置が、前記材料供給システムと前記複数ゾーン反応装置との間に挿入される、項目１１に記載のシステム。
（項目１４）
前記添加剤供給装置が、前記複数ゾーン反応装置と動作可能に連通して配置されている、項目１１に記載のシステム。
（項目１５）
前記添加剤供給装置が、前記冷却装置と動作可能に連通して配置されている、項目１１に記載のシステム。
（項目１６）
前記添加剤供給装置が、前記冷却装置と前記炭素回収ユニットとの間に挿入される、項目１１に記載のシステム。
（項目１７）
前記添加剤供給装置が、前記炭素回収ユニットと動作可能に連通して配置されている、項目１１に記載のシステム。
（項目１８）
前記複数ゾーン反応装置が、第１のガス注入口および第１のガス排出口とともに構成されている、項目１～項目１７のいずれか１つに記載のシステム。
（項目１９）
前記第１のガス注入口および前記第１のガス排出口が、異なるゾーンと連通して配置されている、項目１８に記載のシステム。
（項目２０）
前記第１のガス注入口および前記第１のガス排出口が、同一のゾーンと連通して配置さ

れている、項目１８に記載のシステム。
（項目２１）
前記複数ゾーン反応装置が、第２のガス注入口とともに構成されている、項目１８に記載のシステム。
（項目２２）
前記複数ゾーン反応装置が、第２のガス排出口とともに構成されている、項目１８に記載のシステム。
（項目２３）
前記複数ゾーン反応装置が、第３のガス注入口とともに構成されている、項目２１に記載のシステム。
（項目２４）
前記複数ゾーン反応装置が、第３のガス排出口とともに構成されている、項目２２に記載のシステム。
（項目２５）
前記複数ゾーン反応装置が、第４のガス注入口とともに構成されている、項目２３に記載のシステム。
（項目２６）
前記複数ゾーン反応装置が、第４のガス排出口とともに構成されている、項目２４に記載のシステム。
（項目２７）
前記固相に対して前記気相の実質的に対向する流れを生成するため、前記冷却ゾーンがガス注入口とともに構成され、かつ、前記熱分解ゾーンがガス排出口とともに構成されている、項目１に記載のシステム。
（項目２８）
前記固相に対して前記気相の実質的に対向する流れを生成するため、前記冷却ゾーンがガス注入口とともに構成され、かつ、前記予熱ゾーンがガス排出口とともに構成されている、項目２に記載のシステム。
（項目２９）
前記固相に対して前記気相の実質的に対向する流れを生成するため、前記冷却ゾーンがガス注入口とともに構成され、かつ、前記乾燥ゾーンがガス排出口とともに構成されている、項目５に記載のシステム。
（項目３０）
前記複数ゾーン反応装置内に存在する各ゾーンが、ガス注入口およびガス排出口とともに構成されている、項目１～項目２９のいずれか１つに記載のシステム。
（項目３１）
前記システムが、前記熱分解ゾーンと、およびガス監視装置と、動作可能に連通して配置された第１の反応ガスプローブをさらに含む、項目１～項目３０のいずれか１つに記載のシステム。
（項目３２）
前記システムが、前記冷却ゾーンと、および前記ガス監視装置または第２のガス監視装置と、動作可能に連通して配置された第２の反応ガスプローブをさらに含む、項目３１に記載のシステム。
（項目３３）
前記システムが、前記乾燥ゾーン（存在する場合）および／または前記予熱ゾーン（存在する場合）と、ならびに前記ガス監視装置または追加のガス監視装置と、動作可能に連通して配置された追加の反応ガスプローブをさらに含む、項目３１に記載のシステム。
（項目３４）
前記ガス監視装置が、ＧＣ、ＭＳ、ＧＣ－ＭＳ、ＦＴＩＲ、およびそれらの組合せから成るグループから選択される、項目３１に記載のシステム。
（項目３５）

前記システムが、システム設定値を調整するため、前記ガス監視装置からの出力を利用するために実行可能な少なくとも１つのコンピュータプログラムされたコントローラをさらに備える、項目３１～項目３４のいずれか１つに記載のシステム。
（項目３６）
前記システムが、前記排出口と動作可能に連通して配置されたプロセスガス加熱器をさらに備え、前記プロセスガス加熱器が、別個の燃料および酸化剤を、前記燃料ならびに前記凝縮性蒸気および／または前記不凝縮ガスの少なくとも一部の燃焼に適した、燃焼室内に受け取るように構成されている、項目１～項目３５のいずれか１つに記載のシステム。
（項目３７）
前記システムが、前記排出口と前記プロセスガス加熱器との間に挿入された分離ユニットをさらに備える、項目３６に記載のシステム。
（項目３８）
前記システムが、前記プロセスガス加熱器と前記乾燥装置との間に挿入され、前記燃焼熱の少なくとも一部を前記乾燥装置のために利用するように構成された、熱交換器をさらに含む、項目３６に記載のシステム。
（項目３９）
前記システムが、前記プロセスガス加熱器と前記複数ゾーン反応装置のためのガス注入口との間に配置され、実質的に不活性なガスを、前記複数ゾーン反応装置に導入する前に予熱するため、前記燃焼熱の少なくとも一部を利用するように構成された、熱交換器をさらに備える、項目３６に記載のシステム。
（項目４０）
前記システムが、前記冷却装置と動作可能に連通して配置され、前記炭素回収ユニットから取得された前記高炭素生体試薬の前記炭素含有量を増加させるために、凝縮性蒸気を少なくとも部分的に凝縮した形態で、前記固体と結合するように構成された、材料濃縮ユニットをさらに備える、項目１～項目３９のいずれか１つに記載のシステム。
（項目４１）
前記システムが、その炭素含有量をさらに増加させるために、前記高炭素生体試薬をさらに熱分解するように適合された別個の熱分解ユニットをさらに備える、項目１～項目４０のいずれか１つに記載のシステム。
（項目４２）
前記システムが、前記炭素回収ユニットと動作可能に連通して配置されたサイジングユニットをさらに備え、前記サイジングユニットが、前記高炭素生体試薬の粒径の縮小および／または前記高炭素生体試薬からの構造物の形成を可能にする、項目１～項目４１のいずれか１つに記載のシステム。
（項目４３）
高炭素生体試薬生成システムであって、前記システムが：
（ａ）炭素含有供給原料を導入するように構成された材料供給システムと、
（ｂ）前記材料供給システムと動作可能に連通して配置され、炭素含有供給原料内に含まれる水分を除去するように構成された、任意選択の乾燥装置と、
（ｃ）前記材料供給システムまたは前記乾燥装置（存在する場合）と動作可能に連通して配置され、前記供給原料を加熱するか、かつ／または適度に熱分解するように構成された、予熱器と、
（ｄ）前記予熱器と動作可能に連通して配置され、前記供給原料を熱分解するように構成された、熱分解反応装置と、
（ｅ）前記熱分解反応装置と動作可能に連通して配置され、熱分解固形物を冷却するように構成された、冷却装置と、
（ｆ）前記冷却装置と動作可能に連通して配置されている、高炭素生体試薬回収ユニットと
を備え、
前記システムが、実質的に不活性なガスを前記熱分解反応装置に導入するための少なく

とも１つのガス注入口、ならびに凝縮性蒸気および不凝縮ガスを前記熱分解反応装置から急速に除去するための少なくとも１つのガス排出口とともに構成されている、高炭素生体試薬生成システム。

（項目４４）

前記システムが、前記供給装置または前記乾燥装置（存在する場合）と前記予熱器との間に配置された脱気装置をさらに備える、項目４３に記載のシステム。

（項目４５）

前記システムが、少なくとも２つのガス注入口および少なくとも２つのガス排出口とともに構成されている、項目４３に記載のシステム。

（項目４６）

前記固相に対して前記気相の実質的に対向する流れを生成するために、前記熱分解反応装置および／または前記冷却装置が、ガス注入口（または複数のガス注入口）とともに構成され、かつ、前記乾燥装置（存在する場合）および／または前記予熱器が、ガス排出口（または複数のガス排出口）とともに構成されている、項目４３に記載のシステム。

（項目４７）

前記システムが、添加剤を前記システムに導入するための添加剤供給装置をさらに含む、項目４３～項目４６のいずれか１つに記載のシステム。

（項目４８）

前記システムが、前記熱分解反応装置と、およびガス監視装置と、動作可能に連通して配置された第１の反応ガスプローブをさらに備える、項目４３～項目４７のいずれか１つに記載のシステム。

（項目４９）

前記システムが、前記予熱器および／または前記冷却装置と、ならびに前記ガス監視装置または追加のガス監視装置と、動作可能に連通して配置された追加の反応ガスプローブをさらに備える、項目４８に記載のシステム。

（項目５０）

前記ガス監視装置が、ＧＣ、ＭＳ、ＧＣ－ＭＳ、ＦＴＩＲ、およびそれらの組合せから成るグループから選択される、項目４８に記載のシステム。

（項目５１）

前記システムが、システム設定値を調整するため、前記ガス監視装置からの出力を利用するために実行可能な少なくとも１つのコンピュータプログラムされたコントローラをさらに備える、項目４８～項目５０のいずれか１つに記載のシステム。

（項目５２）

前記システムが、凝縮性蒸気および不凝縮ガスを除去するための前記少なくとも１つのガス排出口と動作可能に連通して配置されたプロセスガス加熱器をさらに含み、前記プロセスガス加熱器が、別個の燃料および酸化剤を、前記燃料ならびに前記凝縮性蒸気の少なくとも一部の燃焼に適した、燃焼室内に受け取るように構成されている、項目４３～項目５１のいずれか１つに記載のシステム。

（項目５３）

前記システムが、前記プロセスガス加熱器と前記乾燥装置との間に配置され、前記燃焼熱の少なくとも一部を前記乾燥装置のために利用するように構成された、熱交換器をさらに備える、項目５２に記載のシステム。

（項目５４）

前記システムが、前記プロセスガス加熱器と前記複数ゾーン反応装置のためのガス注入口との間に配置され、実質的に不活性なガスを、前記熱分解反応装置に導入する前に予熱するため、前記燃焼熱の少なくとも一部を利用するように構成された、熱交換器をさらに備える、項目５２に記載のシステム。

（項目５５）

前記システムが、前記冷却装置と動作可能に連通して配置され、前記炭素回収ユニットから取得された前記高炭素生体試薬の前記炭素含有量を増加させるために、凝縮性蒸気を

少なくとも部分的に凝縮した形態で、前記固体と結合するように構成された、材料濃縮ユニットをさらに含む、項目４３～項目５４のいずれか１つに記載のシステム。
（項目５６）
前記システムが、その炭素含有量をさらに増加させるために、前記高炭素生体試薬をさらに熱分解するように適合された少なくとも１つの追加の熱分解反応装置をさらに備える、項目４３～項目５５のいずれか１つに記載のシステム。
（項目５７）
前記システムが、その炭素含有量をさらに増加させるために、第２の実質的に不活性なガスの存在下で、前記高炭素生体試薬をさらに熱分解するように適合された少なくとも１つの追加の熱分解反応装置を備え、前記プロセスガス加熱器が、前記第２の実質的に不活性なガスを予熱するように構成されている、項目５２に記載のシステム。
（項目５８）
前記システムが、前記バイオマス熱分解ユニットからのガスを抽出および再利用するために構成されている、項目３または項目４のいずれか１つに記載のシステム。
（項目５９）
前記システムが、前記炭素回収ユニットからのガスを抽出および再利用するために構成されている、項目１～項目５８のいずれか１つに記載のシステム。
（項目６０）
材料供給システム、前記反応ゾーンの各々内で別々に温度を制御して混合するために構成された複数の空間的に分離されたゾーン、および炭素質固体排出口を含む、バイオマス熱分解連続反応装置であって、前記ゾーンのうちの１つが、実質的に不活性なガスを前記反応装置に導入するための第１のガス注入口とともに構成されていて、かつ、前記ゾーンのうちの１つが、第１のガス排出口とともに構成されている、バイオマス熱分解連続反応装置。
（項目６１）
前記反応装置が少なくとも２つのゾーンを含む、項目６０に記載の反応装置。
（項目６２）
前記反応装置が少なくとも３つのゾーンを含む、項目５７に記載の反応装置。
（項目６３）
前記反応装置が少なくとも４つのゾーンを含む、項目６２に記載の反応装置。
（項目６４）
前記ゾーンの各々が、別々に調整可能な間接加熱手段と連通して配置され、各々が、電気熱伝達、水蒸気熱伝達、熱油熱伝達、廃熱伝達、およびそれらの組合せから成るグループから独立して選択される、項目６０に記載の反応装置。
（項目６５）
前記反応装置が、少なくとも２つのゾーンの気相組成および気相滞留時間を別々に調整するために構成されている、項目６０に記載の反応装置。
（項目６６）
前記反応装置が、前記反応装置内に存在する全てのゾーンの気相組成および気相滞留時間を別々に調整するために構成されている、項目６５に記載の反応装置。
（項目６７）
前記反応装置が、第２のガス注入口および／または第２のガス排出口とともに構成されている、項目６０に記載の反応装置。
（項目６８）
前記反応装置が、各ゾーン内のガス注入口とともに構成されている、項目５６０８に記載の反応装置。
（項目６９）
前記反応装置が、各ゾーン内のガス排出口とともに構成されている、項目６０に記載の反応装置。
（項目７０）

前記反応装置が、向流反応装置である、項目６０に記載の反応装置。
（項目７１）
前記材料供給システムが、スクリュー、オーガー（ａｕｇｅｒ）、落下室（ｄｒｏｐ ｃｈａｍｂｅｒ）、およびドラムフィーダーから成るグループから選択された供給機構を含む、項目６０に記載の反応装置。
（項目７２）
前記炭素質固体排出口が、スクリュー、オーガー、落下室、およびドラムフィーダーから成るグループから選択された出力機構を含む、項目６０に記載の反応装置。
（項目７３）
前記ゾーンの各々が、固形物の撹拌を提供するために、内壁上に配置されたフライト（ｆｌｉｇｈｔ）とともに構成されている、項目６０に記載の反応装置。
（項目７４）
前記フライトが、前記ゾーンの各々内で別々に調整可能である、項目７３に記載の反応装置。
（項目７５）
前記反応装置が、軸方向に回転可能な反応装置である、項目６０に記載の反応装置。
（項目７６）
前記反応装置が、前記ゾーンの各々にわたって配置された単一のオーガーを含む、項目６０に記載の反応装置。
（項目７７）
前記反応装置が、前記第１のガス排出口からのガスを抽出および再利用するために構成されている、項目６０に記載の反応装置。
（項目７８）
前記反応装置が、各ゾーン内の前記ガス排出口からのガスを抽出および再利用するために構成されている、項目６９に記載の反応装置。
【発明の効果】
【０１０１】
本発明は、高炭素生体試薬を含む幅広い種類の炭素質生成物も提供する。かかる炭素質生成物には、高炉付加生成物、タコナイトペレットプロセス付加生成物、タコナイトペレット、石炭代替品、コークス化炭素生成物、炭素コークス粉（ｃａｒｂｏｎ ｂｒｅｅｚｅ）生成物、流動床生成物、炉付加生成物、注入可能（ｉｎｊｅｃｔａｂｌｅ）炭素生成物、取鍋付加炭素生成物、ｍｅｔコークス生成物、微粉砕炭素生成物、ストーカー炭素生成物、炭素電極、および活性炭生成物を含むが、それらに限定されない。これらおよび他の実施形態は、以下でさらに詳述される。
【図面の簡単な説明】
【０１０２】
【図１】本発明のシステムの複数反応装置の実施形態を示す。
【図２】本発明のシステムの単一反応装置、複数ゾーンの実施形態を示す。
【図３】本発明に関連した使用に適した、無酸素連続供給機構の一実施形態を示す。
【図４】本発明に関連した使用に適した、単一反応装置、複数ゾーンバイオマス処理ユニットの別の実施形態を示す。
【図５】本発明に関連した使用に適した、炭素回収ユニットの一実施形態を示す。
【図６】任意選択の乾燥装置を備えた本発明の単一反応装置バイオマス処理ユニットの一実施形態を示す。
【図７】任意選択の乾燥装置およびガス注入口を備えた本発明の熱分解反応装置システムの実施形態を示す。
【図８】ガス注入口および任意選択の冷却装置を備えた本発明の単一反応装置バイオマス処理ユニットの一実施形態を示す。
【図９】任意選択の乾燥装置および脱気装置、ならびに不活性ガス注入口を備えた、本発明の単一反応装置バイオマス処理ユニットシステムの実施形態を示す。

【図１０】任意選択の乾燥装置および脱気装置、ならびに不活性ガス注入口を備えた、本発明の複数反応装置システムの実施形態を示す。
【図１１】任意選択の乾燥装置および冷却装置、ならびに材料濃縮ユニットを備えた、本発明の複数反応装置システムの実施形態を示す。
【図１２】任意選択の乾燥装置、脱気装置、冷却装置、および不活性ガス注入口を備えた、本発明の複数反応装置システムの実施形態を示す。
【図１３】任意選択の乾燥装置および脱気装置、不活性ガス注入口、ならびに冷却装置を備えた、本発明の複数反応装置システムの実施形態を示す。
【図１４】本開示の一実施形態に従って生成された生体試薬の固定炭素含有量に関する滞留時間の効果を説明するグラフを示す。
【図１５】本開示の一実施形態に従って生成された生体試薬の固定炭素含有量に関する熱分解温度の効果を説明するグラフを示す。
【図１６】本開示の一実施形態に従って生成された生体試薬の固定炭素含有量に関するバイオマス粒径の効果を説明するグラフを示す。
【発明を実施するための形態】
【０１０３】
本記述は、当業者が本発明を実行および使用できるようにし、また、本発明のいくつかの実施形態、適応、変形形態、代替手段、および使用を記述する。本発明のこれらおよび他の実施形態、特徴、および利点は、添付の図とともに本発明の以下の詳細な記述を参照すると、当業者にはさらに明らかになるであろう。
【０１０４】
本明細書および添付の請求項では、単数形「ａ」、「ａｎ」、および「ｔｈｅ」は、その内容が特に明瞭に指示していない限り、複数参照を含む。別に定義されていない限り、本明細書で使用される全ての専門用語および科学用語は、本発明が属する技術分野の当業者によって一般に理解されるのと同じ意味をもつ。
【０１０５】
特に指示のない限り、明細書および請求項で使用される、反応条件、化学量論、成分の濃度などを表す全ての数字は、全ての事例において、「約（ａｂｏｕｔ）」という語によって修正されていると理解される。その結果、それとは逆に指示されていない限り、以下の明細書および添付の請求項に明記されている数値パラメータは、少なくとも特定の解析技法に応じて変化し得る近似値である。
【０１０６】
「含む（ｉｎｃｌｕｄｉｎｇ）」、「含有する（ｃｏｎｔａｉｎｉｎｇ）」、または「によって特徴付けられた（ｃｈａｒａｃｔｅｒｉｚｅｄ　ｂｙ）」と同義である、「含む（ｃｏｍｐｒｉｓｉｎｇ）」という用語は、包括的または無制約であり、追加的、未言及の要素または方法ステップを除外しない。「含む（ｃｏｍｐｒｉｓｉｎｇ）」は、指名された主張要素が必須であることを意味する主張言語で使用される専門用語であるが、他の主張要素が追加され得、依然として特許請求の範囲内で構成概念を形成する。
【０１０７】
本明細書では、「から成る（ｃｏｎｓｉｓｔｉｎｇ　ｏｆ）」という句は、請求項に指定されていない、どの要素、ステップ、または成分も除外する。「から成る（ｃｏｎｓｉｓｔｉｎｇ　ｏｆ）」という句（またはその変形）が、従来技術部分の直後ではなく、請求項の本文の節内に出現する場合、それは、その節内に記載された要素のみを制限し、他の要素はその請求項全体からは除外されない。本明細書では、「基本的に～から成る（ｃｏｎｓｉｓｔｉｎｇ　ｅｓｓｅｎｔｉａｌｌｙ　ｏｆ）」は、特許請求の範囲を、指定された要素または方法ステップ、加えて、請求された主題の基礎および新規の特性に実質的に影響を及ぼさないものに制限する。
【０１０８】
「含む（ｃｏｍｐｒｉｓｉｎｇ）」、「から成る（ｃｏｎｓｉｓｔｉｎｇ　ｏｆ）」、および「基本的に～から成る（ｃｏｎｓｉｓｔｉｎｇ　ｅｓｓｅｎｔｉａｌｌｙ　ｏｆ）

」という用語に関して、これら３つの用語の１つが本明細書で使用される場合、現在、開示および請求されている主題は、他の２つの用語のいずれかの使用を含み得る。従って、特に明記されていない、いくつかの実施形態では、「含む（ｃｏｍｐｒｉｓｉｎｇ）」の任意の事例は、「から成る（ｃｏｎｓｉｓｔｉｎｇ　ｏｆ）」、あるいは、「基本的に～から成る（ｃｏｎｓｉｓｔｉｎｇ　ｅｓｓｅｎｔｉａｌｌｙ　ｏｆ）」によって置き換えられ得る。

【０１０９】

現在の目的のため、「生体の（ｂｉｏｇｅｎｉｃ）」は、月、年、または１０年の時間スケールで再生可能である、炭素などの要素を含む材料（供給原料、生成物、または中間物かどうか）を意味することが意図される。非生体材料は、非再生可能であり得るか、または、世紀、１０００年、１００万年の時間スケール、またはさらに長い地質学的時間スケールで再生可能であり得る。生体材料は、生体源および非生体源の混合物を含み得ることに留意されたい。

【０１１０】

現在の目的のため、「試薬（ｒｅａｇｅｎｔ）」は、その広い意味において材料を意味することが意図され、試薬は、燃料、化学物質、材料、化合物、添加剤、混合成分、溶媒などであり得る。試薬は、必ずしも、化学反応を引き起こすか、または化学反応に関与する化学試薬ではない。試薬は、化学試薬のこともあれば、そうでないこともあり得、反応で消費されることもあれば、消費されないこともあり得る。試薬は、特定の反応に対して、化学触媒であり得る。試薬は、その試薬が追加され得る材料の機械的、物理的、または水力学的な特性の調整を引き起こすか、またはそれに関与し得る。例えば、試薬は、ある強度特性を金属に与えるためにその金属に導入され得る。試薬は、化学分析または物理的試験で使用するために、十分な純度（それは、現在のコンテキストにおいては、通常、炭素純度）の物質であり得る。

【０１１１】

本願では、生体試薬を記述するための「高炭素（ｈｉｇｈ－ｃａｒｂｏｎ）」によって、生体試薬が、その高炭素生体試薬を生成するために利用した最初の供給原料に比べて、相対的に高い炭素含有量を有することを単に意味する。一般的に、高炭素生体試薬は、その重量の少なくとも約半分を炭素として含有するであろう。より一般的に、高炭素生体試薬は、少なくとも５５ｗｔ％、６０ｗｔ％、６５ｗｔ％、７０ｗｔ％、８０ｗｔ％、９０ｗｔ％またはそれ以上の炭素を含有するであろう。

【０１１２】

上記にかかわらず、「高炭素生体試薬」という用語は、本明細書では、様々な実施形態において、本発明のプロセスおよびシステムによって生成され得る材料を一貫して記述するために実際上は使用される。炭素含有量、または任意の他の濃度に関する制限は、用語自体ではなく、むしろ特定の実施形態およびその同等物への言及によってのみ起因する。例えば、開示されたプロセスに従った、非常に低い炭素含有量を有する出発材料は、出発材料に比較して炭素が高度に濃縮されている（高収率の炭素）が、それにもかかわらず、５０ｗｔ％未満の炭素を含め、炭素が比較的低い（低純度の炭素）、高炭素生体試薬を生成し得ることが理解されるであろう。

【０１１３】

「熱分解（ｐｙｒｏｌｙｓｉｓ）」および「熱分解する（ｐｙｒｏｌｙｚｅ）」は、一般に、炭素質材料の熱的分解を言う。熱分解では、完全燃焼に必要な酸素の１０％、５％、１％、０．５％、０．１％、または０．０１％未満など、材料の完全燃焼に必要な酸素より少ない酸素しか存在しない。いくつかの実施形態では、熱分解は無酸素状態で実行される。

【０１１４】

熱分解中に起こり得る例示的な変化は、以下のいずれかを含む：（ｉ）熱源からの伝熱が、供給原料内部の温度を高める；（ｉｉ）この高温での一次熱分解反応の開始が、揮発性物質を放出し、チャー（ｃｈａｒ）を形成する；（ｉｉｉ）熱い揮発性物質の冷たい固

形物への流れが、熱い揮発性物質と冷たい未熱分解供給原料との間の熱伝達という結果になる；（ｉｖ）後に第２の反応が続く、供給原料の冷たい部分での揮発性物質の一部の凝縮がチャーを生成し得る；（ｖ）自己触媒的な第２の熱分解反応が、第１の熱分解反応が競合して同時に起こりながら、進行する；（ｖｉ）さらなる熱分解、改質（ｒｅｆｏｒｍｉｎｇ）、水性ガス転化反応，フリーラジカル再結合、および／または脱水も起こり得るが、それは、滞留時間、温度、および圧力プロファイルの関数である。

【０１１５】

熱分解は、供給原料を少なくとも一部、脱水する。様々な実施形態では、熱分解は、供給原料から水分の約５０％、７５％、９０％、９５％、９９％、またはそれ以上を除去する。

【０１１６】

前述したように、本発明のいくつかの変形形態は、供給原料の変動および生成物要件に対する柔軟性および調整性を維持しながら、複数反応装置または単一反応装置内の複数ゾーンが、熱分解からの炭素収率および生成物品質を最適化する方法で、設計され、操作され得るという発見を、少なくとも一部前提とする。

【０１１７】

一般的に言えば、温度および滞留時間は、比較的遅い熱分解化学を達成するために選択される。有益性は、潜在的に、バイオマス構造内に含まれる細胞壁の実質的な維持であり、それは、最終生成物が、出発バイオマスの形状および強度の一部、大部分、または全部を維持できることを意味する。この潜在的な有益性を最大限にするため、細胞壁を機械的に破壊しないか、あるいは、バイオマス粒子を小さい微粉に変換する装置が利用され得る。様々な反応装置構成が、以下のプロセス記述に続いて説明される。

【０１１８】

加えて、供給原料が、木材チップまたはペレットなどの、粉砕されているか、または一定の大きさにされている供給原料である場合、その供給原料が注意深く粉砕されているか、または一定の大きさにされていることが望ましくあり得る。注意深い最初の処理は、固有の供給原料源（例えば、木）に存在する強度および細胞壁の整合性を維持し易いであろう。これはまた、最終生成物が、出発バイオマスの形状および強度の一部、大部分、または全部を維持すべき場合にも重要であり得る。

【０１１９】

様々な実施形態では、生体試薬において更なる強度を作り出すために、木質の供給原料の維管束構造を維持するための手段が講じられる。例えば、そして制限なく、様々な実施形態では、供給原料は、水分およびガスが、供給原料の維管束構造を破壊することなく、バイオマスから出ることができるように、供給原料を、長期間にわたって、例えば、１時間以上、２時間以上、３時間以上、４時間以上、５時間以上、６時間以上、７時間以上、８時間以上、９時間以上、１０時間以上、１１時間以上、１１時間以上、１１時間以上、１１時間以上、１１時間以上、１１時間以上、１１時間以上、１１時間以上、１１時間以上、２０時間以上、２１時間以上、２２時間以上、２３時間以上、２４時間以上の期間にわたってなど、乾燥させることにより準備される。様々な実施形態では、水分およびガスが、供給原料の維管束構造を破壊することなく、バイオマスから出ることができるように、（例えば、急速熱分解とは対照的に）数分間または数時間にわたる熱分解中に、緩徐進行発熱率（ｓｌｏｗ　ｐｒｏｇｒｅｓｓｉｖｅ　ｈｅａｔ　ｒａｔｅ）が使用される。例えば、そして制限なく、熱分解ステップ中の温度上昇率は、毎分約１℃～毎分約４０℃の範囲、例えば、毎分約１℃、毎分約２℃、毎分約４℃、毎分約５℃、毎分約１０℃、毎分約１５℃、毎分約２０℃、毎分約２５℃、毎分約３０℃、毎分約３５℃、または毎分約４０℃などであり得る。いくつかの実施形態では、温度上昇は、予熱された供給原料を生成するために、予熱ゾーンで起こる。いくつかの実施形態では、温度上昇は、予熱された供給原料を生成するために、予熱ゾーンで、主にまたは完全に起こる。いくつかの実施形態では、予熱された供給原料の温度は、事前熱分解（ｐｒｅ－ｐｙｒｏｌｙｓｉｓ）ゾーンで上昇される。いくつかの実施形態では、温度上昇は、炭化ゾーンまたは熱分解ゾーンで

少なくとも一部、起こる。いくつかの実施形態では、温度上昇は、炭化ゾーンまたは熱分解ゾーンで、主にまたは完全に起こる。いくつかの実施形態では、予熱ゾーン、事前熱分解ゾーン、炭化ゾーン、または熱分解ゾーンは、最初の低温から最終の高温まで徐々に、熱分解中に温度が上昇するように構成されている。いくつかの実施形態では、温度上昇は、時間とともに、線形または実質的に線形である。いくつかの実施形態では、温度上昇速度は、予熱、事前熱分解および／もしくは炭化または熱分解中の温度が、例えば、予熱、事前熱分解および／もしくは炭化または熱分解ステップの少なくとも一部に対して対数的または実質的に対数的など、少なくとも部分的に非線形になるように、徐々に増加または減少する。様々な実施形態では、熱分解中に、供給原料の維管束構造を損傷し得るガス発生を削減するため、乾燥または熱分解の前に、添加剤が使用される。様々な実施形態では、熱分解の前に、乾燥された供給原料が、木材を粉砕してその強度を低下させる、湿った木材のチップ化またはせん断などの他のサイジング方法よりも、木材の維管束構造を破壊しないように設計された、鋸または他のカッター装置を使用して、一定の大きさにされる。かかる実施形態では、生体試薬は、かかる方法で準備されていない同等な生体試薬よりも、大きな強度指数（例えば、ＣＳＲ値）を有する。

【０１２０】

いくつかの実施形態では、供給原料は、実質的に均一のサイズおよび実質的に均一の形状である複数のバイオマス片（ｂｉｏｍａｓｓ　ｐｉｅｃｅ）を形成するために、バイオマスを粉砕することにより準備される。例えば、そして制限なく、バイオマスは、ほぼ均一の粒子サイズ（例えば、網目サイズ）のおがくずを生成するために処理できる。代替として、バイオマスは、実質的に均一の寸法（例えば、約１インチ×約１／２インチ×約１／８インチ片）を有するチップを生成するために処理できる。他の実施形態では、供給原料は、実質的に均一の幅および深さ寸法または直径の材料（例えば、木の棒、板、またはだぼ（ｄｏｗｅｌ））の長さを形成するために、バイオマスを粉砕することにより準備できる。関連した実施形態では、実質的に均一の幅および深さまたは直径を有する材料の長さは、実質的に均一の長さの供給原料片を生成するためにさらに粉砕でき、結果として実質的に均一のサイズおよび形状を有する供給原料材料が得られる。例えば、均一の直径（例えば、１～１／８インチ）を有する木製だぼは、実質的に均一の長さ（例えば、約１．５インチ）の片に切断できる。結果として得られる供給原料片は、実質的に均一の形状（円柱）および実質的に均一のサイズ（約１～１／８インチの直径×約１．５インチの長さ）を有する。いくつかの実施形態では、実質的に均一の形状およびサイズの片から成る供給原料から準備された生体試薬は、実質的に不均一の形状および／またはサイズの供給原料片から準備された同等な生体試薬よりも大きな質量収率で生成される。

【０１２１】

ここで、図１～図１３をおおまかに参照すると、本開示のいくつかの例示的な複数反応装置実施形態のブロック流れ図が示されている。各図は、以下で順に説明される。図１～図１３は、本開示の全ての予期される実施形態ではなく、いくつかの実施形態例を表すことが理解されよう。以下で説明するように、様々な追加の例示されていない実施形態、および本明細書で説明されるいくつかのコンポーネントおよび特徴の組合せも予期される。以下の説明で理解されるように、本明細書で説明される複数の反応装置のいずれかは、独立した反応装置であり得るか、そうでなければ、単一の反応装置内にＢＰＵが複数のゾーンを含み得るか、あるいはその組合せである。図は各々、異なる代替実施形態を例示しているが、本開示内の全ての他の説明は、例示されている実施形態および例示されていない実施形態の各々に適用できることが理解されよう。

【０１２２】

ここで図１をおおまかに参照すると、本開示の複数反応装置実施形態のブロック流れ図が示されている。この実施形態は、２つ以上の複数の異なる反応装置を利用できる。３つの反応装置が例示的実施形態に示されているが、任意の異なる数の反応装置が採用され得る。一実施形態では、各反応装置は、材料輸送ユニット３０４（図３に示す）を介して、少なくとも１つの他の反応装置に連結されている。一実施形態では、材料輸送ユニット３

０４は、大気および温度条件を制御する。

【０１２３】

図示した実施形態では、バイオマスなどの原料１０９が、任意選択で、システムの外部で乾燥されて一定の大きさにされ、任意選択で、材料供給システム１０８の使用を通じて、低酸素大気内の第１の反応装置１１２に導入される。以下でさらに詳述され、図３に示されるように、材料供給システム１０８は、システム内の周囲空気の酸素レベルを約３％以下に減少させる。原料１０９は、酸素レベルが第１の反応装置内で減少された後、囲まれた材料輸送ユニット３０４を通って、第１の反応装置１１２に入る。一実施形態では、原料輸送ユニットは、反応装置からのストリームおよびオフガスがそこを通って送られ、バイオマスを直接予熱するか、またはプロセスガス加熱器に送るために使用され、次いで、バイオマスを予熱または熱分解するために使用される、カプセル化されたジャケット（ｅｎｃａｐｓｕｌａｔｅｄ　ｊａｃｋｅｔ）またはスリーブ（ｓｌｅｅｖｅ）を含むであろう。

【０１２４】

図示した実施形態では、原料１０９はまず、材料輸送ユニット３０４上の材料供給システム１０８から、ＢＰＵの第１の反応装置１１２へ移動する。

【０１２５】

以下でさらに詳細に説明するように、一実施形態では、第１の反応装置１１２は、廃熱１３２を回収し、適切な廃熱回収システムを通じてエネルギーを保存するため、システム内の任意の他の反応装置に連結されるように構成されている。一実施形態では、第１の反応装置１１２内で放出された廃熱が、システムの内部または外部で原料１０９を乾燥させるように構成された、スチーム容器（ｓｔｅａｍｉｎｇ　ｂｉｎ）または別の適切な加熱機構を操作するために使用される。様々な実施形態では、実質的に加熱された不活性ガスまたは同様のものなどの、廃熱の他の副生成物が、プロセス間の任意の時点で、材料をさらに濃縮するために、システム内のどこかで使用できる。

【０１２６】

図示した実施形態では、バイオマス１０９が第１の反応装置１１２に入り、そこで、温度が、ほぼ周囲温度～約１５０℃から約１００℃～約２００℃の温度までの範囲で上昇する。一実施形態では、温度は、第１の反応装置内では２００℃を超えない。以下でもっと詳しく説明するように、第１の反応装置１１２は、バイオマス１２３が加熱されている間に、バイオマス１２３からのオフガス１２０を捕捉して排出する出力機構を含むことができる。一実施形態では、オフガス１２０は、任意選択の後の使用のために抽出される。様々な実施形態では、ＢＰＵ　１０２内の様々なゾーンに対して使用される加熱源は、電気またはガスである。一実施形態では、ＢＰＵ　１０２の様々な反応装置に対して使用される加熱源は、ユニット１０２の他の反応装置からの、または外部の供給源からの廃ガスである。様々な実施形態では、加熱は間接的である。

【０１２７】

第１の反応装置１１２内での予熱に続いて、材料輸送ユニット３０４は、予熱された材料１２３を任意選択の第２の反応装置１１４に渡す。一実施形態では、反応装置１１４は、反応装置１１２と同一である。反応装置１１４が反応装置１１２と異なる一実施形態では、材料輸送ユニット３０４は、高温蒸気シールシステム（例えば、エアロック）を通って第２の反応装置１１４を貫通するが、それは、ガスが漏れるのを防ぎながら、材料輸送ユニット３０４が第２の反応装置を貫通できるようにする。一実施形態では、第２の反応装置１１４の内部が、約１００℃～約６００℃または約２００℃～約６００℃の温度まで加熱される。別の実施形態では、第２の反応装置１１４は、予熱された材料１２３が炭化されている間に、予熱された材料１２３から放出されたガス１２２を捕捉して排出するため、第１の反応装置１１２に類似した出力ポートを含む。一実施形態では、ガス１２２は、任意選択の後の使用のために抽出される。一例示的実施形態では、第１の反応装置１１２からのオフガス１２０および第２の反応装置１１４からのオフガス１２２は、１つのガスストリーム１２４に混合される。炭化されると、炭化バイオマス１２５は、第２の反応

装置１１４を出て、冷却のために第３の反応装置１１６に入る。この場合も同様に、第３の反応装置は、１１２もしくは１１４と同一の反応装置であるか、または異なり得る。

【０１２８】

一実施形態では、生体試薬１２５が第３の反応装置１１５に入ると、炭化バイオマス１２５が、前述したように、特定の温度範囲まで（能動的または受動的に）冷却され、炭化バイオマス１２６を形成する。一実施形態では、炭化バイオマス１２５の温度が、実質的に不活性な大気条件下で、第３の反応装置内で低下される。別の実施形態では、第３の反応装置は、追加の水冷機構で、炭化バイオマス１２５を冷却する。炭化バイオマス１２６は、第３の反応装置１１６内で、酸素を含む空気にさらされた場合に自然燃焼しない点まで冷却できることが理解されよう。一かかる実施形態では、第３の反応装置１１６は、炭化バイオマスの温度を２００℃以下まで下げる。一実施形態では、第３の反応装置は、炭化バイオマスを撹拌して均一に冷却するための混合器（図示せず）を含む。冷却は、直接的または水もしくは他の液体で間接的に起こり得；冷却は、また、直接的または空気もしくは他の冷却されたガスでも間接的に起こり得、あるいは、前述のいずれかの組合せで起こり得ることが理解されよう。

【０１２９】

いくつかの実施形態（図示せず）では、炭化バイオマスの温度をさらに下げるために、１つもしくは複数の追加の冷却装置または冷却機構が採用されることが理解されよう。様々なかかる実施形態では、冷却装置は、材料輸送システムに沿って、他の反応装置１１２、１１４、１１６とは分離されている。いくつかの実施形態では、冷却装置は反応装置の次に来る。いくつかの実施形態では、冷却装置は、反応装置１１２、１１４、１１６と同一であり得る。他の実施形態では、冷却装置は、例えば、直接的または水もしくは他の液体で間接的に、または、直接的もしくは他のガスで間接的に、のいずれかで冷却する、スクリュー、オーガー（ａｕｇｅｒ）、コンベヤー（一実施形態では、具体的にはベルトコンベヤー）、ドラム缶、スクリーン、パン（ｐａｎ）、向流床（ｃｏｕｎｔｅｒｆｌｏｗ　ｂｅｄ）、垂直塔、ジャケット付きパドル（ｊａｃｋｅｔｅｄ　ｐａｄｄｌｅ）、冷却されたスクリュー、またはそれらの組合せ、あるいは前述の組合せ、などである。様々な実施形態では、冷却装置は、水噴霧、冷却された不活性ガスストリーム、液体窒素、または、発火温度以下であれば周囲空気を含み得る。熱は、水噴霧で生成されるフラッシュ蒸気、または飽和蒸気が導入され炭化バイオマスによって加熱される場合に生成される過熱蒸気を捕捉することにより、このステップから回収できることが理解されよう。

【０１３０】

図１および図５に示すように、気相分離装置ユニット２００は、少なくとも１つの入力および複数の出力を含む。少なくとも１つの入力は、ＢＰＵ　１０２の第１の反応装置１１２および第２の反応装置１１４上の排気ポートに連結されている。出力の１つは、炭素回収ユニット１０４に連結され、出力の別の１つは、酸水素化（ａｃｉｄ　ｈｙｄｒｏｇｅｎａｔｉｏｎ）ユニット１０６もしくは蒸留塔などの収集機器またはさらなる処理機器に連結されている。様々な実施形態では、気相分離装置は、凝縮物１２８および濃縮ガス２０４を生成するために、第１の反応装置１１２および第２の反応装置１１４からのオフガス１２０、１２２を処理する。様々な実施形態では、凝縮物（ｃｏｎｄｅｎｓａｂｌｅｓ）が、エネルギー回収（１３４）（例えば、乾燥装置、反応装置またはプロセスガス加熱器内）のため、または他の炭素濃縮のために使用され得る。様々な実施形態では、非凝縮物（例えば、ＣＯ）が、エネルギー回収（１３４）（例えば、乾燥装置、反応装置またはプロセスガス加熱器内）のため、プロセス（例えば、以下でさらに詳細に説明する、脱気ユニット、反応装置、ＢＰＵまたは冷却装置内）内の不活性ガスとして、または炭素濃縮のために使用され得る。

【０１３１】

様々な実施形態では、凝縮物１２８は、酢酸、メタノールおよびフルフラールなどの、極性化合物を含む。別の実施形態では、気相分離装置２００によって生成された濃縮ガス２０４は、例えば、一酸化炭素、テルペン、メタン、二酸化炭素など、少なくとも非極性

化合物を含む。一実施形態では、気相分離装置は、分留（ｆｒａｃｔｉｏｎａｔｉｏｎ）塔を含む。一実施形態では、酢酸が、管路１２８を通って任意選択の酸水素化ユニットに送られる。別の実施形態では、メタノールおよび／またはフルフラールが、任意選択の追加の管路（または複数）１３６を通って蒸留／処理ユニット１３８に送られる。

【０１３２】

様々な実施形態では、以下でさらに詳細に説明するように、炭素回収ユニット自体が材料を濃縮するための設備を有する。様々な他の実施形態では、材料は、炭素回収ユニットとは別個の材料濃縮ユニットで濃縮される。いくつかのかかる実施形態では、炭素回収ユニットは、炭化された材料を貯蔵するための容器であり、別個の材料濃縮ユニットは、材料を濃縮するためにガスが導入されるユニットであることが理解されよう。

【０１３３】

図示した実施形態では、炭素回収ユニット５００も、炭化バイオマス１２６を濃縮する。炭化バイオマス１２６は、材料輸送ユニット３０４に沿って第３の反応装置を出て、炭素回収ユニット５００に入る。様々な実施形態では、図５により詳細に示し、また、前述したように、炭素回収ユニット５００は気相分離装置２００に連結された入力５２４も含む。一実施形態では、濃縮ガス２０４は、炭素回収ユニットに向かい、高炭素生体試薬１３６を生成するために、生体試薬１２６と結合される。別の実施形態では、外部の供給源からの炭素濃縮ガスも炭素回収ユニットに向かい、生成された究極的高炭素生体試薬にさらなる炭素を追加するために、炭化バイオマス１２６と結合できる。様々な実施形態では、炭化バイオマス１２６は、温度が下げられた炭化バイオマスである。実例として、システム１００は、木材加工施設の近くの同一場所に配置でき、木材加工施設からの炭素濃縮ガスが外部の供給源からのガスとして使用できる。

【０１３４】

ここでおおまかに図２を参照すると、本開示の単一反応装置、複数ゾーン実施形態のブロック流れ図が示されている。図示した実施形態では、バイオマスなどの原料１０９が、任意選択で、既に説明した材料供給システム１０８の使用を通じて、低酸素大気内の反応装置２００に導入される。以下でさらに詳述されるように、材料供給システム１０８は、システム内の周囲空気の酸素レベルを約３％以下に減少させる。原料２０９は、酸素レベルが減少された後、囲まれた材料輸送ユニット３０４内のＢＰＵ　２０２に入る。一実施形態では、原料輸送ユニットは、反応装置２００からのストリームおよびオフガスがそこを通って送られ、バイオマスを加熱するために使用される、カプセル化されたジャケットまたはスリーブを含むであろう。

【０１３５】

図示した実施形態では、原料はまず、材料輸送ユニット３０４上の材料供給システム１０８から、ＢＰＵ　２０２内の任意選択の乾燥ゾーン２１０を通って移動する。一実施形態では、任意選択の乾燥ゾーン２１０が、原料を加熱して、予熱ゾーン２１２に渡される前に、水および他の水分を除去する。一実施形態では、任意選択の乾燥ゾーン２１０の内部が、約外界温度～約１５０℃まで加熱される。原料２０９から除去された水２３８または他の水分は、例えば、任意選択の乾燥ゾーン２１０から排出できる。別の実施形態では、任意選択の乾燥ゾーンが、蒸気（ｖａｐｏｒ）および水蒸気（ｓｔｅａｍ）が抽出できるように適合される。別の実施形態では、任意選択の乾燥ゾーンからの蒸気および水蒸気が任意選択の後の使用のために抽出される。以下で説明するように、任意選択の乾燥ゾーンから抽出された蒸気および水蒸気が、材料供給システムを備えた適切な廃熱回収システム内で使用できる。一実施形態では、酸素レベルが材料供給システム内でパージ（ｐｕｒｇｅ）されている間に、材料供給システム内で使用される蒸気および水蒸気が、材料を予熱する。別の実施形態では、バイオマスは、反応装置の外部で乾燥され、反応装置は乾燥ゾーンを含まない。

【０１３６】

以下でさらに詳細に説明するように、一実施形態では、任意選択の乾燥ゾーン２１０は、廃熱２３２を回収し、適切な廃熱回収システムを通じてエネルギーを保存するため、冷

却ゾーン２１６に連結されるように構成されている。一実施形態では、冷却ゾーン２１６内で放出された廃熱が、任意選択の乾燥ゾーン２１０内で原料２０９を乾燥させるように構成された加熱機構を操作するために使用される。所望の期間、乾燥された後、乾燥されたバイオマス２２１が任意選択の乾燥ゾーン２１０を出て、予熱ゾーン２１２に入る。

【０１３７】

図示した実施形態では、乾燥されたバイオマス２２１が第１の（予熱）ゾーンに入るが、そこで、温度が、ほぼ周囲温度～約１５０℃の範囲から約１００℃～約２００℃の温度範囲まで上昇する。一実施形態では、温度は、第１の／予熱ゾーン２１２内では２００℃を超えない。予熱ゾーン２１２が熱過ぎるか、または十分に熱くない場合、乾燥されたバイオマス２２１は、第２のゾーン２１４に入る前に、誤って処理され得ることが理解されよう。以下でもっと詳しく説明するように、予熱ゾーン２１２は、乾燥されたバイオマス２２１が予熱されている間に、乾燥されたバイオマス２２１からのオフガス２２０を捕捉して排出する出力機構を含むことができる。別の実施形態では、オフガス２２０は、任意選択の後の使用のために抽出される。様々な実施形態では、ＢＰＵ　２０２内の様々なゾーンに対して使用される加熱源は、電気またはガスである。一実施形態では、ＢＰＵ　２０２の様々なゾーンに対して使用される加熱源は、ユニット２０２の他のゾーンからの、または外部の供給源からの廃ガスである。様々な実施形態では、加熱は間接的である。

【０１３８】

予熱ゾーン２１２に続いて、材料輸送ユニット３０４は、予熱された材料２２３を第２の（熱分解）ゾーン２１４に渡す。一実施形態では、材料輸送ユニット３０４は、高温蒸気シールシステム（エアロックなど、図示せず）を通って第２の（熱分解）ゾーン２１４を貫通するが、それは、ガスが漏れるのを防ぎながら（または、最小限にしながら）、材料輸送ユニット３０４が高温の熱分解ゾーンを貫通できるようにする。一実施形態では、熱分解ゾーン２１４の内部が、約１００℃～約６００℃または約２００℃～約５００℃の温度まで加熱される。別の実施形態では、熱分解ゾーン２１４は、予熱されたバイオマス２２３が炭化されている間に、予熱されたバイオマス２２３から放出されたガス２２２を捕捉して排出するため、予熱ゾーン２１２に類似した出力ポートを含む。一実施形態では、ガス２２２は、任意選択の後の使用のために抽出される。一例示的実施形態では、予熱ゾーン２１２からのオフガス２２０および熱分解ゾーン２１４からのオフガス２２２は、１つのガスストリーム２２４に混合される。炭化されると、炭化バイオマス２２５は、第２の／熱分解ゾーン２１４を出て、第３の／温度低下または冷却ゾーン２１６に入る。

【０１３９】

一実施形態では、炭化バイオマス２２５が冷却ゾーン２１６に入ると、炭化バイオマス２２５が、前述したように、約２０℃～２５℃（ほぼ室温）の指定された温度範囲まで冷却され、温度が低下された炭化バイオマス２２６となる。様々な実施形態では、ＢＰＵ　２０２は、複数の冷却ゾーンを含む。一実施形態では、冷却ゾーン２１６は、炭化バイオマスを２００℃以下まで冷却する。一実施形態では、冷却ゾーンは、材料を撹拌して均一に冷却するための混合器を含む。様々な実施形態では、複数の冷却ゾーンのうちの１つまたは複数は、ＢＰＵ　２０２の外部である。

【０１４０】

図２および図５に示すように、気相分離装置ユニット２００は、少なくとも１つの入力および複数の出力を含む。この例示的実施形態では、少なくとも１つの入力が、ＢＰＵ　２０２の第１の／予熱ゾーン２１２および第２／熱分解ゾーン２１４上の排気ポートに連結されている。出力の１つは、（材料を濃縮するように構成されている）炭素回収ユニット５００に連結され、出力の別の１つは、酸水素化ユニット２０６もしくは蒸留塔などの収集機器またはさらなる処理機器に連結されている。様々な実施形態では、気相分離装置は、凝縮物２２８および濃縮ガス２０４を生成するために、第１の／予熱ゾーン２１２および第２の／熱分解ゾーン２１４からのオフガス２２０、２２２を処理する。一実施形態では、凝縮物２２８は、酢酸、メタノールおよびフルフラールなどの、極性化合物を含む。一実施形態では、気相分離装置２００によって生成された濃縮ガス２０４は、少なくと

も非極性ガスを含む。一実施形態では、気相分離装置は、分留塔を含む。一実施形態では、酢酸が、管路２２８を通って任意選択の酸水素化ユニット２０６に送られる。別の実施形態では、メタノールおよび／またはフルフラールが、任意選択の追加の管路（または複数）２３６を通って蒸留／処理ユニット２３８に送られる。

【０１４１】

図示した実施形態では、炭化バイオマスは、材料輸送ユニット３０４に沿って、冷却反応装置／ゾーンを出て、炭素回収ユニット５００に入る。様々な実施形態では、図５により詳細に示し、また、前述したように、炭素回収ユニット５００は気相分離装置２００に連結された入力５２４も含む。一実施形態では、濃縮ガス２０４は、炭素回収ユニット５００に向かい、高炭素生体試薬１３６を生成するために、生体試薬２２６と結合される。別の実施形態では、外部の供給源からの炭素濃縮ガスも炭素回収ユニット５００に向かい、生体試薬にさらなる炭素を追加するために、生体試薬２２６と結合できる。様々な実施形態では、参照番号２３４で炭素回収ユニット５００から取り出されたガスは、任意選択で、エネルギー回収システムおよび／またはさらなる炭素濃縮のためのシステムで使用される。同様に、様々な実施形態では、ＢＰＵ　２０２の１つまたは複数のゾーンから取り出されたガスは、任意選択で、エネルギー回収システムおよび／またはさらなる炭素濃縮のためのシステムで使用される。実例として、システム２００は、木材加工施設の近くの同一場所に配置でき、木材加工施設からの炭素濃縮ガスが外部の供給源からのガスとして使用できる。

【０１４２】

ここで図３をおおまかに参照すると、本開示の１つの材料供給システムの実施形態が示されている。前述したように、処理する際の原料を取り囲む周囲空気内の高酸素レベルは、原料の望ましくない燃焼または酸化という結果となり得、それは、最終生成物の量および質を低下させる。一実施形態では、材料供給システムは、閉じたシステムであり、原料を取り囲む空気から酸素をパージするように構成された１つまたは複数のマニホールドを含む。一実施形態では、約０．５％～約１．０％の酸素レベルが、予熱、熱分解／炭化および冷却に対して使用される。閉じた材料供給システムの主要な目的は、酸素レベルを約３％以下、約２％以下、約１％以下、または約０．５％以下に低下させることであることが理解されよう。酸素レベルが低下された後、バイオマスが、材料供給システムに沿ってＢＰＵに移動される。様々な実施形態では、回収されたプロセスエネルギーを通じて不活性ガスを予熱すること、およびそれに続く、予熱された不活性ガスのＢＰＵ、反応装置、またはトリミング反応装置（ｔｒｉｍｍｉｎｇ　ｒｅａｃｔｏｒ）への導入は、システムをさらに効率的にすることが理解されよう。

【０１４３】

いくつかの実施形態では、トリミング反応装置はシステム内に含まれる。１つのトリミング反応装置実施形態では、ＢＰＵからの熱分解された材料が、さらなる熱分解のために別個の追加の反応装置に搬送され、そこでは、さらに高い炭素レベルの生成物を生成するために、加熱された不活性ガスが導入される。様々な実施形態では、二次プロセスが、ドラム缶、タンク、樽、ビン、トート（ｔｏｔｅ）、パイプ、サック、プレス（ｐｒｅｓｓ）、またはロールオフコンテナなどのコンテナ内で実施され得る。様々な実施形態では、最終コンテナも、炭化バイオマスの輸送用に使用され得る。いくつかの実施形態では、不活性ガスが、ＢＰＵから抽出されたガスから熱を引き出す熱交換器を通じて加熱され、プロセスガス加熱器で燃焼される。

【０１４４】

図３に見られるように、閉じられた材料供給システム１０８は、原料供給ホッパー３００、材料輸送ユニット３０４、および酸素パージマニホールド３０２を含む。

【０１４５】

一実施形態では、原料供給ホッパー３００は、未加工の、または一定の大きさにされた／乾燥されたバイオマス１０９／２０９を受け取るように構成された、任意の適切なオープンエア（ｏｐｅｎ－ａｉｒ）またはクローズドエア（ｃｌｏｓｅｄ－ａｉｒ）のコンテ

ナである。原料供給ホッパー３００は、材料輸送ユニット３０４と動作可能に結合されるが、それは、一実施形態では、駆動源によって動作可能に回転されるスクリューまたはオーガーシステムである。一実施形態では、原料１０９／２０９は、重力供給方式システムによって材料輸送ユニット３０４に注がれる。図３の材料輸送ユニット３０４は、スクリューまたはオーガー３０５が適切な囲い３０７で囲まれるように適合されることが理解されよう。一実施形態では、囲い３０７は実質的に円柱形状である。様々な実施形態では、材料供給システムは、ロータリーエアロックまたは二重もしくは三重のフラップエアロックを含め、スクリュー、オーガー、コンベヤー、ドラム缶、スクリーン、傾斜台、落下室、空気輸送装置を含む。

【０１４６】

原料１０９／２０９が、原料供給ホッパー３００から材料輸送ユニット３０４に供給されると、オーガーまたはスクリュー３０５が回転されて、原料１０９／２０９を酸素パージマニホールド３０２の方に移動する。原料１０９／２０９が酸素パージマニホールド３０２に達する時、材料輸送ユニット３０４内の原料１０９／２０９の間の周囲空気は、約２０．９％の酸素を含むことが理解されよう。様々な実施形態では、酸素パージマニホールド３０２は、材料輸送ユニット３０４に隣接して、またはその近くに配置される。一実施形態の酸素パージマニホールド内では、材料輸送ユニット３０４の囲い３０７は、複数のガス吸気ポート３１０ａ、３１０ｂ、３１０ｃ、および複数のガス排気ポート３０８ａ、３０８ｂ、３０８ｃを含む。

【０１４７】

酸素パージマニホールド３０２は、少なくとも１本のガス吸込み管路３１２および少なくとも１本のガス排出管路３１４を含む。様々な実施形態では、酸素パージマニホールド３０２の少なくとも１本のガス吸込み管路３１２は、複数のガス吸気ポート３１０ａ、３１０ｂ、３１０ｃの各々と動作可能に連通している。同様に、様々な実施形態では、酸素パージマニホールド３０２の少なくとも１本のガス排出管路３１４は、複数のガス排気ポート３０８ａ、３０８ｂ、３０８ｃの各々と動作可能に連通している。一実施形態では、ガス吸込み管路３１２は、不活性ガスをガス吸気ポート３１０ａ、３１０ｂ、３１０ｃに入れるように構成されていることが理解されよう。１つのかかる実施形態では、不活性ガスは、実質的に酸素を含まない窒素である。一実施形態では、不活性ガスは、バイオマスに対向して流れるであろう。

【０１４８】

当然のことながら、不活性ガス３１２の囲まれた材料輸送ユニット３０４への導入は、周囲空気を囲まれたシステムから強制的に外へ出す。作動中に、不活性ガス３１２が一実施形態の第１のガス吸気ポート３１０ａに導入されると、酸素を豊富に含む多量の周囲空気が強制的に排気ポート３０８ａから外に出る。この時点で、約２％以下の酸素、約１％以下の酸素、約０．５％以下の酸素、または約０．２％以下の酸素の所望のレベルに達し得ないことが理解されよう。従って、様々な実施形態では、囲まれたシステム内の原料１０９の周囲の空気から必要な量の酸素をパージするために、不活性ガス３１２の追加の注入が行われる必要がある。一実施形態では、第１のガス吸気ポート３１０ａでの注入に続いて、第２のガス吸気ポート３１０ｂが、不活性ガス３１２を囲まれたシステムに入れ、それによって、残りの酸素の多くを囲まれたシステムからパージする。酸素３１４をパージするための１回または２回の不活性ガス３１２の注入の後、所望のレベルのより少ない酸素に達し得ることが理解されよう。一実施形態では、２回の不活性ガス注入の後、所望の酸素レベルがまだ達成されない場合は、ガス吸気ポート３１０ｃでの不活性ガス３１２の第３の注入が、酸素３１４の残りの望ましくない量を、ガス排気ポート３０８ｃで、囲まれたシステムからパージするであろう。所望であれば、追加の吸気口／排出口も組み込まれ得る。様々な実施形態では、酸素レベルは、不活性ガス注入の量および場所の較正を可能にするため、材料供給システム全体にわたって監視される。

【０１４９】

一代替実施形態では、反応装置から回収された熱、水蒸気、およびガスが、供給システ

ムに向かい、そこでは、それらはジャケット内に囲まれ、原料との直接接触から分離されているが、反応装置への導入前に、供給材料を間接的に加熱する。

【０１５０】

一代替実施形態では、反応装置の乾燥ゾーンから回収された熱、水蒸気、およびガスが、供給システムに向かい、そこで、それらはジャケット内に囲まれ、原料との直接接触から分離されているが、反応装置への導入前に、供給材料を間接的に加熱する。

【０１５１】

一実施形態のガス吸気ポート３１０ａ、３１０ｂ、３１０ｃ、および対応するガス排気ポート３０８ａ、３０８ｂ、３０８ｃはそれぞれ、材料輸送ユニット３０４を通る垂直２等分面に関して互いに僅かにオフセットされていることが理解されよう。例えば、一実施形態では、吸気ポート３１０ａおよび対応する排気ポート３０８ａは、材料輸送ユニット３０４内のオーガー３０５のピッチにほぼ一致する量だけ材料輸送ユニット３０４上でオフセットされている。様々な実施形態では、原料１０９／２０９の周囲の大気が満足のいくように脱酸素化された後、それは、材料供給システム１０８からＢＰＵ　１０２に供給される。様々な実施形態では、酸素レベルは、不活性ガス注入の量および場所の較正を可能にするため、材料供給システム全体にわたって監視される。

【０１５２】

一実施形態では、原料１０９／２０９、およびその後の乾燥されたバイオマス２２１、予熱されたバイオマス１２３／２２３、炭化バイオマス１２５／２２５および炭化バイオマス１２６／２２６は、連続する材料輸送ユニット３０４に沿って、反応装置１０２（または複数の反応装置）まで移動することが理解されよう。別の実施形態では、材料を搬送する材料輸送ユニットは、プロセス内の異なる段階で異なる。一実施形態では、反応装置、ゾーンまたは複数の反応装置を通って材料を移動させるプロセスは連続的である。１つのかかる実施形態では、材料輸送ユニット３０４の速度は、材料が反応装置または複数の反応装置を通って移動する際に、材料輸送ユニット３０４の動作が中断を必要としないように、関連したコントローラおよびプロセッサによって、適切に較正および計算される。

【０１５３】

別の実施形態では、反応装置１０２または反応装置（１１２／１１４／１１６）に関連したコントローラは、１つまたは複数のフィードバックセンサー、検知されたガス（例えば、任意選択のＦＴＩＲから）、測定されたパラメータ、温度計、または反応装置プロセスにおける他の適切な変数に基づいて、材料輸送ユニット３０４の速度を調整するように構成されている。様々な実施形態では、コントローラおよびプロセッサに動作可能に連通した、任意の適切な湿度センサー、温度センサー、またはガスセンサーが、ゾーン／反応装置の各々内もしくはその間、または材料輸送ユニット３０４に沿った適切な位置に、組み込まれ得ることが理解されよう。一実施形態では、コントローラおよびプロセッサは、センサーまたは計器の情報を使用して、ＢＰＵ　１００／２００の速度および効率を最適化する。一実施形態では、反応装置１０２または反応装置（１１２／１１４／１１６）に関連したコントローラは、材料輸送ユニット３０４を操作するように構成されている。一実施形態では、反応装置１０２または反応装置（１１２／１１４／１１６）に関連したコントローラは、材料輸送ユニット３０４内部または任意の反応装置内部のガスの濃度、温度および湿気を監視するように構成されている。一実施形態では、コントローラは、様々なセンサーによって取得された１つまたは複数の測定値に基づいて、材料輸送ユニット３０４の速度、材料輸送ユニットへのガスの注入、および材料輸送ユニット内の材料に印加される熱を調整するように構成されている。

【０１５４】

ここで図２および図４を参照すると、ＢＰＵ　１０２の一実施形態が示されている。図４でのＢＰＵ　２０２のグラフィカル表現は、実質的に図２でのＢＰＵ　２０２に対応することが理解されよう。様々な実施形態では、ＢＰＵ　２０２はキルンシェルで周囲を囲まれて、反応装置プロセスのために必要な大量の熱を制御および操作することも理解されよう。図４に見られるように、一実施形態では、ＢＰＵ　２０２のキルンシェルは、４つ

のゾーン２１０、２１２、２１４および２１６を取り囲むいくつかの絶縁室（４１６、４１８）を含む。一実施形態では、キルンは４つの分離したゾーンを含む。様々な実施形態では、ＢＰＵ　２０２の４つのゾーン２１０、２１２、２１４および２１６の各々は、少なくとも１つの注入口フライト（ｉｎｌｅｔ　ｆｌｉｇｈｔ）および少なくとも１つの排出口フライトを含む。以下でもっと詳しく説明するように、１つのかかる実施形態の各ゾーン内では、注入口および排出口フライトは調整可能に構成されており、ゾーンへの、およびゾーンからの、供給材料、ガス、および熱の流れ制御する。不活性ガスの供給が、注入口フライトに導入でき、パージされた空気が対応する排出口フライトから抽出できる。様々な実施形態では、ＢＰＵ　２０２内のゾーンの排出口フライトの１つまたは複数が、ＢＰＵ　２０２内の他の注入口または排出口フライトの１つまたは複数に連結されている。

【０１５５】

一実施形態では、原料２０９が材料供給システム１０８内で脱酸素化された後、ＢＰＵ　２０２に、具体的には、４つのゾーンのうちの第１のゾーン、任意選択の乾燥ゾーン２１０に導入される。図４に見られるように、乾燥ゾーンは、注入口フライト４２２ｂおよび排出口フライト４２０ａを含む。一実施形態では、乾燥ゾーンは、約８０℃～約１５０℃の温度まで加熱されて、水または他の水分を原料２０９から除去する。バイオマスは、次いで、第２のまたは予熱ゾーン２１２に移動され、そこで、前述したように、バイオマスが予熱される。

【０１５６】

別の実施形態では、任意選択で乾燥され、予熱されている材料が、第３の、または炭化ゾーンに移動される。一実施形態では、炭化は、約２００℃～約７００℃の温度で、例えば、約２００℃、約２１０℃、約２２０℃、約２３０℃、約２４０℃、約２５０℃、約２６０℃、約２７０℃、約２８０℃、約２９０℃、約３００℃、約３１０℃、約３２０℃、約３３０℃、約３４０℃、約３５０℃、約３６０℃、約３７０℃、約３８０℃、約３９０℃、約４００℃、約４１０℃、約４２０℃、約４３０℃、約４４０℃、約４５０℃、約４６０℃、約４７０℃、約４８０℃、約４９０℃、約５００℃、約５１０℃、約５２０℃、約５３０℃、約５４０℃、約５５０℃、約５６０℃、約５７０℃、約５８０℃、約５９０℃、約６００℃、約６１０℃、約６２０℃、約６３０℃、約６４０℃、約６５０℃、約６６０℃、約６７０℃、約６８０℃、約６９０℃、または約７００℃で起こる。別の実施形態では、反応装置４２１の炭化ゾーンは、炭化中に生成されたガスが抽出できるように適合されている。別の実施形態では、炭化中に生成されたガスが、任意選択の後の使用のために抽出される。一実施形態では、炭化温度は、メタン（CH_4）の生成を最小限にするか、または除去し、かつ、炭化バイオマスの炭素含有量を最大限にするために選択される。

【０１５７】

別の実施形態では、炭化バイオマスは、温度低下または冷却ゾーン（第３のゾーン）に移動されて、受動的に冷却されるか、または能動的に冷却される。一実施形態では、炭化バイオマス固形物が、室温の±１０℃、２０℃、３０℃または４０℃の温度まで冷却される。

【０１５８】

様々な実施形態では、ＢＰＵは、複数のガス導入プローブおよびガス抽出プローブを含む。図４に示すＢＰＵの実施形態では、ＢＰＵは、複数のガス導入プローブ：４０８、４１０、４１２および４１４、ならびに複数のガス抽出プローブ：４００、４０２、４０４および４０６をさらに含む。様々な実施形態では、各ガス導入プローブの１つおよび各ガス抽出プローブの１つが、複数のゾーン２１０、２１２、２１４および２１６の異なる１つに対応することが理解されよう。様々な代替実施形態では、ＢＰＵ　２０２は、複数のゾーンの各々に対して、２つ以上のガス導入プローブおよび２つ以上のガス抽出プローブを含め、任意の適切な数のガス導入プローブおよびガス抽出プローブを含むことも理解されよう。

【０１５９】

図示した実施形態では、乾燥ゾーン２１０は、ガス導入プローブ４１２およびガス抽出プローブ４０２と関連付けられている。一実施形態では、ガス導入プローブ４１２は、窒素を乾燥ゾーン２１０に導入し、ガス抽出プローブ４０２は、乾燥ゾーン２１０からガスを抽出する。様々な実施形態では、ガス導入プローブ４１２は、ガスの混合物を乾燥ゾーン２１０に導入するように構成されていることが理解されよう。一実施形態では、抽出されるガスは酸素である。様々な実施形態では、ガス抽出プローブ４０２は、上で詳述したように、熱またはエネルギー回収システムで再利用されるように、乾燥ゾーン２１０からガスを抽出することが理解されよう。

【０１６０】

図示した実施形態では、予熱ゾーン２１２は、ガス導入プローブ４１４およびガス抽出プローブ４００と関連付けられている。一実施形態では、ガス導入プローブ４１４は、窒素を予熱ゾーン２１２に導入し、ガス抽出プローブ４００は、予熱ゾーン２１２からガスを抽出する。様々な実施形態では、ガス導入プローブ４１４は、ガスの混合物を予熱ゾーン２１２に導入するように構成されていることが理解されよう。様々な実施形態では、ガス抽出プローブ４００内で抽出されたガスは、炭素濃縮オフガスを含む。一実施形態では、前述したように、予熱ゾーン２１２および熱分解ゾーン２１４から抽出されたガスは、プロセス内の後の段階で、例えば、炭素回収ユニット内で、材料に再導入されることが理解されよう。様々な実施形態では、反応装置のいずれかのゾーンから抽出されたガスは、乾燥装置あるいはプロセスガス加熱器内でのエネルギー回収のため、またはトリミング反応装置内あるいは炭素濃縮ユニット内でのさらなる熱分解のために使用される。

【０１６１】

図示した実施形態では、熱分解ゾーン２１４は、ガス導入プローブ４１０およびガス抽出プローブ４０４と関連付けられている。一実施形態では、ガス導入プローブ４１０は、窒素を熱分解ゾーン２１４に導入し、ガス抽出プローブ４０４は、熱分解ゾーン２１４からガスを抽出する。様々な実施形態では、ガス導入プローブ４１０は、ガスの混合物を熱分解ゾーン２１４に導入するように構成されていることが理解されよう。様々な実施形態では、ガス抽出プローブ４０４内で抽出されたガスは、炭素濃縮オフガスを含む。一実施形態では、前述したように、熱分解ゾーン２１４から抽出された炭素濃縮ガスは、プロセス内の後の段階で使用され、材料に再導入されることが理解されよう。様々な実施形態では、以下でさらに詳細に説明するように、予熱ゾーン２１２から抽出されたガス４００と熱分解ゾーン２１４から抽出されたガス４０４が、材料に再導入される前に、結合される。

【０１６２】

図示した実施形態では、冷却ゾーン２１６は、ガス導入プローブ４０８およびガス抽出プローブ４０６と関連付けられている。一実施形態では、ガス導入プローブ４０８は、窒素を冷却ゾーン２１６に導入し、ガス抽出プローブ４０６は、冷却ゾーン２１６からガスを抽出する。様々な実施形態では、ガス導入プローブ４０８は、ガスの混合物を冷却ゾーン２１６に導入するように構成されていることが理解されよう。様々な実施形態では、ガス抽出プローブ４０６は、上で詳述したように、熱またはエネルギー回収システムで再利用されるように、冷却ゾーン２１６からガスを抽出することが理解されよう。

【０１６３】

前述した様々な実施形態のガス導入プローブおよびガス抽出プローブは、各ゾーンに導入されているガス、および各ゾーンから抽出されているガスのレベルおよび濃度を調整するために、前述したコントローラおよび複数のセンサーとともに動作するように構成されていることが理解されよう。

【０１６４】

様々な実施形態では、ガス導入プローブおよびガス抽出プローブは、高温変動に耐えるように構成された適切な管で作られている。一実施形態では、ガス導入プローブおよびガス抽出プローブは、ガスがそこを通って導入または抽出される複数の開口部を含む。様々な実施形態では、複数の開口部は、注入口およびガス抽出プローブの下側に配置されてい

る。様々な実施形態では、複数の開口部の各々は、それぞれのゾーン内でかなりの長さにわたって延在する。

【０１６５】

一実施形態では、ガス導入プローブは、ＢＰＵ　２０２の一方から各ゾーンを通って延在する。１つのかかる実施形態では、４つのガス導入プローブの各々が、ＢＰＵの単一側から、それぞれのゾーンの各々まで延在する。様々な実施形態では、固定炭素レベルを高める、ガス状の触媒が追加される。かかる実施形態では、４つのガス導入プローブの各々に対する複数の開口部が、その特定のガス導入プローブに関連付けられたそれぞれのゾーン内にのみ配置されることが理解されよう。

【０１６６】

例えば、図４を参照すると、ガス導入プローブの各々が乾燥ゾーンの左側からゾーンの各１つ内まで延在する場合、４つ全部のガス導入プローブが乾燥ゾーンを通り、乾燥ゾーンガス導入プローブが乾燥ゾーン内で終了する。残りの３つのガス導入プローブは全て、予熱ゾーンを通り、予熱ゾーンガス導入プローブが予熱ゾーン内で終了する。残りの２つのガス導入プローブは、熱分解ゾーンを通り、熱分解ゾーンガス導入プローブが熱分解ゾーン内で終了する。冷却ゾーンガス導入プローブは、冷却ゾーン内に入り、冷却ゾーン内で終了する唯一のガス導入プローブである。様々な実施形態では、ガス抽出プローブは、この例で説明したガス導入プローブと同様に構成されていることが理解されよう。ガス導入プローブおよびガス抽出プローブは各々、ＢＰＵのどちら側からも開始できることも理解されよう。

【０１６７】

様々な実施形態では、ガス導入プローブは、上の例で説明した複数ポート構成によって使用されるスペースを節約するために、互いに同心円状に配置される。１つのかかる実施形態では、４つの吸気プローブ／ポートの各々は、その前の吸気プローブ／ポートより小さい直径を有するであろう。例えば、一実施形態では、乾燥ゾーンガス導入プローブが最も大きい内部の直径を有し、それから予熱ゾーンガス導入プローブが、乾燥ゾーン吸気プローブ／ポートの内部の直径内に位置付けられ、熱分解ゾーンガス導入プローブが次いで、予熱ゾーンガス導入プローブの内部の直径内に位置付けられ、そして、冷却ゾーンガス導入プローブが、熱分解ゾーンガス導入プローブ内に位置付けられる。一実施形態では、適切なコネクタが、ＢＰＵ　２０２の外側で４つのガス導入プローブの各々に取り付けられ、４つのガス導入プローブの各々に注入される空気を個別に制御する。

【０１６８】

１つのかかる実施形態では、上の例と同様に、乾燥ゾーンガス導入プローブは、乾燥ゾーン内で終了し、他の３つのガス導入プローブは、予熱ゾーンまで続く。しかし、同心のまたは実質的に同心の配置では、最も外側のガス導入プローブだけが、終了される前に、各ゾーン内でさらされる。従って、１つのかかる実施形態では、個々のゾーンガス導入は、１本の連続的なガス導入プローブ管路を必要とするだけで、互いに無関係に効率的に制御される。同様の同心または実質的に同心の構成が、一実施形態では、ガス抽出プローブに対して適切に使用されることが理解されよう。

【０１６９】

一実施形態では、各ゾーンまたは反応装置は、１つもしくは複数の個々のゾーンまたは反応装置からオフガスを抽出および収集するように適合されている。別の実施形態では、各ゾーン／反応装置からのオフガスは、廃棄、分析および／または後の使用のために、分離されたままである。様々な実施形態では、各反応装置／ゾーンは、ゾーン／反応装置内でガス発生を監視できるＦＴＩＲなどのガス検知システムを含む。別の実施形態では、複数のゾーン／反応装置からのオフガスは、廃棄、分析および／または後の使用のために結合され、また、様々な実施形態では、１つまたは複数のゾーン／反応装置からのオフガスは、プロセスガス加熱器に供給される。別の実施形態では、１つまたは複数のゾーン／反応装置からのオフガスは、炭素回収ユニットに供給される。別の実施形態では、１つまたは複数のゾーン／反応装置からのオフガスは、炭素回収ユニットに導入される前に、気相

分離装置に供給される。一実施形態では、気相分離装置は、分留塔を含む。当業者に周知の任意の分留塔が使用され得る。一実施形態では、オフガスは、適切な温度に加熱された標準的な分留塔、または充填塔を使用して、非極性化合物および極性化合物に分離される。別の実施形態では、気相分離装置からの非極性化合物または濃縮ガスは、任意選択の後の使用のために抽出され、また、様々な実施形態では、１つまたは複数のゾーン／反応装置からのオフガスは、プロセスガス加熱器に供給される。一実施形態では、予熱ゾーン／反応装置、熱分解ゾーン／反応装置および任意選択の冷却ゾーン／反応装置から抽出されたガスは、結合されたストリームに抽出され、気相分離装置に供給される。様々な実施形態では、ゾーン／反応装置の１つまたは複数は、結合されたストリームにガスが導入されるかどうか、およびどのくらいの量のガスが導入されるかを制御するように構成されている。

【０１７０】

前述し、また、図５におおまかに示すように、ＢＰＵ　１０２／２０２からのオフガス１２４／２２４は、気相分離装置に向かう。様々な実施形態では、オフガス１２４／２２４は、第２の／熱分解ゾーン／反応装置１１４／２１４から抽出されたガス１２２／２２２と結合された第１の／予熱ゾーン／反応装置１１２／２１２から抽出されたガス１２０、またはどちらか一方のガスストリームだけを含む。オフガス１２４／２２４が気相分離装置に入ると、オフガス１２４／２２４が極性化合物１２８／２２８／１３６／２３６と、非極性ガスなどの非極性化合物２０４に分離される。様々な実施形態では、気相分離装置２００は、既知の分留塔である。

【０１７１】

様々な実施形態では、結合されたオフガス１２４／２２４から抽出された濃縮ガス２０４は、気相分離装置２００から入力５２４を経由して炭素回収ユニット５００へ向かい、そこで材料を濃縮する。前述し、また、図８および図１１に示すように、様々な実施形態では、抽出されたガスはまず、材料濃縮ユニットに、次いで、分離した炭素回収ユニットに導入されることが理解されよう。図５に示された実施形態では、材料濃縮は、炭素回収ユニット５００内で起こる。一実施形態（図５）では、気相分離装置２００は、複数の出力を含む。様々な実施形態では、気相分離装置２００からの１つの出力は、濃縮ガスストリームを炭素回収ユニット５００に導入するために、炭素回収ユニット５００に連結されている。一実施形態では、濃縮ガスストリームの一部は、炭素回収ユニット５００に向かい、また、別の部分はスクラバー（ｓｃｒｕｂｂｅｒ）または別の適切な浄化装置に向かって、浄化および不要なガスの廃棄を行う。様々な実施形態では、炭素回収ユニットに送られないオフガスは、エネルギー回収のため（例えば、プロセスガス加熱器内で）、または不活性ガスとして（例えば、脱気ユニット、反応装置、ＢＰＵ、または冷却装置内で）使用され得る。同様に、様々な実施形態では、炭素回収ユニットからのオフガスは、エネルギー回収のため（例えば、プロセスガス加熱器内で）、不活性ガスとして（例えば、脱気ユニット、反応装置、ＢＰＵ、または冷却装置内で）、または二次回収ユニット内で使用され得る。

【０１７２】

一実施形態では、気相分離装置からの別の出力は、極性化合物を抽出し、任意選択でそれらを、複数の異なる流動部分を含む、液状成分に凝縮する。様々な実施形態では、液体は、水、酢酸、メタノールおよびフルフラールを含む。様々な実施形態では、生成された液体は、保管されるか、廃棄されるか、さらに処理されるか、または再利用される。例えば、一実施形態で生成された水は、システムの別の部分を加熱または冷却するために、再利用できることが理解されよう。別の実施形態では、水が排出される。一実施形態で生成された酢酸、メタノールおよびフルフラールは、再利用、再販売、蒸留または精製のために、貯蔵タンクに送られ得ることも理解されよう。

【０１７３】

図５に見られるように、一実施形態の炭素回収ユニット５００は、上部および下部を有するハウジングを備える。材料濃縮ユニットが炭素回収ユニットから分離されている様々

な実施形態では、材料濃縮ユニットは、図５の炭素回収ユニット５００に関連して説明されたものと同様の特徴を含むことが理解されよう。一実施形態では、炭素回収ユニットは：上部５０２ａおよび下部５０２ｂを有するハウジング５０２；反応装置オフガスを搬送するように構成されたハウジングの下部の底面にある注入口５２４；濃縮されたガスストリームを搬送するように構成されたハウジングの上部の上面にある排出口５３４；ハウジングの上部と下部との間に画定された経路５０４；ならびにその経路に続く輸送システム５２８を備えており、輸送システムは試薬を輸送するように構成され、ハウジングは、試薬が反応装置オフガスの少なくとも一部を吸着するように、形成されている。様々な実施形態では、上部は複数の排出口を含み、また、下部は複数の注入口を含む。

【０１７４】

一実施形態では、ハウジング５０２は実質的に、１１０度以下、９０度以下、８０度以下または７０度以下の角度を有する角部を自由に使用できる。一実施形態では、ハウジング５０２は、実質的に凸状角部（ｃｏｎｖｅｘ　ｃｏｒｎｅｒ）を自由に使用できる。別の実施形態では、ハウジング５０２は、渦を生成するか、または空気をトラップすることが可能な凸状角部を自由に使用できる。別の実施形態では、ハウジング５０２は実質的に、立方体、直角プリズム、楕円体、立体楕円体（ｓｔｅｒｅｏｇｒａｐｈｉｃ　ｅｌｌｉｐｓｏｉｄ）、回転楕円体、底部と底部が貼り付けられた２つの円錐形、底部と底部が貼り付けられた２つの正四面体、底部と底部が貼り付けられた２つの長方形ピラミッド、または底部と底部が貼り付けられた２つの二等辺三角形プリズムのように形成されている。

【０１７５】

一実施形態では、ハウジング５０２の上部５０２ａおよび下部５０２ｂは、各々実質的に、半楕円形、半直角プリズム、半立体楕円体、半回転楕円体、円錐形、正四面体、長方形ピラミッド、二等辺三角形プリズム、または円形から矩形への導管推移（ｒｏｕｎｄ－ｔｏ－ｒｅｃｔａｎｇｕｌａｒ　ｄｕｃｔ　ｔｒａｎｓｉｔｉｏｎ）のように形成されている。

【０１７６】

別の実施形態では、ハウジング５０２ｂの下部の底面にある注入口５２４、およびハウジング５０２ａの上部の上面にある排出口５３４は、パイプと連結するように構成されている。別の実施形態では、ハウジング５０２ｂの下部の上面、およびハウジング５０２ａの上部の底面は実質的に、矩形、円形、または楕円形である。別の実施形態では、ハウジング５０２ｂの下部の上面とハウジング５０２ａの上部の底面との間の幅は、輸送システム５２８の幅よりも広い。一実施形態では、輸送システム５２８の幅は、その高さである。

【０１７７】

一実施形態では、炭素回収ユニット５００は、上部と下部との間に画定された経路５０４、吸気開口部５０６、および排出開口部５０８を備える。一実施形態では、吸気開口部および排出開口部は、輸送システムを受け入れるように構成されている。一実施形態では、輸送システム５２８は、濃縮ガスに対して、少なくとも半透過性または透過性である。

【０１７８】

一実施形態では、吸気開口部５０６は、ガス漏れを減らすための吸気開口部シール機構を含み、また、排出開口部５０８は、ガス漏れを減らすための排出開口部シール機構を含む。一実施形態では、吸気および排出開口部シール機構は、エアロックを備える。

【０１７９】

様々な実施形態では、炭素回収ユニットのハウジングの下部５０２ｂは、狭い丸底の連結開口部を有し、それは、ガスストリーム２０４の輸送のために気相分離装置２００に連結されている。様々な実施形態では、炭素回収ユニットのハウジングの下部５０２ｂの上面は実質的に矩形形状であり、また、実質的に、狭い丸底の連結開口部よりも幅広い。一実施形態では、下部は、丸底開口部から矩形上面開口部へ推移することが理解されよう。一実施形態では、下部の矩形上面開口部は、（コンベヤーシステムの方向に沿って）約６フィートの幅である。様々な実施形態では、炭素回収ユニット５００の上部は、実質的に

下部と同様に形成されている。一実施形態では、上部の下部開口部は、下部の上面開口部よりも幅広い。一実施形態では、上部の矩形下部開口部は、（コンベヤーシステムの方向に沿って）約６．５フィートの幅である。一実施形態では、上部は、活性化された材料によって吸着されない、炭素回収ユニット５００を通過する全てのガスを捕捉するように構成されている。

【０１８０】

様々な実施形態では、炭素回収ユニットの下部の形状は、生体試薬１２６／２２６を搬送するコンベヤーのより広い表面領域にわたって、ガス２０４を減速および分散するのに役立つことが理解されよう。様々な実施形態では、炭素回収ユニット５００の下部５０２ｂおよび上部５０２ａの正確な形状は、気相分離装置パイプから来るガス分散の角度によって決まる。様々な実施形態では、ガスは、垂直線から５～３０度の間のフレアの範囲で吸い上げられるとき、自然に膨張する傾向があることが理解されよう。一実施形態では、フレア角度は約１５度である。炭素回収ユニットの下部は、空気のトラップまたは渦の生成を防ぐために、できるだけ少ない溝（ｃｒｅａｓｅ）および角部で構築されていることが理解されよう。

【０１８１】

一実施形態では、炭素回収ユニット５００は、ＢＰＵ　１０２／２０２のみならず、前述したように、気相分離装置２００に連結するように構成されている。様々な実施形態では、炭素回収ユニット５００は、冷却反応装置／ゾーン２１６／１１６、またはＢＰＵ１０２／２０２もしくはＢＰＵの外部の最後の冷却ゾーンの出力に連結されている。一実施形態では、冷却反応装置／ゾーン１１６／２１６の出力は、ＢＰＵ　１０２／２０２内で処理されている生体試薬を含む。一実施形態では、生体試薬１２６／２２６は、適切な輸送システムに沿って炭素回収ユニット５００に入る。様々な実施形態では、炭素回収ユニットの上面部および底面部が互いに連結され、輸送システムが通過する経路を画定する。一実施形態では、輸送システムは、ガスがそこを通過できるように構成された、多孔質またはメッシュ材料で構築されている。輸送システムは、炭素回収ユニット５００の開口部を通り、次いで、炭素回収の出口開口部を通り抜けるように構成されていることが理解されよう。いくつかの実施形態では、炭素回収ユニットへの入り口および炭素回収ユニットからの出口は、エアロックまたは別の適切なシール機構で適切に密閉されていて、ガスがコンベヤー開口部を通って漏れるのを防ぐ。様々な実施形態では、炭素回収ユニットに送られないオフガスは、エネルギー回収のため（例えば、プロセスガス加熱器内で）、または不活性ガスとして（例えば、脱気ユニット、反応装置、ＢＰＵ、または冷却装置内で）使用され得る。同様に、様々な実施形態では、炭素回収ユニットからのオフガスは、エネルギー回収のため（例えば、プロセスガス加熱器内で）、不活性ガスとして（例えば、脱気ユニット、反応装置、ＢＰＵ、または冷却装置内で）、または二次回収ユニット内で使用され得る。

【０１８２】

様々な実施形態では、プロセスは、まず、冷却反応装置／ゾーン１１６／２１６からの適切な放出機構を使用して、生体試薬１２６／２２６を冷却ゾーン１１６／２１６から輸送システム上に出力することにより動作する。一実施形態では、生体試薬１２６／２１６は、輸送システムの幅にわたって広がり、材料のスタッキングまたはバンチングを最小限にし、ガス吸収のための表面積を最大限にする。生体試薬１２６／２１６が析出され、輸送システム上に適切に広がっている時点で、様々な実施形態では、輸送システムは、前述した、下部と上面部との間に画定された、炭素回収ユニット１０４内の開口部を通って、生体試薬１２６／２２６を輸送する。炭素回収ユニット１０４内で、生体試薬１２６／２１６は、気相分離装置２００から炭素回収ユニット１０４の下部にパイプで運ばれたガスを吸着する。生体試薬が非極性ガスで濃縮された後、生体試薬は高炭素生体試薬になることが理解されよう。様々な実施形態では、高炭素生体試薬は、本明細書で開示するプロセスの最終生成物であり、炭素回収ユニット１０４から適切な貯蔵または後処理装置に輸送される。

【０１８３】
一実施形態では、濃縮ガス２０４がコンベヤーおよび生体試薬１２６／２１６を通過した後、結果として生じたガスが、炭素回収ユニット１０４の上面部で抽出される。様々な実施形態では、排出されたガス１３４が、適切なスクラバー、スタック、または回収システムに搬送される。いくつかの実施形態では、排出ガスは、二次炭素回収ユニット内またはエネルギーのための使用を含め、システム内で任意の再利用可能な品質に対して利用される。様々な実施形態では、炭素回収ユニットに送られないオフガスは、エネルギー回収のため（例えば、プロセスガス加熱器内で）、または不活性ガスとして（例えば、脱気ユニット、反応装置、ＢＰＵ、または冷却装置内で）使用され得る。同様に、様々な実施形態では、炭素回収ユニットからのオフガスは、エネルギー回収のため（例えば、プロセスガス加熱器内で）、不活性ガスとして（例えば、脱気ユニット、反応装置、ＢＰＵ、または冷却装置内で）、または二次回収ユニット内で使用され得る。

【０１８４】
生体試薬１２６／２１６は、大量の炭素を含み、炭素は、非極性ガスを吸着するための高い優先度を有することが理解されよう。濃縮ガスストリーム２０４は、主として、テルペン、一酸化炭素、二酸化炭素、およびメタンのような、非極性ガスを含むことも理解されよう。様々な実施形態では、濃縮ガスが、気相分離装置から炭素回収ユニットに向かうときに、ガス流量およびコンベヤー速度が監視され、制御されて、生体試薬１２６／２１６内の非極性ガスの最大吸着を確実にする。別の実施形態では、高エネルギー有機化合物は、バイオマスの炭化中に溶出され、気相分離装置２００から炭素回収ユニットに出力された、濃縮ガス２０４の少なくとも一部を含む。様々な実施形態では、濃縮ガス２０４は、炭素回収ユニットまたは材料濃縮ユニットに導入される前に、追加の添加剤でさらに濃縮される。

【０１８５】
以下でさらに詳述するように、様々な実施形態では、炭素回収ユニット内での生体試薬１２６／２１６の滞留時間は、生体試薬１２６／２１６の成分ならびにガス流および成分に基づいて、制御され、変動する。一実施形態では、生体試薬は、１つまたは複数の炭素回収ユニットを複数回、通される。様々な実施形態では、気相分離装置からの濃縮ガスの出力および炭素回収ユニット１０４からの排出ガスの出力は、追加の炭素回収ユニットに迂回させるか、もしくは分岐させるか、またはさらに精製されるか、またはプロセス内での使用のために、エネルギーもしくは不活性ガス用に使用されることが可能である。

【０１８６】
ここで、図６～図１３をおおまかに参照すると、本開示の様々な実施形態が示されて説明されている。図６～図１３に関連して以下で説明される様々な実施形態および代替手段は、前述した図１～図５の実施形態に適用され、逆もまた同様であることが理解されよう。

【０１８７】
ここで、特に図６を参照すると、この実施形態は、２つ以上の複数の異なるゾーンを有する単一の反応装置を含む、ＢＰＵを利用できる。例示的実施形態には２つのゾーンが示されているが、任意の異なる数のゾーンが採用され得る。一実施形態では、各ゾーンは、材料輸送ユニット（図示せず）を通って少なくとも１つの他のゾーンに連結されている。一実施形態では、材料輸送ユニットは、大気および温度条件を制御する。

【０１８８】
特に、図６に示す一実施形態では、システム６００は、材料供給システム６０２、熱分解ゾーン６０８および冷却ゾーン６１０を含むＢＰＵ　６０６、冷却装置６１４、ならびに炭素回収ユニット６１６を含む。図６の冷却装置６１４はＢＰＵ　６０６の外部であり、ＢＰＵ　６０６内に存在する冷却ゾーン６１０に加えてであることが理解されよう。

【０１８９】
様々な実施形態では、システム６００は、材料供給システム６０２とＢＰＵ　６０６との間に、任意選択の乾燥装置を含む。様々な実施形態では、ＢＰＵ　６０６は、複数のゾ

ーンを含む。図６では、ＢＰＵ　６０６は、熱分解ゾーン６０８および冷却ゾーン６１０を含む。ＢＰＵ　６０６は、少なくとも凝縮性蒸気および不凝縮ガス６１２を含む、複数のゾーン６０８、６１０に様々な物質を追加するため、および複数のゾーン６０８、６１０から様々な物質を除去するために、少なくとも複数の注入口および排出口も含む。以下で説明する様々な実施形態では、複数のゾーン６０８または６１０のうちの１つまたは複数は、ＢＰＵ　６０６によって囲まれていることが理解されよう。

【０１９０】

ここで図７を参照すると、一実施形態のシステム７００が示されて説明されている。システム７００は、材料供給システム７０２、予熱器７０６、熱分解反応装置７０８、冷却装置７１４、および炭素回収ユニット７１６を含む、単一反応装置システムを含む。様々な実施形態では、システム７００は、材料供給システム７０２と予熱器７０６との間に、任意選択の乾燥装置７０４を含む。図７に見られるように、一実施形態の熱分解反応装置７０８は、少なくとも１つのガス注入口７１０および、熱分解反応装置７０８から物質を出力するための少なくとも１つのガス排出口７１２を含む。様々な実施形態では、排出口７１２を通って出力される物質は、凝縮性蒸気および／または不凝縮ガスを含む。熱分解反応装置７０８は、本明細書では詳細に説明されない、１つまたは複数のゾーンを含み得ることが理解されよう。様々な実施形態では、システム７００は、熱分解反応装置７０８に加えて、１つまたは複数の反応装置を含む。

【０１９１】

ここで図８を参照すると、一実施形態の、単一反応装置、複数ゾーンのＢＰＵシステム８００が示されて説明されている。システム８００は、材料供給システム８０２、熱分解ゾーン８１０および冷却ゾーン８１２を有するＢＰＵ　８０８、材料濃縮ユニット８１８、ならびに炭素回収ユニット８２０を含む。前述した実施形態と同様に、図８は、材料供給システム８０２とＢＰＵ　８０８との間に配置された任意選択の乾燥装置８０４も含む。乾燥装置８０６からの水分８０６が、乾燥プロセス中に除去されることが理解されよう。図８は、ＢＰＵ　８０８の外部で、材料濃縮ユニット８１８の前に、任意選択の冷却装置８１６も含む。以下でさらに詳述するように、材料濃縮ユニット８１８は、ＢＰＵ　８０８のガス排出口８１４と連通しており、それは、凝縮性蒸気および不凝縮ガスをＢＰＵから搬送する。図８に示す様々な実施形態は、材料濃縮ユニット８１８とは別個の炭素回収ユニット８２０を含むことが理解されよう。前述したように、様々な実施形態では、図８の炭素回収ユニット８２０は、材料濃縮ユニット８１８に続いて、濃縮された材料がその中に貯蔵される適切な容器であり、炭素回収ユニット８２０はその材料をさらには濃縮しない。

【０１９２】

様々な実施形態では、任意選択のプロセスガス加熱器８２４が、システム内に配置され、ＢＰＵ　８０８に取り付けられていることが理解されよう。様々な実施形態では、ＢＰＵ　８０８からの蒸気および他のオフガスが、空気、天然ガス、および窒素のうちの任意の１つまたは複数の外部の供給源とともに、任意選択のプロセスガス加熱器８２４に投入される。以下で説明するように、様々な実施形態では、プロセスガス加熱器８２４からの空気排出が、熱またはエネルギー回収システムとして乾燥装置８０４に投入される。

【０１９３】

ここで図９を参照すると、一実施形態のシステム９００のＢＰＵ　９０８が示されて説明されている。ＢＰＵ　９０８は、複数のゾーン：予熱ゾーン９０４、熱分解ゾーン９１０、および冷却ゾーン９１４を含む。一実施形態のＢＰＵ　９０８は、ゾーンの１つと連通した材料供給システム９０２、ゾーン９０４、９１０、９１４のうちの１つまたは複数と連通した、少なくとも１つのガス注入口９０６も含む。様々な実施形態では、以下で説明するように、ゾーンの１つは、物質、一実施形態では、凝縮性蒸気および／または不凝縮ガスを出力するために、少なくとも１つの排出口９１２も含む。様々な実施形態では、ゾーンの１つは、高度な炭素（ａｄｖａｎｃｅｄ　ｃａｒｂｏｎ）をシステム９００から出力するための排出口も含む。

【０１９４】
図９は、ガス注入口９０６が予熱ゾーン９０４に連結されているのを示しているが、様々な実施形態は、３つのゾーンの任意の組合せへの注入口を含むことが理解されよう。同様に、ガス排出口９１２は、熱分解ゾーン９１０から来ているが、様々な実施形態は、３つのゾーンの任意の組合せの１つまたは複数から出る排出口を含むことが理解されよう。以下で説明するように、予期される様々な実施形態は、ＢＰＵ内に入力および出力を含む：例えば、熱分解ゾーン９１０の排出口は、次いで、予熱ゾーン９０４への入力である。図示した実施形態では、ＢＰＵ内の反応装置の各々は、前述したように、材料供給システムによって、互いに連結されていることが理解されよう。

【０１９５】
様々な実施形態では、ＢＰＵ　９０８の予熱ゾーン９０４は、バイオマスに「ショック」を与えない方法で、バイオマス９０２（または別の炭素含有供給原料）を供給するために構成されているが、「ショック」は、細胞壁を破裂させ、固相の蒸気およびガスへの高速分解を開始し得る。一実施形態では、予熱ゾーン９０４は、穏やかな熱分解であると考えられ得る。

【０１９６】
様々な実施形態では、ＢＰＵ　９０８の熱分解ゾーン９１０は、一次反応ゾーンとして構成され、そこでは、予熱された材料が熱分解化学を起こしてガスおよび凝縮性蒸気を放出し、結果として、高炭素反応中間体である固形物が得られる。バイオマス成分（主として、セルロース、ヘミセルロース、およびリグニン）は、分解して蒸気を生成するが、それは、細孔（ｐｏｒｅ）を貫通するか、または新しいナノ細孔を作ることにより漏れ出る。後者の効果は、多孔性（ｐｏｒｏｓｉｔｙ）および表面積の作成に寄与する。

【０１９７】
様々な実施形態では、ＢＰＵ　９０８の冷却ゾーン９１４は、高炭素反応中間体を受け取ってその固形物を冷却するように構成されている、すなわち、冷却ゾーン９１４は、熱分解ゾーン９１０よりも低温であろう。冷却ゾーン９１４では、化学および質量輸送は複雑であり得る。様々な実施形態では、二次反応が冷却ゾーン９１４内で起こる。気相である炭素含有成分が分解して、追加の固定炭素を形成し得るか、かつ／またはその炭素上に吸着されるようになり得ることが理解されよう。従って、高度な炭素９１６は、単なる固形の、処理ステップの脱揮発された残留物ではなく、むしろ、炭素を形成できる有機蒸気（例えば、タール）の分解などによって、気相から析出されている追加の炭素を含む。

【０１９８】
ここで図１０～図１３を参照すると、システムの様々な複数反応装置実施形態が示されて説明されている。各々の実施形態と同様に、システムは、以下で詳述するように、任意選択の脱気装置および任意選択の乾燥装置を含む。図１０を参照すると、システム１０００は、材料供給システム１００２、熱分解反応装置１０１２、冷却反応装置１０１８、冷却装置１０２０、および炭素回収ユニット１０２２を含む。以下でさらに説明するように、一方または両方に注入するように構成されている。様々な実施形態では、熱分解反応装置は、少なくとも凝縮性蒸気および／または不凝縮ガスを出力するための排出口を含む。様々な実施形態では、炭素回収ユニット１０２２は、活性炭をシステム１０００から排出するために排出口１０２４を含む。

【０１９９】
少なくとも図１０～図１３に示されている様々な実施形態では、図示したシステムは、任意選択の脱気装置および任意選択の乾燥装置を含むことが理解されよう。図１０に見られるように、例えば、破線で表された、任意選択の脱気装置１００４は、材料供給システム１００２と熱分解反応装置１０１２の間で、システム１０００に連結されている。同様に、乾燥装置１００６は、材料供給システム１００２と熱分解反応装置１０１２の間で、システム１０００に連結されている。様々な実施形態では、乾燥装置１００６および脱気装置１００４は、材料供給システムからの材料が、材料供給システム、脱気装置、乾燥装置を通って、熱分解反応装置まで、任意の数の異なる経路を辿ることができるように、互

いにも連結されている。いくつかの実施形態では、材料は、任意選択の脱気装置１００４および乾燥装置１００６の一方だけを通過することが理解されよう。

【０２００】

いくつかの実施形態では、図１０を参照して、高炭素生体試薬を生成するためのプロセスは、以下の各ステップ：

（ａ）バイオマスを含む炭素含有供給原料を供給すること、

（ｂ）供給原料内に含まれている水分の少なくとも一部を除去するために、任意選択で供給原料を乾燥させること、

（ｃ）任意選択で、供給原料内に含まれている格子間酸素の少なくとも一部を、もしあれば、除去するために、供給原料を脱気すること、

（ｄ）熱い熱分解固形物、凝縮性蒸気、および不凝縮ガスを生成するために、実質的に不活性な気相の存在下で少なくとも１０分間、約２５０℃～約７００℃から選択された少なくとも１つの温度で、供給原料を熱分解すること、

（ｅ）凝縮性蒸気の少なくとも一部および不凝縮ガスの少なくとも一部を熱い熱分解固形物から分離すること、

（ｆ）冷却された熱分解固形物を生成するために、熱い熱分解固形物を冷却すること、ならびに、

（ｇ）冷却された熱分解固形物の少なくとも一部を含む高炭素生体試薬を回収することを含む。

【０２０１】

ここで図１１を参照すると、一実施形態の複数反応装置システム１１００が示されている。前述し、図１０に示した実施形態と同様に、この実施形態は、材料供給システム１１０２、熱分解反応装置１１１２、冷却反応装置１１１８、および炭素回収ユニット１１２４を含む。図１１の図示した実施形態では、冷却装置１１２０は任意選択であり、材料濃縮ユニット１１２２が、任意選択の冷却装置１１２０と炭素回収ユニット１１２４との間に配置されている。様々な実施形態では、材料濃縮ユニット１１２２は、材料を濃縮してから、別個の炭素回収ユニット１１２４へと続くが、それは、材料をさらに濃縮することもあれば濃縮しないこともあることが理解されよう。様々な実施形態では、任意選択の脱気装置１１０４および任意選択の乾燥装置１１０６は、材料供給システム１１０２と熱分解反応装置１１１２の間に配置されている。図示した実施形態では、熱分解反応装置１１１２は、凝縮性蒸気および不凝縮ガスなどの物質を除去し、除去された物質を材料濃縮ユニット１１２２に送るように構成された排出口１１１４も含む。

【０２０２】

様々な実施形態は、冷却された炭素が、炭素含有種を含む環境に曝される、別個の材料濃縮ユニット８１８、１１２２を含むことにより、追加の炭素形成の概念を拡張して、最終生成物の炭素含有量を高める。このユニットの温度が熱分解温度より低い場合、追加の炭素は、追加の固定炭素よりはむしろ、吸着された炭素質種の形態であると予期される。

【０２０３】

以下で詳述するように、任意の特定の反応装置内に存在する１つまたは複数の相の中間入力および出力（パージまたはプローブ）ストリーム、様々な質量およびエネルギーの再利用方式、プロセス内のどこかで導入され得る様々な添加剤、生成物分散を調整するための反応および分離条件の両方を含むプロセス条件の調整性など、に関して、多数の選択肢がある。ゾーンまたは反応装置固有の入力および出力ストリームは、ＦＴＩＲサンプリングおよび動的プロセス調整を通してなど、良好なプロセス監視および制御を可能にする。

【０２０４】

本開示は、高速熱分解とは異なり、また、従来型の低速熱分解とも異なる。本開示における高品質炭素材料は、高い割合の固定炭素を有する組成物を含むが、開示されたプロセスおよびシステムから取得され得る。

【０２０５】

「バイオマス」は、本開示では、任意の生体供給原料または生体および非生体の供給原

料の混合物と解釈される。元素的に、バイオマスは、少なくとも炭素、水素、および酸素を含む。本発明の方法および装置は、様々なタイプ、サイズおよび水分含量の幅広い範囲の供給原料に適合する。

【０２０６】

バイオマスは、例えば、植物および植物由来の材料、草木、農業廃棄物、林業廃棄物、廃材、紙屑、家禽由来廃棄物、ならびに都市ごみを含む。バイオマスを利用する、本発明の様々な実施形態では、バイオマス供給原料は：木材収穫残余、軟材チップ、硬材チップ、木の枝、木の切り株、節（ｋｎｏｔ）、葉、樹皮、おがくず、規格外の製紙用パルプ、セルロース、トウモロコシ、トウモロコシ茎葉、麦わら、稲わら、サトウキビの絞りかす、スイッチグラス、ススキ、家畜糞尿、都市厨芥、都市下水、商業廃棄物、ブドウ軽石（ｇｒａｐｅ　ｐｕｍｉｃｅ）、アーモンドの殻、ペカンの殻、ココナッツの殻、コーヒーの出し殻、草ペレット、干し草ペレット、木材ペレット、段ボール、紙、炭水化物、プラスチック、および布など、から選択された１つまたは複数の材料を含み得る。当業者は、供給原料の選択肢は、実質的には制限がないことを容易に理解するであろう。

【０２０７】

本開示の様々な実施形態は、化石燃料（例えば、石炭または石油コークス）、またはバイオマスと化石燃料の任意の混合物（バイオマス／石炭混合物など）などの、バイオマス以外の炭素含有供給原料に対しても使用される。いくつかの実施形態では、生体供給原料は、石炭、オイルシェール、原油、アスファルト、または原油処理からの固形物（石油コークスなど）であるか、またはそれらを含む。供給原料は、廃タイヤ、再生プラスチック、再生紙、および他の廃棄物もしくは再生材料を含み得る。本明細書に記載する任意の方法、装置、またはシステムは、任意の炭素質供給原料とともに使用され得る。炭素含有供給原料は、トラック、列車、船舶、はしけ、トラクタートレーラー、または任意の他の車両もしくは輸送手段によってなど、任意の既知の方法で輸送可能であり得る。

【０２０８】

特定の供給原料または複数の供給原料の選択は、技術的に重要であると見なされないが、経済的プロセスに味方しやすい方法で実行される。通常、選択された供給原料に関わらず、
望ましくない材料を除去するためのふるい分けが（いくつかの実施形態では）あり得る。供給原料は、処理の前に、任意選択で、乾燥できる。

【０２０９】

採用された供給原料は、幅広い種類の粒径または形状で提供され得るか、またはそれらに加工され得る。例えば、供給材料は、微粉、または細粒と粗粒の混合物であり得る。供給材料は、木材チップまたは他の形態の木材（例えば、円形、円柱状、矩形など）などの、大きな形態の材料であり得る。いくつかの実施形態では、供給材料は、一緒に圧縮されているか、または、結合剤を用いてなど、他の方法で結合された、ペレット、または他の凝集した形態の粒子を含む。

【０２１０】

サイズ縮小は、費用がかかり、大量のエネルギーを消費するプロセスであることに留意されたい。熱分解された材料は、著しく少ないエネルギー入力で一定の大きさにできる、すなわち、供給原料ではなく、生成物の粒径を縮小するのにより良いエネルギー効率であり得る。プロセスは微細な出発材料を必要とせず、また、プロセス中、いかなる微粉化も必要としないので、これは、本開示における任意選択である。本開示は、非常に大きな供給原料を処理する機能を提供する。特に、高炭素生成物の多くの市場用途は、実際のところ、大きなサイズを（例えば、センチメートルのような）必要とし、そのため、いくつかの実施形態では、大きな片が供給、生成、および販売される。本開示の全ての実施形態で必要というわけではないが、より小さいサイズは、同様のプロセス条件下でより高い固定炭素数をもたらし、いくつかの実施形態では、好まれ得ることが理解されよう。

【０２１１】

円柱形状など、構造的整合性を有する最終の炭素質生体試薬を生成することを欲する場

合、本発明のコンテキストでは少なくとも２つの選択肢がある。第１に、プロセスから生成された材料が収集され、次いで、所望の形状に機械的にさらに処理される。例えば、生成物が圧縮されるか、または結合剤を用いてペレット化される。第２の選択肢は、一般に、最終生成物に対して所望のサイズおよび／または形状を有する供給材料を利用し、その供給材料の基本構造を破壊しない処理ステップを採用することである。いくつかの実施形態では、供給物および生成物が、球、円柱、立方体などの、同様の幾何学形状を有する。

【０２１２】

プロセス全体にわたって供給材料のおおまかな形状を維持する機能は、生成物の強度が重要である場合に有益である。また、この制御は、高固定炭素材料をペレット化する困難および費用を回避する。

【０２１３】

様々な実施形態における出発供給材料は、理解されるように、様々な水分レベルで供給される。いくつかの実施形態では、供給材料は、既に十分に乾燥しており、熱分解の前にさらに乾燥される必要がない。概して、通常は水分を含む、商業的供給源のバイオマスを利用し、そのバイオマスを、熱分解反応装置に導入する前に、乾燥ステップを通して供給することが望ましい。しかし、いくつかの実施形態では、乾燥された供給原料が使用される。様々な実施形態では、任意のバイオマスで機能するが、以下の要因がプロセスおよびその生成物に影響を与え得ることが理解されよう：つまり、材料がどのように栽培、収穫、水やりされたか、材料種の選択、および炭素含有量。詳細には、様々な実施形態では、栽培時に少ない肥料および少ない亜リン酸が使用されると、金属製造に対してより良い特性をもたらす。様々な実施形態では、収穫時の衝撃の低いせん断は、より大きな強度をもたらす。様々な実施形態では、少ない灌漑および小さい年輪は、より大きな強度をもたらし得る。

【０２１４】

様々な実施形態では、添加剤および／または触媒がＢＰＵ内に含まれ、また、ＢＰＵ内の温度プロファイルが、一酸化炭素を超えて二酸化炭素の生成を促進するように選択されて、最終生成物においてより大きな固定炭素をもたらすことが理解されよう。

【０２１５】

熱分解反応装置内に、気相内で約１０ｗｔ％、５ｗｔ％、３ｗｔ％、または１ｗｔ％のO_2などの、比較的低酸素環境を提供することは望ましい。第１に、安全上の理由で、制御されていない燃焼が、熱分解反応装置内で回避されるべきである。全炭素の一部の量のCO_2への酸化が起こり得、発熱酸化から放出された熱が、吸熱性熱分解化学を支援し得る。合成ガスへの部分酸化を含め、炭素の大量の酸化は、固形物になる炭素を減らすであろう。

【０２１６】

事実上、反応装置またはＢＰＵの各々内で厳密に無酸素環境を達成することは困難であり得る。この限界には近づき得、いくつかの実施形態では、反応装置またはＢＰＵは、実質的に気相内に分子状酸素がない。反応装置またはＢＰＵ内にほとんど、または全く酸素がないことを確実にするために、供給材料を反応装置またはＢＰＵに導入する前に、供給材料から空気を除去することが望ましくあり得る。供給原料内の空気を除去するか、または減らすための様々な方法がある。

【０２１７】

いくつかの実施形態では、図１０、図１１、図１２、および図１３に見られるように、脱気ユニットが利用されるが、その中では、供給原料が、乾燥の前または後に、吸着された酸素を除去し、供給原料の細孔を貫通して、酸素をその細孔から除去できる、別のガスの存在下で、搬送される。２１ｖｏｌ％より低いO_2を有するほとんどのガスが、様々な有効性で採用され得る。いくつかの実施形態では、ＣＯおよび／またはCO_2が採用され得る。窒素と少量の酸素の混合物などの、混合物が使用され得る。水蒸気が脱気ガス内に存在し得るが、かなりの水分を供給物に追加して戻すことは、回避されるべきである。脱気ユニットからの流出物は、（大気または排出処理ユニットに）パージされるか、または

再利用され得る。

【０２１８】

原理上は、脱気ユニットからの流出物（またはその一部）は、固形物から除去された酸素が直ちに高度に希釈されるので、熱分解反応装置自体に導入され得る。この実施形態では、脱気排ガスを反応装置の最後のゾーンに導入することは、向流構成で動作する場合、有利であり得る。

【０２１９】

様々なタイプの脱気ユニットが採用され得る。一実施形態では、乾燥が実行される場合、乾燥後の脱気は、存在する水分から可溶性酸素を除去するステップを止める。ある実施形態では、乾燥および脱気ステップが単一のユニットに結合されるか、乾燥中にある量の脱気が達成される。

【０２２０】

任意選択で乾燥され、かつ任意選択で脱気された供給材料が、熱分解反応装置または複数の反応装置に連続して、または並行して導入される。材料供給システムは、様々な実施形態で、例えば、スクリュー材料供給システムまたはロックホッパーを含む、任意の既知の手段を使用して、供給原料を導入する。いくつかの実施形態では、材料供給システムは、エアロックを組み込む。

【０２２１】

単一の反応装置が採用される場合（図６、図３、または図４など）、複数ゾーンが存在し得る。２つ、３つ、４つ、またはそれ以上のゾーンなどの、複数ゾーンは、プロセス性能全体を調整するために、温度、固形物の残留時間、ガスの残留時間、ガス組成、フローパタン、および／または圧力の別々の制御を可能にできる。

【０２２２】

前述したとおり、「ゾーン」への言及は、単一の物理ユニット（図６、図８、または図９など）、物理的に別のユニット（図７、および図１０～図１３など）、またはそれらの任意の組合せ内におけるスペースの領域を含むと広く解釈されるであろう。ＢＰＵに関して、ＢＰＵ内のゾーンの分割は、ＢＰＵ内のフライトまたは個々のゾーンに熱を供給するための別個の加熱要素の存在などの、構造に関連し得る。代替として、または追加として、様々な実施形態では、ＢＰＵ内でのゾーンの分割は、少なくとも：別個の温度、流体のフローパタン、固形物のフローパタン、および反応装置の範囲などの機能に関連する。単一のバッチ反応装置では、「ゾーン」は、スペースにおけるよりはむしろ、時間における操作体制である。様々な実施形態は、複数のバッチＢＰＵの使用を含む。

【０２２３】

１つのゾーンから別のゾーンへの突然の移行が必ずしも存在しないことが理解されよう。例えば、予熱ゾーンと熱分解ゾーンとの間の境界は、いくぶん任意であり得る；すなわち、いくらかの熱分解は予熱ゾーンの一部で起こり得、いくらかの「予熱」は、熱分解ゾーンで継続して起こり得る。ＢＰＵ内の温度プロファイルは、ゾーン内のゾーン境界においてを含め、通常、連続的である。

【０２２４】

いくつかの実施形態は、例えば、図９に見られるように、予熱および／または穏やかな熱分解の条件下で運用される予熱ゾーン３０４を採用する。様々な実施形態では、予熱ゾーン３０４の温度は、約８０℃～約５００℃であり、例えば、約３００℃～約４００℃などである。様々な実施形態では、予熱ゾーン３０４の温度は、細胞壁を破裂させて、固相の蒸気およびガスへの高速分解を開始する、バイオマス材料にショックを与えるほど高くない。高速または急速熱分解として一般に知られている熱分解は、本開示では回避される。

【０２２５】

本明細書におけるゾーン温度への全ての言及は、存在するバルク固体、もしくは気相、または反応装置もしくはＢＰＵ壁（プロセス側）に適用され得る温度を含む、限定されない方法で解釈されるべきである。各ゾーン内には、軸方向および半径方向の両方に、なら

びに時間的に（例えば、開始に続いて、または一時的に）、温度勾配があることが理解されよう。従って、ゾーン温度への言及は、実際の反応速度論に影響を及ぼし得る、平均温度または他の有効温度を指し得る。温度は、熱電温度計もしくは他の温度プローブによって直接測定され得るか、または他の手段によって間接的に測定もしくは推定され得る。

【０２２６】

第２のゾーン、または一次熱分解ゾーンが、熱分解または炭化の条件下で運用される。熱分解ゾーンの温度は、約２５０℃～約７００℃から選択され得、例えば、約３００℃、３５０℃、４００℃、４５０℃、５００℃、５５０℃、６００℃、または６５０℃などである。このゾーン内では、予熱されたバイオマスが熱分解化学を起こして、ガスおよび凝縮性蒸気を放出し、かなりの量の固形物を高炭素反応中間体として残す。バイオマス成分（主として、セルロース、ヘミセルロース、およびリグニン）は、分解して蒸気を生成するが、それは、細孔を貫通するか、または新しい細孔を作ることにより漏れ出る。温度は、少なくとも、熱分解ゾーンの滞留時間、ならびに供給原料の性質および生成物の特性によって決まるであろう。

【０２２７】

冷却ゾーンは、高炭素反応中間体を様々な程度まで冷却するように運用される。様々な実施形態では、冷却ゾーンの温度は、熱分解ゾーンの温度よりも低い温度である。様々な実施形態では、冷却ゾーンの温度は、約１００℃～約５５０℃から選択され、例えば、約１５０℃～約３５０℃である。

【０２２８】

様々な実施形態では、化学反応が、冷却ゾーン内で起こり続ける。様々な実施形態では、二次熱分解反応が冷却ゾーンで開始されることが理解されよう。気相である炭素含有成分は（冷却ゾーンの低下された温度に起因して）凝縮し得る。しかし、温度は、十分に高くて、追加の固定炭素を凝縮された液体から形成し（二次熱分解）得るか、または少なくとも吸着種と固定炭素との間の結合を形成し得る、反応を促進する。起こり得る一例示的な反応は、一酸化炭素の二酸化炭素＋固定炭素への変換（ブードワ反応）である。

【０２２９】

ゾーンの滞留時間は変わり得る。所望の量の熱分解に対して、高い温度は少ない反応時間を可能にし得、逆もまた同様である。連続的なＢＰＵ（反応装置）内の滞留時間は、体積流量によって分割された体積である。バッチ反応装置内の滞留時間は、反応温度への加熱に続く、バッチ反応時間である。

【０２３０】

多相ＢＰＵでは、複数の滞留時間があることが認識されるはずである。現在のコンテキストでは、各ゾーン内に、固相および蒸気相の両方の滞留時間（および滞留時間分布）がある。複数ゾーンを採用し、かつ所与の処理量を有する、所与の装置に関して、ゾーン全域での滞留時間は、一般に固体側に結びつけられるが、複数の吸気ポートおよび排気ポートが個々のゾーンで利用される場合、滞留時間は蒸気側から離され得る。様々な実施形態では、固体および蒸気の滞留時間は離されている。

【０２３１】

予熱ゾーンの固体の滞留時間は、約５分～約６０分から選択され得、例えば、予熱温度に達するために必要な温度および時間に応じて約１０分などである。伝熱率は、微粒子のタイプおよびサイズ、物理機械、ならびに加熱パラメータによって決まり得るが、固体が所定の予熱温度に達することができるのに必要な最小限の滞留時間を決定する。

【０２３２】

熱分解ゾーンの固体の滞留時間は、約１０分～約１２０分から選択され得、例えば、約２０分、３０分、または４５分などである。このゾーン内の熱分解温度に応じて、必要な熱伝達の後に、炭化化学が起こるのを可能にする十分な時間があるはずである。約１０分以下の時間については、大量の非炭素要素を除去するために、温度は、例えば７００℃以上など、極めて高い必要があろう。この温度は、高速熱分解、および炭素自体に由来する蒸気およびガスのその生成を促進し得るが、それは、意図された生成物が固体炭素の場合

には回避される。

【０２３３】

様々な実施形態の静的システムでは、ある時に平衡転化率に達する。ある実施形態におけるように、蒸気が、連続的に揮発性物質を除去しながら、連続して固体の上を流れている場合、平衡制約が除去されて、熱分解および脱揮発が、反応速度がゼロに近づくまで、継続できるようにし得る。時間が長いほど、残っている厄介な固体を実質的に変化させない傾向があり得る。

【０２３４】

様々な実施形態における冷却ゾーンの固体の滞留時間は、約５分～約６０分から選択され得、例えば、約３０分などである。このゾーン内の冷却温度に基づいて、炭素固体を所望の温度まで冷却できるのに十分な時間があるはずである。冷却速度および温度は、炭素が冷却できるのに必要な最小限の滞留時間を決定する。追加の時間は、いくらかの二次熱分解が望まれる場合を除いて、望ましくないであろう。

【０２３５】

前述したように、蒸気相の滞留時間は、別に選択されて制御され得る。予熱ゾーンの蒸気の滞留時間は、約０．１分～約１０分から選択され得、例えば、約１分である。熱分解ゾーンの蒸気の滞留時間は、約０．１分～約２０分から選択され得、例えば、約２分である。冷却ゾーンの蒸気の滞留時間は、約０．１分～約１５分から選択され得、例えば、約１．５分である。短い蒸気の滞留時間は、揮発性物質のシステムからの高速掃引を促進するが、長い蒸気の滞留時間は、蒸気相内の成分の固相との反応を促進する。

【０２３６】

反応装置、およびシステム全体に対する動作モードは、連続的、半連続的、バッチ、またはこれらの任意の組合せもしくは変形であり得る。いくつかの実施形態では、ＢＰＵは、連続的な向流反応装置であるが、その中で、固形物および蒸気が実質的に反対方向に流れる。ＢＰＵは、バッチでも動作し得るが、定期的に気相をバッチ容器に導入し、かつ、バッチ容器から除去することによるなど、蒸気のシミュレートされた向流を用いてである。

【０２３７】

様々なフローパタンが望まれ得るか、または観測され得る。複数ゾーン内で複数の相を伴う化学反応および同時分離では、流体力学が極めて複雑であり得る。通常、固形物の流れは、（半径方向寸法において十分に混合した）プラグ流に近づき得るが、蒸気の流れは完全に混合した流れ（半径方向および軸方向寸法の両方における高速輸送）に近づき得る。蒸気のための複数の吸気ポートおよび排気ポートが、全体の混合に寄与し得る。

【０２３８】

各ゾーン内の圧力は、別々に選択および制御され得る。各ゾーンの圧力は、約１ｋＰａ～約３０００ｋＰａから独立して選択され得、例えば、約１０１．３ｋＰａ（常気圧）であある。独立した圧力のゾーン制御は、大気圧より低いゾーン圧力が望ましい場合にガスを抜くための真空ポートを含め、複数のガス注入口および排出口が使用される場合に可能である。同様に、複数反応装置システムでは、各反応装置内の圧力が独立して選択および制御され得る。

【０２３９】

プロセスは、いくつかの実施形態では、便宜的に大気圧で操作され得る。大気圧での操作に関連して、機械の単純さから安全性の向上まで、多くの利点がある。ある実施形態では、熱分解ゾーンは、約９０ｋＰａ、９５ｋＰａ、１００ｋＰａ、１０１ｋＰａ、１０２ｋＰａ、１０５ｋＰａ、または１１０ｋＰａ（絶対圧）の圧力で操作され得る。

【０２４０】

真空操作（例えば、１０～１００ｋＰａ）は、揮発性物質のシステムからの高速掃引を促進し得る。高い圧力（例えば、１００～１０００ｋＰａ）は、オフガスが高圧操作に供給される場合に有用であり得る。高められた圧力も、熱伝達、化学、または分離を促進するために有用であり得る。

【０２４１】
凝縮性蒸気の少なくとも一部および不凝縮ガスの少なくとも一部を熱い熱分解固形物から分離するステップは、反応装置自体内で、または別個の分離ユニットを使用して、達成され得る。実質的に不活性なスイープガスが、１つまたは複数のゾーンに導入され得る。凝縮性蒸気および不凝縮ガスは次いで、ゾーンからスイープガス内に、そしてＢＰＵの外へ運び出される。
【０２４２】
スイープガスは、例えば、N_2、Ａｒ、ＣＯ、CO_2、H_2、H_2O、CH_4、他の軽質炭化水素、またはそれらの組合せであり得る。スイープガスは、まず、導入前に加熱され得るか、または加熱された供給源から取得される場合はおそらくは冷却され得る。
【０２４３】
スイープガスは、揮発性成分を、それらが凝縮するか、またはさらに反応する前に、システムから出すことにより、もっと完全に除去する。スイープガスは、揮発性物質が、所与のプロセス温度で単に揮発から獲得し得るよりも高い比率で除去できるようにする。あるいは、スイープガスの使用は、ある量の揮発性物質を除去するためにより温和な温度が使用できるようにする。スイープガスが揮発性物質の除去を高める理由は、分離のメカニズムが、単なる相対揮発度ではなく、むしろスイープガスによって支援される液／蒸気相の遊離である。スイープガスは、所与の揮発性種を継続的に枯渇させることにより、揮発の質量移動制限の低減ならびに熱力学的限界の低減の両方を行うことができ、その多くが気化されて熱力学的平衡を獲得する。
【０２４４】
高固定炭素の生成物を生成するために、揮発性有機態炭素を大量に含有するガスを後続の処理段階から除去することは重要である。除去しなければ、揮発性炭素は熱分解固形物に吸着するか、または吸収され得、それにより、要求され得る炭素のより純粋な形態を獲得するために追加のエネルギー（費用）を必要とする。蒸気を素早く除去することにより、熱分解している固形物において多孔性が高められ得るとも考えられる。様々な実施形態では、活性炭生成物などの、より高い多孔性が望ましい。
【０２４５】
ある実施形態では、スイープガスは、大気圧などの、比較的低いプロセス圧力とともに、大量の不活性ガスを必要とすることなく、高速な蒸気除去を提供する。
【０２４６】
いくつかの実施形態では、スイープガスは、供給原料の流れ方向に対向して流れる。他の実施形態では、スイープガスは、供給原料の流れ方向と並行に流れる。いくつかの実施形態では、固形物のフローパタンはプラグ流に近づくが、スイープガス、および気相一般のフローパタンは、１つまたは複数のゾーン内で、完全に混合した流れに近づく。
【０２４７】
掃引は、任意の１つまたは複数のゾーン内で実行され得る。いくつかの実施形態では、スイープガスは、冷却ゾーンに導入されて、（生成された揮発性物質とともに）冷却ゾーンおよび／または熱分解ゾーンから抽出される。いくつかの実施形態では、スイープガスは、熱分解ゾーンに導入されて、熱分解ゾーンおよび／または予熱ゾーンから抽出される。いくつかの実施形態では、スイープガスは、予熱ゾーンに導入されて、熱分解ゾーンから抽出される。これらまたは他の実施形態では、スイープガスは、予熱、熱分解、および冷却ゾーンの各々に導入され、各ゾーンから抽出もされ得る。
【０２４８】
いくつかの実施形態では、分離が実行されるゾーンまたは複数のゾーンは、ＢＰＵとは物理的に別個のユニットである。分離ユニットまたはゾーンは、所望であれば、ゾーン間に配置され得る。例えば、熱分解ゾーンと冷却ゾーンとの間に配置された分離ユニットがあり得る。
【０２４９】
スイープガスは、特に、固体流が連続する場合、連続して導入され得る。熱分解反応が

バッチプロセスとして運用される場合、スイープガスは、ある期間の後、または定期的に、揮発性物質を除去するために導入され得る。熱分解反応が連続して運用される場合でさえ、スイープガスは、半連続的または定期的に、所望であれば、適切なバルブおよび制御を用いて、導入され得る。

【０２５０】

揮発性物質含有スイープガスは、１つまたは複数のゾーンから出得、複数のゾーンから得られた場合は、結合され得る。結果として生じるガスストリームは、様々な蒸気を含むが、次いで、前述し、図８に示したように、空気排出の制御用にプロセスガス加熱器に供給され得る。任意の既知の熱酸化ユニットが採用され得る。いくつかの実施形態では、プロセスガス加熱器は、天然ガスおよび空気が供給され、そこに含まれている揮発性物質の実質的な破壊に十分な温度に達する。

【０２５１】

プロセスガス加熱器の流出物は、水、二酸化炭素、および窒素を含む、熱いガスストリームであろう。この流出物ストリームは、所望であれば、空気排出に直接パージされ得る。いくつかの実施形態では、プロセスガス加熱器流出物のエネルギー含有量は、廃熱回収ユニット内などで、回収される。エネルギー含有量は、（スイープガスなどの）別のストリームとの熱交換によっても回収され得る。エネルギー含有量は、乾燥装置または反応装置など、プロセス内のどこかのユニットを、直接的もしくは間接的に加熱すること、または加熱を支援することによって利用され得る。いくつかの実施形態では、本質的に全てのプロセスガス加熱器流出物が、乾燥装置の間接的な加熱（ユーティリティ側）用に採用される。プロセスガス加熱器は、天然ガス以外の他の燃料も採用し得る。

【０２５２】

炭素質材料の収率は、供給原料およびプロセス条件を含む、前述の要因に応じて、変わり得る。いくつかの実施形態では、出発供給原料の割合としての固形物の正味収率は、無水ベースで、少なくとも２５％、３０％、３５％、４０％、４５％、５０％、またはそれ以上である。残りは、テルペン、タール、アルコール、酸、アルデヒド、またはケトンなどの凝縮性蒸気と；一酸化炭素、水素、二酸化炭素、およびメタンなどの不凝縮ガスとに分けられる。凝縮性蒸気の不凝縮ガスと比較した相対量も、存在する水を含め、プロセス条件によって決まる。

【０２５３】

炭素バランスに関して、いくつかの実施形態では、供給原料内の出発炭素の割合としての炭素の正味収率は、少なくとも２５％、３０％、４０％、５０％、６０％、７０％、またはそれ以上である。例えば、いくつかの実施形態では、炭素質材料は、出発炭素に含有されている炭素の約４０％～約７０％を含む。残りの炭素は、メタン、一酸化炭素、二酸化炭素、軽質炭化水素、芳香族化合物、タール、テルペン、アルコール、酸、アルデヒド、またはケトンなどの、様々な程度までの形成という結果となる。

【０２５４】

代替実施形態では、これらの化合物の一部が炭素含有量の多い固形物と結合されて、生成物の炭素およびエネルギー含有量を高める。これらの実施形態では、反応装置から結果として生じるガスストリームの一部または全部が、様々な蒸気を含んでいるが、少なくとも一部、凝縮され、次いで、冷却ゾーンから、および／または別々の冷却装置から得られた冷却された熱分解固形物の上を通過し得る。これらの実施形態は、以下でさらに詳細に記述される。

【０２５５】

冷却ゾーン内（もし存在すれば）での反応および冷却に続いて、炭素質固体が冷却装置に導入され得る。いくつかの実施形態では、固体は収集されて、単に遅い速度で冷却されるだけである。炭素質固体が反応性であるか、または空気中で不安定である場合は、不活性雰囲気を維持するか、かつ／またはその固体を、例えば、４０℃以下の温度、例えば、外気温などに、急速に冷却することが望ましくあり得る。いくつかの実施形態では、ウォータークエンチが急速冷却用に採用されている。いくつかの実施形態では、流動床が採用

されている。「冷却装置」は、コンテナ、タンク、パイプ、またはそれらの一部も含むと広く解釈されるべきである。様々な実施形態では、冷却装置は、冷却ユニットまたは冷却反応装置とは異なることが理解されよう。

【０２５６】

いくつかの実施形態では、プロセスは、温かい熱分解固形物をストリームで冷却するために冷却装置を操作し、それにより、冷たい熱分解固形物および過熱蒸気を生成することをさらに含み、乾燥が、少なくとも一部、冷却装置から得られた過熱蒸気で実行される。任意選択で、冷却装置は、まず、温かい熱分解固形物を蒸気で冷却して、第１の冷却装置温度に達し、次いで、空気で冷却して、第２の冷却装置温度に達するように操作され得、第２の冷却装置温度は第１の冷却装置温度より低く、空気の存在下での温かい熱分解固形物に対する低減された燃焼リスクに関連する。

【０２５７】

周囲条件への冷却に続いて、炭素質固体が回収され得、そして、貯蔵されるか、別のサイト操作に運ばれるか、別のサイトに輸送されるか、あるいは処分、交換、もしくは売却され得る。固体は、粒径を縮小するためにユニットに供給され得る。粉砕機、シュレッダー、グラインダー、微粉砕機、ジェットミル、およびボールミルを含む、様々なサイズ縮小ユニットが当技術分野で周知である。

【０２５８】

ふるい分けまたは粒径に基づいて分離するための何らかの他の手段が含まれ得る。ふるい分けは、もし存在すれば、粉砕の上流または下流であり得る。ふるい分けされた材料（例えば、大きな塊）の一部が、粉砕ユニットに戻され得る。小さい粒子および大きい粒子は、別々の下流使用のために回収され得る。いくつかの実施形態では、冷却された熱分解固形物は、微粉砕炭素または活性炭生成物または強度増強など、微粉に砕かれる。

【０２５９】

様々な添加剤が、プロセスのあらゆる場所で、本明細書で開示する任意のステップの前、ステップ中、またはステップ後に、導入され得る。添加剤は、所望の炭素純度を獲得するため、炭素収率または熱分解時間／温度などのプロセス性能を向上させるために選択された、プロセス添加剤；および、高炭素生体試薬、またはその試薬を取り込む下流生成物の１つまたは複数の特性を向上させるために選択された、生成物添加剤、に大きく分類され得る。ある添加剤は、生体試薬の、その量のバイオマス供給原料と比較した全体収率など、高められたプロセスおよび生成物特性を提供し得る。

【０２６０】

添加剤は、供給原料が収穫される前または後の任意の時に供給原料自体へ加えることを含めて、プロセスの任意の１つもしくは複数のステップの前、ステップ中、またはステップ後に追加され得る。添加剤処理は、供給原料サイジング、乾燥、もしくは他の準備の前、その間、または後に取り込まれ得る。添加剤は、供給原料供給施設、輸送トラック、積卸し装置、貯蔵ビン、コンベヤー（解放型または閉鎖型コンベヤーを含む）、乾燥装置、プロセス加熱器、または任意の他のユニットにおいて、もしくはその上に取り込まれ得る。添加剤は、添加剤を導入するための適切な手段を使用して、どこでも熱分解プロセス自体に追加され得る。添加剤は、炭化の後、または所望であれば、微粉化の後でさえ、追加され得る。

【０２６１】

いくつかの実施形態では、添加剤は、金属、金属酸化物、金属水酸化物、またはそれらの組合せから選択される。例えば、添加剤は、マグネシウム、マンガン、アルミニウム、ニッケル、クロム、ケイ素、ホウ素、セリウム、モリブデン、リン、タングステン、バナジウム、ハロゲン化鉄、塩化鉄、臭化鉄、酸化マグネシウム、ドロマイト、ドロマイト石灰、蛍石（ｆｌｕｏｒｉｔｅ）、ホタル石（ｆｌｕｏｒｓｐａｒ）、ベントナイト、酸化カルシウム、石灰、およびそれらの組合せから選択され得るが、決してそれらに限定されない。

【０２６２】

いくつかの実施形態では、添加剤は、酸、塩基、またはその塩から選択される。例えば、添加剤は、水酸化ナトリウム、水酸化カリウム、酸化マグネシウム、臭化水素酸、塩化水素、ケイ酸ナトリウム、過マンガン酸カリウム、またはそれらの組合せから選択され得るが、決してそれらに限定されない。

【０２６３】

いくつかの実施形態では、添加剤は、金属ハロゲン化物から選択される。金属ハロゲン化物は、金属とハロゲン（フッ素、塩素、臭素、ヨウ素、およびアスタチン）との間の化合物である。ハロゲンは、金属と多数の化合物を形成できる。金属ハロゲン化物は、一般に、直接結合、またはより一般的には、塩基性金属塩とハロゲン化水素酸との中和によって取得される。いくつかの実施形態では、添加剤は、ハロゲン化鉄（FeX_2および／またはFeX_3）、塩化鉄（$FeCl_2$および／または$FeCl_3$）、臭化鉄（$FeBr_2$および／または$FeBr_3$）、またはそれらの水和物、およびそれらの任意の組合せから選択される。

【０２６４】

添加剤は、エネルギー含有量（エネルギー密度）が高められた最終生成物をもたらし得る。エネルギー含有量の増加は、全炭素、固定炭素、揮発性炭素、または水素にさえおける増加に起因し得る。代替または追加として、エネルギー含有量の増加は、不燃物または、炭素よりも低いエネルギー密度の物質の除去に起因し得る。いくつかの実施形態では、添加剤は、固形物およびガス形成のため、または固形物形成のために、液体の形成量を減らす。

【０２６５】

様々な実施形態では、添加剤は、出発バイオマス、または処理されたバイオマスを、熱分解の前に化学的に変化させて、より大きな強度／整合性のために細胞壁の破裂を減らす。いくつかの実施形態では、添加剤は、熱分解前に、バイオマス供給原料の固定炭素含有量を増加させ得る。

【０２６６】

添加剤は、耐力強度、圧縮強度、引張り強度、疲労強度、衝撃強度、弾性係数、体積弾性係数、または剛性率などの、機械的特性が高められた最終生体試薬をもたらし得る。添加剤は、単に存在するだけ（例えば、添加剤自体が混合物に強度を与える）によるか、または添加剤相内または結果として生じる混合物内で起こる何らかの変換に起因して、機械的特性を高め得る。例えば、ガラス化などの反応が、添加剤を含む生体試薬の一部内で起こり得、それにより、最終強度を高める。

【０２６７】

化学添加剤が、湿っているか、または乾燥したバイオマス供給原料に適用され得る。添加剤は、固体粉末、噴霧、ミスト、液体、または蒸気として適用され得る。いくつかの実施形態では、添加剤は、液体溶液（例えば、水溶液または溶媒内で）の噴霧を通して、またはタンク、ビン、バッグ、もしくは他のコンテナに浸すことによって、導入され得る。

【０２６８】

ある実施形態では、浸漬前処理が採用されているが、そこでは、固体供給原料が、バッチ式または連続して、添加剤の固形供給材料への浸透を可能にする十分な期間、添加剤を含む浴槽に浸される。

【０２６９】

いくつかの実施形態では、供給原料に適用された添加剤は、熱分解に必要なエネルギーを減らし得るか、かつ／または炭素質生成物の収率を高め得る。これらまたは他の実施形態では、供給原料に適用された添加剤は、組成に関して以下でさらに記述するように、炭素質生成物の意図した使用に望ましい機能性を提供し得る。

【０２７０】

処理量、またはプロセス能力は、任意のパイロット、実演、または半商業規模を含む、小さな実験室規模のユニットから完全な商業規模のバイオリファイナリ（ｂｉｏｒｅｆｉｎｅｒｙ）まで幅広く異なり得る。様々な実施形態では、プロセス能力は、少なくとも約

１ｋｇ／日、１０ｋｇ／日、１００ｋｇ／日、１トン／日（全てのトンは、メートルトンである）、１０トン／日、１００トン／日、５００トン／日、１０００トン／日、２０００トン／日、またはそれ以上である。

【０２７１】

いくつかの実施形態では、生成された固体の一部が、プロセスのフロントエンドに、すなわち、乾燥もしくは脱気ユニットに、またはＢＰＵもしくは反応装置に直接、再循環される。フロントエンドに戻って、プロセスを再度通過することにより、処理された固体の固定炭素が高まる。生成されたか、またはプロセス内に存在する、固体、液体、およびガスストリームが、独立して再利用されて、後続のステップに渡されるか、またはいずれかの時点でプロセスから除去／パージできる。

【０２７２】

いくつかの実施形態では、熱分解された材料が回収され、次いで、さらなる熱分解のために別個の反応装置に供給されて、炭素純度が高められた生成物を作る。いくつかの実施形態では、二次プロセスは、スチールドラムなどの単純なコンテナ内で実施され得るが、その中を加熱された不活性ガス（加熱されたN_2など）が通過する。この目的で役立つ他のコンテナは、プロセスタンク、樽、ビン、トート（ｔｏｔｅ）、サック、およびロールオフを含む。揮発性物質を含む、この二次スイープガスは、例えば、プロセスガス加熱器に送られ得るか、または、メインＢＰＵに戻され得る。最終生成物を冷却するために、例えば、最初は外気温である、不活性ガスの別のストリームが、固体を冷却するために固体を通過され得、次いで、不活性ガス予熱システムに戻され得る。様々な実施形態では、二次プロセスは、別個の炭化または熱分解反応装置内で起こるが、その中に、予熱された実質的に不活性なガスが注入されて、材料を熱分解し、炭化させる。

【０２７３】

本発明のいくつかの変形形態は、高炭素生体試薬生成システムを提供し、そのシステムは、

（ａ）炭素含有供給原料を導入するように構成された材料供給システム、

（ｂ）材料供給システムと動作可能に連通して配置され、炭素含有供給原料内に含まれる水分を除去するように構成された、任意選択の乾燥装置、

（ｃ）乾燥装置と動作可能に連通して配置されている、複数のゾーンを含むバイオマス処理ユニットであって、そのバイオマス処理ユニットが、空間的に分離された冷却ゾーンと動作可能に連通して配置されている少なくとも１つの熱分解ゾーンを含み、また、そのバイオマス処理ユニットが、凝縮性蒸気および不凝縮ガスを固形物から除去するための排出口とともに構成されている、バイオマス処理ユニット、

（ｄ）バイオマス処理ユニットと動作可能に連通して配置されている、外部の冷却装置、ならびに

（ｅ）冷却装置と動作可能に連通して配置されている、炭素回収装置

を備える。

【０２７４】

いくつかの変形形態は、高炭素生体試薬生成システムを提供し、そのシステムは、

（ａ）炭素含有供給原料を導入するように構成された材料供給システム、

（ｂ）材料供給システムと動作可能に連通して配置され、炭素含有供給原料内に含まれる水分を除去するように構成された、任意選択の乾燥装置、

（ｃ）乾燥装置と動作可能に連通して配置され、供給原料を加熱するか、かつ／または適度に熱分解するように構成された、任意選択の予熱器、

（ｄ）予熱器と動作可能に連通して配置され、供給原料を熱分解するように構成された、熱分解反応装置、

（ｅ）熱分解反応装置と動作可能に連通して配置され、熱分解固形物を冷却するように構成された、冷却装置、ならびに

（ｆ）冷却装置と動作可能に連通して配置されている、炭素回収装置

を備え、

そのシステムは、凝縮性蒸気および不凝縮ガスを固形物から除去するための少なくとも１つのガス排出口とともに構成されている。

【０２７５】

材料供給システムは、例えば、供給固形物を反応装置またはゾーンの１つに導入するためのスクリュー材料供給システムまたはオーガー機構の使用を通して、ＢＰＵと物理的に統合され得る。

【０２７６】

いくつかの実施形態では、システムは、熱分解ゾーンと動作可能に連通して配置された、予熱ゾーンをさらに含む。熱分解ゾーン、冷却ゾーン、および予熱ゾーン（もし存在すれば）の各々は、単一のＢＰＵ内に配置され得るか、または別々のＢＰＵ内に配置され得る。

【０２７７】

任意選択で、乾燥装置は、ＢＰＵ内の乾燥ゾーンとして構成され得る。任意選択で、冷却装置は、ＢＰＵ内に配置され得る（すなわち、追加の冷却ゾーンとして構成されているか、または前述した冷却ゾーンと統合して）。

【０２７８】

システムは、システムから酸素を除去するためのパージ手段を含み得る。例えば、パージ手段は、実質的に不活性なガスを導入するための１つまたは複数の吸気口、ならびに実質的に不活性なガスおよび置換された酸素をシステムから除去するための１つまたは複数の排出口を含み得る。いくつかの実施形態では、パージ手段は、乾燥装置とＢＰＵとの間に動作可能に連通して配置された脱気装置である。

【０２７９】

ＢＰＵは、少なくとも第１のガス注入口および第１のガス排出口とともに構成できる。第１のガス注入口および第１のガス排出口は、異なるゾーンと、または同一のゾーンと連通して配置され得る。

【０２８０】

いくつかの実施形態では、ＢＰＵは、第２のガス注入口および／または第２のガス排出口とともに構成されている。いくつかの実施形態では、ＢＰＵは、第３のガス注入口および／または第３のガス排出口とともに構成されている。いくつかの実施形態では、ＢＰＵは、第４のガス注入口および／または第４のガス排出口とともに構成されている。いくつかの実施形態では、ＢＰＵ内に存在する各ゾーンは、ガス注入口およびガス排出口とともに構成されている。

【０２８１】

ガス注入口およびガス排出口は、蒸気の導入および回収を可能にするだけでなく、ガス排出口（プローブ）は特に、プロセスの様々な段階にわたり、潜在的にはプロセスの全段階を含むまで、緻密なプロセス監視および制御も可能にする。緻密なプロセス監視は、プロセス条件を調整するために操作履歴が利用できる場合、動的に、ならびに、長期間にわたっての両方で、収率および効率の改善をもたらすと期待されるであろう。

【０２８２】

いくつかの実施形態（図４をおおまかに参照）では、反応ガスプローブが、熱分解ゾーンと動作可能に連通して配置されている。かかる反応ガスプローブは、反応の程度、熱分解選択性、または他のプロセス監視を判断するために、ガスを抽出してそれらを分析するために有用であり得る。次いで、測定値に基づいて、プロセスは、例えば、供給速度、不活性ガスの掃引率、（１つまたは複数のゾーンの）温度、（１つまたは複数のゾーンの）圧力、添加剤など、任意の数の方法で制御または調整され得る。

【０２８３】

本明細書で意図するように、反応ガスプローブを通じた「監視および制御」は、反応ガスプローブを通じた任意の１つまたは複数のサンプル抽出、および任意選択で、必要または望ましいと認められる場合は、周知のプロセス制御の原則（フィードバック、フィードフォワード、比例積分微分論理など）を使用して、測定値に基づいてプロセス作成または

機器調整を行うことを含む、と解釈されるべきである。

【０２８４】

反応ガスプローブは、ガスサンプルをいくつかの方法で抽出するように構成され得る。例えば、採取用配管は、熱分解反応装置圧力よりも低い圧力を有し得て、採取用配管が開かれると、ある量のガスが熱分解ゾーンから容易に抽出できるようになる。採取用配管は、熱分解ゾーンが大気圧に近い場合など、真空下であり得る。通常、反応ガスプローブは、１つのガス排出口、またはその一部（例えば、ガス排出口配管から分割された配管）と関連付けられるであろう。

【０２８５】

いくつかの実施形態では、ガス注入およびガス出力の両方が、不活性ガスをゾーンに定期的に導入し、その不活性ガスをプロセスサンプルとともにガス出力から取り出す（「サンプル掃引」）ことにより、反応ガスプローブとして利用される。かかる配置は、処理のための実質的に不活性なガス用のガス注入口／排出口を別な方法で有していないか、または反応ガスプローブが、プロセス注入口および排出口に加えてである、別個のガス注入口／排出口に関連付けられ得る、ゾーンで使用できる。（サンプル掃引を利用する実施形態において）サンプリングのために定期的に導入および抽出されるサンプリング不活性ガスは、所望であれば、分析における正確性のため、または分析のトレーサーを導入するためのいずれかで、プロセス不活性ガスとさえ異なり得る。

【０２８６】

例えば、熱分解ゾーンの気相内での酢酸濃度は、サンプルを抽出するガスプローブを使用して測定され得、それは、次いで、適切な技術（ガスクロマトグラフィー（ＧＣ）、質量分析法（ＭＳ）、ＧＣ－ＭＳ、またはフーリエ変換赤外分光法（ＦＴＩＲ））を使用して分析される。気相内のＣＯおよび／またはCO_2濃度が測定され、例えば、ガス／蒸気に関する熱分解選択性の指示として使用され得る。気相内のテルペン濃度が測定され、液体に関する熱分解選択性の指示などとして使用され得る。

【０２８７】

いくつかの実施形態では、システムは、冷却ゾーンと、または乾燥ゾーン（もし存在すれば）もしくは予熱ゾーン（もし存在すれば）と、動作可能に連通して配置された少なくとも１つの追加のガスプローブをさらに含む。

【０２８８】

冷却ゾーン用のガスプローブは、例えば、冷却ゾーン内で起こっている任意の追加の化学の程度を判断するために有用であり得る。冷却ゾーン内のガスプローブも、（例えば、冷却ゾーン内に配置された熱電温度計に追加して）温度の独立した測定値として有用であり得る。この独立した測定値は、冷却温度の、測定された量のある種との相関であり得る。相関性は、プロセス操作のある期間の後、別々に展開され得るか、または確立され得る。

【０２８９】

乾燥ゾーン用のガスプローブは、例えば、含水量を測定することにより、乾燥の程度を判断するために有用であり得る。予熱ゾーン内のガスプローブは、例えば、起こっている任意の穏やかな熱分解の程度を判断するために有用であり得る。

【０２９０】

ある実施形態では、冷却ゾーンがガス注入口とともに構成され、熱分解ゾーンがガス排出口とともに構成されて、固相に対して実質的に対向する気相の流れを生成する。代替として、または追加として、予熱ゾーン（存在する場合）がガス排出口とともに構成され得、固相に対して実質的に対向する気相の流れを生成する。代替として、または追加として、乾燥ゾーンがガス排出口とともに構成され得、実質的に対向する流れを生成する。

【０２９１】

熱分解反応装置または反応装置は、熱分解プロセスを実施可能な任意の適切な反応装置構成から選択され得る。例示的な反応装置構成は、固定床反応装置、流動床反応装置、同伴流反応装置、オーガー、回転円錐、回転ドラムキルン、か焼炉（ｃａｌｃｉｎｅｒ）、

ロースター、移動床反応装置、輸送層反応装置、融除反応装置（ａｂｌａｔｉｖｅ　ｒｅａｃｔｏｒ）、回転円錐、またはマイクロ波アシスト熱分解反応装置を含むが、それらに限定されない。

【０２９２】

オーガーが使用される、いくつかの実施形態では、砂または別の熱媒体が任意選択で採用できる。例えば、供給原料および砂が、スクリューの一方の端部で供給できる。スクリューは、砂と供給原料を混合し、それらを反応装置を通して運ぶ。スクリューは、供給原料滞留時間の良好の制御を提供でき、熱分解生成物を媒体または流動化気体で希釈しない。砂は別の容器内で再加熱できる。

【０２９３】

融除プロセス（ａｂｌａｔｉｖｅ　ｐｒｏｃｅｓｓ）が使用される、いくつかの実施形態では、供給原料が、熱い金属表面に対して高速で移動される。表面で形成されている任意のチャーの融除が、高速の伝熱を維持できる。かかる装置は、生成物の希釈を防ぐことができる。代替として、供給原料粒子が、搬送ガス内に浮遊させられ、壁が加熱されているサイクロンを通って、高速で導入され得る。

【０２９４】

流動床反応装置が使用される、いくつかの実施形態では、供給原料が、ガスによって流動化された熱い砂の床に導入できるが、そのガスは、通常、再循環された生成物ガスである。本明細書での「砂」への言及は、ガラス粒子、回収された灰粒子、および同様のものなど、類似した、実質的に不活性な物質も含む。流動化された砂からの高い伝熱率が、供給原料の急速加熱をもたらすことができる。砂粒子との摩擦によって、いくらかの融除があり得る。熱は、通常、熱い燃焼ガスがその中を流れる伝熱管によって供給される。

【０２９５】

循環する流動床反応装置が採用できるが、その中では、ガス、砂、および供給原料が一緒に移動する。例示的な輸送ガスは、再循環された生成物ガスおよび燃焼ガスを含む。砂からの高い伝熱率は、供給原料の高速加熱を確実にし、また、融除が、正規の流動床より強いことが予期される。生成物ガスを砂およびチャー粒子から分離するために分離装置が採用できる。砂粒子は、流動化バーナー容器内で再加熱されて、反応装置に再循環させることができる。

【０２９６】

いくつかの実施形態では、ＢＰＵは、供給原料注入口、各ゾーン内で別々に温度を制御して混合するために構成された複数の空間的に分離されたゾーン、および炭素質固体排出口を含む連続反応装置であり、ゾーンのうちの１つが、実質的に不活性なガスをＢＰＵに導入するための第１のガス注入口とともに構成されており、ゾーンのうちの１つが、第１のガス排出口とともに構成されている。

【０２９７】

様々な実施形態では、反応装置は、少なくとも２つ、３つ、４つ、またはそれ以上のゾーンを含む。ゾーンの各々は、電気熱伝達、蒸気熱伝達、熱油熱伝達、相変化熱伝達、廃熱伝達、およびそれらの組合せから成るグループから独立して選択される、別々に調整可能な加熱手段と連通して配置されている。いくつかの実施形態では、少なくとも１つのゾーンが、もし存在すれば、プロセスガス加熱器からの流出物ストリームで加熱される。

【０２９８】

ＢＰＵは、ＢＰＵ内に存在する全てのゾーンを含むそれ以下の、少なくとも２つのゾーンの気相組成および気相滞留時間を別々に調整するために構成され得る。

【０２９９】

ＢＰＵは、第２のガス注入口および／または第２のガス排出口を備え得る。いくつかの実施形態では、ＢＰＵは、各ゾーン内のガス注入口とともに構成される。これらまたは他の実施形態では、ＢＰＵは、各ゾーン内のガス排出口とともに構成される。ＢＰＵは、並流または向流反応装置である。

【０３００】

いくつかの実施形態では、材料供給システムは、スクリューまたはオーガー供給機構を含む。いくつかの実施形態では、炭素質固体排出口は、スクリューまたはオーガー出力機構を含む。

【０３０１】

ある実施形態は、スクリュー材料供給システムとともに回転か焼炉（ｒｏｔａｔｉｎｇ　ｃａｌｃｉｎｅｒ）を利用する。これらの実施形態では、ＢＰＵの一部または全部が軸方向に回転する、すなわち、その中心線軸の周りを回転する。回転の速度が、固形物のフローパタン、ならびに熱および質量輸送に影響を及ぼす。ゾーンの各々は、固形物の撹拌を提供するために、内壁上に配置されたフライト（ｆｌｉｇｈｔ）とともに構成され得る。フライトは、各々のゾーン内で別々に調整可能であり得る。

【０３０２】

固形物を撹拌する他の手段、例えば、オーガー、スクリュー、またはパドルコンベヤーなどが採用され得る。いくつかの実施形態では、ＢＰＵは、各ゾーンにわたって配置された単一の連続オーガーを含む。他の実施形態では、反応装置は、各ゾーンにわたって配置された２軸スクリューを含む。

【０３０３】

いくつかのシステムは、特に、プロセスの間中ずっと、供給材料のおおよそのサイズを維持する機能―すなわち、バイオマス供給原料を、その構造を破壊または著しく損傷することなく処理する機能とともに設計されている。いくつかの実施形態では、熱分解ゾーンは、オーガー、スクリュー、または熱分解されている供給材料のサイズを大幅に縮小しやすいレーキ（ｒａｋｅ）を含まない。

【０３０４】

本発明のいくつかの実施形態では、システムは、凝縮性蒸気および不凝縮ガスが除去される排出口と動作可能に連通して配置されたプロセスガス加熱器をさらに含む。プロセスガス加熱器は、別個の燃料（天然ガスなど）および酸化剤（空気など）を、燃料および凝縮性蒸気の少なくとも一部の燃焼に適した、燃焼室内に受け取るように構成されている。ある不凝縮ガス、例えばＣＯまたはCH_4なども、CO_2に酸化され得る。

【０３０５】

プロセスガス加熱器が採用される場合、システムは、プロセスガス加熱器と乾燥装置との間に配置され、乾燥装置のために燃焼熱の少なくとも一部を利用するように構成された、熱交換器を含み得る。この実施形態は、プロセス全体のエネルギー効率に著しく寄与できる。

【０３０６】

いくつかの実施形態では、システムは、冷却装置と動作可能に連通して配置され、少なくとも部分的に凝縮した形態の、凝縮性蒸気を、固形物と結合するために構成された、材料濃縮ユニットをさらに含む。材料濃縮ユニットは、炭素回収ユニットから得られた高炭素生体試薬の炭素含有量を増加させ得る。

【０３０７】

システムは、高炭素生体試薬をさらに熱分解して、その炭素含有量をさらに増加させるように適合された、別個の熱分解ゾーンをさらに含む。別個の熱分解ゾーンは、例えば、タンク、樽、ビン、ドラム缶、トート、サック、またはロールオフなど、比較的単純なコンテナ、ユニット、または装置であり得る。

【０３０８】

システム全体は、固定の場所にあり得るか、または持ち運び可能に作られ得る。システムは、実用的なスケールアップのために、単純に重複され得るモジュールを使用して構築され得る。システムはまた、装置産業で周知のように、規模の経済の原則を使用して構築され得る。

【０３０９】

固形物の炭素濃縮に関連する、いくつかの変形形態が、ここでさらに記述される。いくつかの実施形態では、高炭素生体試薬を生成するためのプロセスは、

（ａ）バイオマスを含む炭素含有供給原料を供給すること、
（ｂ）供給原料内に含まれている水分の少なくとも一部を除去するために、任意選択で供給原料を乾燥させること、
（ｃ）任意選択で、供給原料内に含まれている格子間酸素の少なくとも一部を、もしあれば、除去するために、供給原料を脱気すること、
（ｄ）熱分解ゾーン内で、熱い熱分解固形物、凝縮性蒸気、および不凝縮ガスを生成するために、実質的に不活性なガスの存在下で少なくとも１０分間、約２５０℃～約７００℃から選択された熱分解温度で、供給原料を熱分解すること、
（ｅ）凝縮性蒸気の少なくとも一部および不凝縮ガスの少なくとも一部を熱い熱分解固形物から分離すること、
（ｆ）冷却ゾーン内で、温かい熱分解固形物を生成するために、実質的に不活性なガスの存在下で少なくとも５分間、熱分解温度より低い冷却温度で、熱い熱分解固形物を冷却すること、
（ｇ）任意選択で、冷たい熱分解固形物を生成するために、温かい熱分解固形物を冷却装置内で冷却すること、
（ｈ）その後、炭素含有量が増加した濃縮された熱分解固形物を形成するために、ステップ（ｅ）からの凝縮性蒸気の少なくとも一部および／または不凝縮ガスの少なくとも一部が、温かい熱分解固形物および／または冷たい熱分解固形物を通過すること、ならびに、
（ｉ）炭素回収ユニット内で、濃縮された熱分解固形物の少なくとも一部を含む高炭素生体試薬を回収すること
を含む。

【０３１０】

いくつかの実施形態では、ステップ（ｈ）は、炭素含有量が増加した濃縮された熱分解固形物を生成するために、ステップ（ｅ）からの凝縮性蒸気の少なくとも一部が、蒸気および／または凝縮された形態で、温かい熱分解固形物を通過することを含む。いくつかの実施形態では、ステップ（ｈ）は、炭素含有量が増加した濃縮された熱分解固形物を生成するために、ステップ（ｅ）からの不凝縮ガスの少なくとも一部が温かい熱分解固形物を通過することを含む。

【０３１１】

様々な実施形態では、炭素濃縮は、炭素含有量、エネルギー含有量、ならびに質量収率を高めることが理解されよう。

【０３１２】

代替として、または追加として、蒸気およびガスは、冷たい熱分解固形物と接触させられ得る。いくつかの実施形態では、ステップ（ｈ）は、炭素含有量が増加した濃縮された熱分解固形物を生成するために、ステップ（ｅ）からの凝縮性蒸気の少なくとも一部が、蒸気および／または凝縮された形態で、冷たい熱分解固形物を通過することを含む。いくつかの実施形態では、ステップ（ｈ）は、炭素含有量が増加した濃縮された熱分解固形物を生成するために、ステップ（ｅ）からの不凝縮ガスの少なくとも一部が冷たい熱分解固形物を通過することを含む。

【０３１３】

ある実施形態では、ステップ（ｈ）は、炭素含有量が増加した濃縮された熱分解固形物を生成するために、ステップ（ｅ）からの凝縮性蒸気の実質的に全部が、蒸気および／または凝縮された形態で、冷たい熱分解固形物を通過することを含む。ある実施形態では、ステップ（ｈ）は、炭素含有量が増加した濃縮された熱分解固形物を生成するために、ステップ（ｅ）からの不凝縮ガスの実質的に全部が冷たい熱分解固形物を通過することを含む。

【０３１４】

プロセスは、蒸気またはガスを、炭素濃縮のために使用する前に、処理または分離する様々な方法を含み得る。例えば、スッテプ（ｅ）から取得された、凝縮性蒸気の少なくと

も一部および不凝縮ガスの少なくとも一部から成る中間供給ストリームが、少なくとも第１および第２の出力ストリームを生成するように構成された分離ユニットに供給され得る。ある実施形態では、中間供給ストリームは、凝縮性蒸気の全部、不凝縮ガスの全部、またはその両方を含む。

【０３１５】

分離技術は、蒸留塔、フラッシュ室、遠心分離機、サイクロン、膜、フィルター、充填床、毛管カラムなどを含むか、または使用できる。分離は、主に、例えば、蒸留、吸収、吸着、または拡散に基づくことができ、また、蒸気圧、活性、分子量、密度、粘性、極性、化学官能性、固定相に対する親和性、およびそれらの任意の組合せにおける相違を利用できる。

【０３１６】

いくつかの実施形態では、第１および第２の出力ストリームが、相対揮発度に基づいて、中間供給ストリームから分離される。例えば、分離ユニットは、蒸留塔、フラッシュタンク、または凝縮装置であり得る。

【０３１７】

従って、いくつかの実施形態では、第１の出力ストリームは凝縮性蒸気を含み、第２の出力ストリームは、不凝縮ガスを含む。凝縮性蒸気は、テルペン、アルコール、酸、アルデヒド、またはケトンから選択された少なくとも１つの炭素含有化合物を含み得る。熱分解からの蒸気は、例えば、ベンゼン、トルエン、エチルベンゼン、およびキシレンなどの芳香族化合物を含み得る。難分解性のタールなどの、より重い芳香族化合物が、蒸気内に存在し得る。不凝縮ガスは、一酸化炭素、二酸化炭素、およびメタンから成るグループから選択された少なくとも１つの炭素含有分子を含み得る。

【０３１８】

いくつかの実施形態では、第１および第２の出力ストリームが、相対極性に基づいて、中間供給ストリームから分離され得る。例えば、分離ユニットは、ストリップ塔、充填床、クロマトグラフィーカラム、または膜であり得る。

【０３１９】

従って、いくつかの実施形態では、第１の出力ストリームは極性化合物を含み、第２の出力ストリームは非極性化合物を含む。極性化合物は、メタノール、フルフラール、および酢酸から成るグループから選択された少なくとも１つの炭素含有分子を含み得る。非極性化合物は、一酸化炭素、二酸化炭素、メタン、テルペン、およびテルペン誘導体から成るグループから選択された少なくとも１つの炭素含有分子を含み得る。

【０３２０】

ステップ（ｈ）は、高炭素生体試薬の全炭素含有量を、ステップ（ｈ）のない、その他の点では同一のプロセスに比べて、増加させ得る。炭素含有量における増加の程度は、様々な実施形態では、例えば、約１％、２％、５％、１０％、１５％、２５％、またはそれ以上でさえあり得る。

【０３２１】

いくつかの実施形態では、ステップ（ｈ）は、高炭素生体試薬の固定炭素含有量を増加させる。これらまたは他の実施形態では、ステップ（ｈ）は、高炭素生体試薬の揮発性炭素含有量を増加させる。揮発性炭素含有量は、試薬内の揮発性物質に起因する炭素である。揮発性物質は、脂肪族化合物または芳香族化合物（例えば、テルペン）を含む炭化水素；アルコール、アルデヒド、またはケトンを含む酸素化物；および様々なタールであり得るが、それらに限定されない。揮発性炭素は、通常、周囲条件で、固形物と結合しているか、または固形物に吸着されたままであるが、加熱すると、固定炭素が、酸化されるか、気化されるか、または他の方法で蒸気として放出される前に放出される。

【０３２２】

ステップ（ｈ）に関連した条件に応じて、ある量の揮発性炭素が（例えば、ブードワのＣＯからの炭素形成を経て）固定炭素になることが可能である。通常、揮発性物質は、固定炭素のミクロ細孔に入ると予期され、凝縮／吸着種として存在するが、依然として比較

的揮発性である。この残留揮発性は、高い表面積および多孔性を必要とする生成物用途と比較して、燃料用途に対してより好都合である。

【０３２３】

ステップ（ｈ）は、高炭素生体試薬のエネルギー含有量（例えば、エネルギー密度）を増加させ得る。エネルギー含有量の増加は、全炭素、固定炭素、揮発性炭素、または水素にさえおける増加に起因し得る。エネルギー含有量における増加の程度は、様々な実施形態では、例えば、約１％、２％、５％、１０％、１５％、２５％、またはそれ以上でさえあり得る。

【０３２４】

１つもしくは複数の不凝縮ガスまたは凝縮性蒸気を、プロセス内での使用またはさらなる処理のために回収するため、さらなる分離が採用される。例えば、さらなる処理は、精製されたＣＯまたは合成ガスを生成するために含まれる。

【０３２５】

別の例として、酢酸の分離が実施され得、その後に酢酸のエタノールへの還元が続く。酢酸の還元は、少なくとも一部は、生成された不凝縮ガスに由来する水素を使用して、達成され得る。

【０３２６】

凝縮性蒸気は、高炭素生体試薬の炭素含有量を増加させるために、プロセス内（熱酸化によるなど）または炭素濃縮におけるエネルギー用のいずれかで使用され得る。ＣＯまたはCH_4などの、ある不凝縮ガスは、プロセス内のエネルギーのため、または熱分解ステップのための実質的に不活性なガスの一部としてのいずれかで利用され得る。前述したものの任意の組合せも可能である。

【０３２７】

ステップ（ｈ）を含むことの潜在的な利益は、ガスストリームが不純物を除去され、結果として、ＣＯおよびCO_2が濃縮されているガスストリームとなる。結果として生じるガスストリームは、エネルギー回収用に利用され得るか、固形物の炭素濃縮のために再循環され得るか、かつ／または反応装置内で不活性ガスとして使用され得る。同様に、不凝縮ガスを凝縮性蒸気から分離することにより、ＣＯ／CO_2ストリームが、例えば、反応装置システム内または冷却システム内で不活性ガスとして使用するために準備される。

【０３２８】

本発明の他の変形形態は、炭素濃縮ステップの原則が、炭素を追加したい任意の供給原料に適用され得る、という認識に基づいている。

【０３２９】

いくつかの変形形態では、高炭素生体試薬を生成するためのバッチまたは連続プロセスが、

（ａ）炭素含有材料を含む固体ストリームを提供すること、

（ｂ）凝縮性炭素含有蒸気、不凝縮炭素含有ガス、または凝縮性炭素含有蒸気と不凝縮炭素含有ガスの混合物を含むガスストリームを提供すること、および

（ｃ）炭素含有量が炭素含有材料に比較して増加した炭素含有生成物を形成するために、ガスストリームが適切な条件下で固体ストリームを通過すること

を含む。

【０３３０】

いくつかの実施形態では、出発炭素含有材料は、熱分解されたバイオマスまたは加熱乾燥されたバイオマスである。ガスストリームは、炭素含有材料を供給する統合プロセス中に取得され得る。あるいは、ガスストリームは、炭素含有材料の別個の処理から取得され得る。ガスストリーム、またはその一部は、外部の供給源（例えば、製材所の炉）から取得され得る。様々な供給源からの、ガスストリームの混合物、ならびに、炭素含有材料の混合物が可能である。

【０３３１】

いくつかの実施形態では、プロセスは、炭素含有生成物の炭素および／またはエネルギ

ー含有量をさらに増加させるためにプロセスを繰り返すため、ガスストリームを再循環させること、または再利用することをさらに含む。いくつかの実施形態では、プロセスは、炭素含有材料とは異なる別の供給原料の炭素および／またはエネルギー含有量を増加させるためにプロセスを実行するため、ガスストリームを再循環させること、または再利用することをさらに含む。

【０３３２】

いくつかの実施形態では、プロセスは、ガスストリームを、少なくとも第１および第２の出力ストリームを生成するように構成された分離ユニットに導入することをさらに含み、そのガスストリームは、凝縮性炭素含有蒸気と不凝縮炭素含有ガスの混合物を含む。第１および第２の出力ストリームは、相対揮発度、相対極性、または任意の他の特性に基づいて分離され得る。ガスストリームは、炭素含有材料の別個の処理から取得され得る。

【０３３３】

いくつかの実施形態では、プロセスは、炭素含有生成物の炭素含有量をさらに増加させるためにプロセスを繰り返すため、ガスストリームを再循環させること、または再利用することをさらに含む。いくつかの実施形態では、プロセスは、別の供給原料の炭素含有量を増加させるためにプロセスを実行するため、ガスストリームを再循環させること、または再利用することをさらに含む。

【０３３４】

炭素含有生成物は、出発炭素含有材料に比較して、増加した全炭素含有量、高い固定炭素含有量、高い揮発性炭素含有量、高いエネルギー含有量、またはそれらの任意の組合せを有し得る。

【０３３５】

関連した変形形態では、高炭素生体試薬生成システムは、

（ａ）炭素含有供給原料を導入するように構成された材料供給システム、

（ｂ）材料供給システムと動作可能に連通して配置され、炭素含有供給原料内に含まれる水分を除去するように構成された、任意選択の乾燥装置、

（ｃ）材料供給システムまたは乾燥装置と動作可能に連通して配置されたＢＰＵであって、そのＢＰＵが、空間的に分離された冷却ゾーンと動作可能に連通して配置された少なくとも１つの熱分解ゾーンを含み、また、そのＢＰＵが、凝縮性蒸気および不凝縮ガスを固形物から除去するための排出口とともに構成されている、ＢＰＵ、

（ｄ）ＢＰＵと動作可能に連通して配置されている、冷却装置、

（ｅ）冷却装置と動作可能に連通して配置され、炭素含有量が増加した濃縮された固形物を形成するために、凝縮性蒸気および／または不凝縮ガスが固形物を通過するように構成された、材料濃縮ユニット、ならびに

（ｆ）材料濃縮ユニットと動作可能に連通して配置されている、炭素回収ユニット

を備える。

【０３３６】

システムは、熱分解ゾーンと動作可能に連通して配置された、予熱ゾーンをさらに含み得る。いくつかの実施形態では、乾燥装置は、ＢＰＵ内の乾燥ゾーンとして構成される。各ゾーンは、単一のＢＰＵ内に、または別々のＢＰＵ内に配置され得る。また、冷却装置も、ＢＰＵ内に配置され得る。

【０３３７】

いくつかの実施形態では、固相に対して気相の実質的に対向する流れを生成するために、冷却ゾーンが、ガス注入口とともに構成され、熱分解ゾーンが、ガス排出口とともに構成される。これらまたは他の実施形態では、固相に対して気相の実質的に対向する流れを生成するために、予熱ゾーンおよび／または乾燥ゾーン（もしくは乾燥装置）は、ガス排出口とともに構成される。

【０３３８】

特定の実施形態では、システムは材料濃縮ユニットを組み込むが、そのユニットは、

（ｉ）上部および下部を有するハウジング、

（ｉｉ）凝縮性蒸気および不凝縮ガスを搬送するように構成された、ハウジングの下部の底面にある注入口、
（ｉｉｉ）凝縮性蒸気および不凝縮ガスから得られた濃縮されたガスストリームを搬送するように構成された、ハウジングの上部の上面にある排出口、
（ｉｖ）ハウジングの上部と下部との間に画定された経路、ならびに
（ｖ）経路に続く材料輸送システムであって、その材料輸送システムが固形物を輸送するように構成され、固形物が凝縮性蒸気の少なくとも一部および／または不凝縮ガスの少なくとも一部を吸着するように、ハウジングが成形されている、材料輸送システム
を備える。

【０３３９】

本発明は、高炭素生体試薬として有用な様々な組成物、およびこれらの試薬を取り込む生成物を生成することが可能である。いくつかの変形形態では、高炭素生体試薬が、本明細書で開示する任意のプロセスによって生成されるが、かかるプロセスは、
（ａ）バイオマスを含む炭素含有供給原料を供給すること、
（ｂ）供給原料内に含まれている水分の少なくとも一部を除去するために、任意選択で供給原料を乾燥させること、
（ｃ）任意選択で、供給原料内に含まれている格子間酸素の少なくとも一部を、もしあれば、除去するために、供給原料を脱気すること、
（ｄ）熱分解ゾーン内で、熱い熱分解固形物、凝縮性蒸気、および不凝縮ガスを生成するために、実質的に不活性なガスの存在下で少なくとも１０分間、約２５０℃～約７００℃から選択された熱分解温度で、供給原料を熱分解すること、
（ｅ）凝縮性蒸気の少なくとも一部および不凝縮ガスの少なくとも一部を熱い熱分解固形物から分離すること、
（ｆ）冷却ゾーン内で、温かい熱分解固形物を生成するために、実質的に不活性なガスの存在下で少なくとも５分間、熱分解温度より低い冷却温度で、熱い熱分解固形物を冷却すること、
（ｇ）冷たい熱分解固形物を生成するために、温かい熱分解固形物を冷却すること、ならびに、
（ｈ）冷たい熱分解固形物の少なくとも一部を含む高炭素生体試薬を回収すること
の各ステップを含む。

【０３４０】

いくつかの実施形態では、試薬は、無水ベースで、少なくとも５５ｗｔ％、例えば、少なくとも５５ｗｔ％、少なくとも６０ｗｔ％、少なくとも６５ｗｔ％、少なくとも７０ｗｔ％、少なくとも７５ｗｔ％、少なくとも８０ｗｔ％、少なくとも８５ｗｔ％、少なくとも９０ｗｔ％、または少なくとも９５ｗｔ％の全炭素を含み得る。全炭素は、少なくとも固定炭素を含み、また、揮発性物質からの炭素をさらに含み得る。いくつかの実施形態では、揮発性物質からの炭素は、高炭素生体試薬内に存在する全炭素の約少なくとも５％、少なくとも１０％、少なくとも２５％、または少なくとも５０％である。固定炭素はＡＳＴＭ　Ｄ３１７２を使用して測定され得るが、他方、揮発性炭素は、例えば、ＡＳＴＭ　Ｄ３１７５を使用して推定され得る。

【０３４１】

高炭素生体試薬は、無水ベースで約１０ｗｔ％以下、例えば、約５ｗｔ％以下の水素を含み得る。生体試薬は、無水ベースで約１ｗｔ％以下、例えば、約０．５ｗｔ％以下の窒素を含み得る。生体試薬は、無水ベースで約０．５ｗｔ％以下、例えば、約０．２ｗｔ％以下のリンを含み得る。生体試薬は、無水ベースで約０．２ｗｔ％以下、例えば、約０．１ｗｔ％以下の硫黄を含む。

【０３４２】

炭素、水素、および窒素は、例えば、元素分析のためのＡＳＴＭ　Ｄ５３７３を使用して測定され得る。酸素は、例えば、ＡＳＴＭ　Ｄ３１７６を使用して推定され得る。硫黄は、例えば、ＡＳＴＭ　Ｄ３１７７を使用して測定され得る。

【０３４３】
ある実施形態は、水素（存在し得る任意の水分からを除く）、窒素、リン、もしくは硫黄をわずかに含むか、または本質的に含んでいない試薬を提供し、実質的に炭素＋任意の灰および存在する水分である。従って、いくつかの実施形態は、無水／無灰（ＤＡＦ）ベースで、１００％を含むそれ以下の炭素をもつ材料を提供する。
【０３４４】
一般的に言えば、バイオマスなどの供給原料は、シリカおよび様々な金属を含む、不揮発性種を含むが、それらは、熱分解中に容易に放出されない。無灰の供給原料を利用することは、言うまでもなく可能であるが、その場合、熱分解固形物内に相当量の灰があってはならない。灰は、例えば、ＡＳＴＭ　Ｄ３１７４を使用して測定され得る。
【０３４５】
様々な量の不燃物、例えば、灰などが、存在し得る。高炭素生体試薬は、無水ベースで約１０ｗｔ％以下、例えば、約５ｗｔ％、約２ｗｔ％、約１ｗｔ％またはそれ以下の不燃物を含み得る。ある実施形態では、試薬は、ほとんど灰を含まないか、または、灰もしくは他の不燃物を本質的に全く含まない。従って、いくつかの実施形態は、無水ベースで、１００％の炭素を含む、本質的に純粋な炭素を提供する。
【０３４６】
様々な量の水分が存在し得る。全質量ベースで、高炭素生体試薬は、少なくとも１ｗｔ％、２ｗｔ％、５ｗｔ％、１０ｗｔ％、１５ｗｔ％、２５ｗｔ％、３５ｗｔ％、５０ｗｔ％、またはそれ以上の水分を含み得る。本明細書で意図するように、「水分（ｍｏｉｓｔｕｒｅ）」は、吸収された水分、吸収された水分子、化学水和物、および物理水和物を含む、生体試薬内に存在する任意の形態の水を含むと解釈される。平衡含水率は、相対湿度などの、少なくとも地域環境によって異なり得る。また、水分は、輸送、使用のための準備、および他のロジスティクスの間に、変化し得る。水分は、例えば、ＡＳＴＭ　Ｄ３１７３を使用して測定され得る。
【０３４７】
高炭素生体試薬は、様々な「エネルギー含有量」を有し得るが、それは、現在の目的のため、絶乾試薬の完全燃焼に関連したより高い発熱量に基づくエネルギー密度を意味する。例えば、高炭素生体試薬は、約少なくとも１１，０００Ｂｔｕ／ｌｂ、少なくとも１２，０００Ｂｔｕ／ｌｂ、少なくとも１３，０００Ｂｔｕ／ｌｂ、少なくとも１４，０００Ｂｔｕ／ｌｂ、または少なくとも１５，０００Ｂｔｕ／ｌｂのエネルギー含有量を有し得る。ある実施形態では、エネルギー含有量は、約１４，０００～１５，０００Ｂｔｕ／ｌｂの間である。エネルギー含有量は、例えば、ＡＳＴＭ　Ｄ５８６５を使用して測定され得る。
【０３４８】
高炭素生体試薬は、粗粉末または微粉末などの粉末に形成され得る。例えば、試薬は、実施形態では、約２００メッシュ、１００メッシュ、１００メッシュ、５０メッシュ、１０メッシュ、６メッシュ、４メッシュ、または２メッシュの平均メッシュサイズの粉末に形成され得る。
【０３４９】
いくつかの実施形態では、高炭素生体試薬は、圧縮、結合、または凝集粒子を含む構造物に形成される。これらの物体を形成する出発材料は、微粉化によって得られた中間物などの、試薬の粉末形態であり得る。その物体は、任意選択で結合剤または粒子を合わせて塊にする別の手段を用いて、機械的圧縮または他の力により形成され得る。
【０３５０】
いくつかの実施形態では、高炭素生体試薬は、その構造が実質的に供給原料に由来する、構造物の形で生成される。例えば、供給原料チップは、高炭素生体試薬の生成物チップを生成し得る。あるいは、供給原料円柱は、高炭素生体試薬円柱を生成し得、それは、いくらか小さいが、他の点では出発材料の基本構造および形状を維持し得る。
【０３５１】

本発明に従った高炭素生体試薬は、少なくとも約１ｃｍ、２ｃｍ、３ｃｍ、４ｃｍ、５ｃｍ、６ｃｍ、７ｃｍ、８ｃｍ、９ｃｍ、１０ｃｍ、またはそれ以上の最小寸法を有する物体として生成され得るか、またはそれに形成され得る。様々な実施形態では、最小寸法または最大寸法は、長さ、幅、または直径であり得る。

【０３５２】

本発明の他の変形形態は、添加剤の、プロセスへの、生成物への、またはその両方への取込みに関連する。いくつかの実施形態では、高炭素生体試薬は、プロセス中に取り込まれる少なくとも１つのプロセス添加剤を含む。これらまたは他の実施形態では、試薬は、プロセスに続いて試薬に導入される少なくとも１つの生成物添加剤を含む。

【０３５３】

いくつかの実施形態では、高炭素生体試薬は、無水ベースで、

５５ｗｔ％以上の全炭素；

５ｗｔ％以下の水素；

１ｗｔ％以下の窒素；

０．５ｗｔ％以下のリン；

０．２ｗｔ％以下の硫黄；および

金属、金属酸化物、金属水酸化物、金属ハロゲン化物、またはそれらの組合せから選択された添加剤

を含む。

【０３５４】

添加剤は、マグネシウム、マンガン、アルミニウム、ニッケル、クロム、ケイ素、ホウ素、セリウム、モリブデン、リン、タングステン、バナジウム、ハロゲン化鉄、塩化鉄、臭化鉄、酸化マグネシウム、ドロマイト、ドロマイト石灰、蛍石（ｆｌｕｏｒｉｔｅ）、ホタル石（ｆｌｕｏｒｓｐａｒ）、ベントナイト、酸化カルシウム、石灰、およびそれらの組合せから選択され得るが、決してそれらに限定されない。

【０３５５】

いくつかの実施形態では、高炭素生体試薬は、無水ベースで、

５５ｗｔ％以上の全炭素；

５ｗｔ％以下の水素；

１ｗｔ％以下の窒素；

０．５ｗｔ％以下のリン；

０．２ｗｔ％以下の硫黄；および

酸、塩基、またはその塩から選択された添加剤

を含む。

【０３５６】

添加剤は、水酸化ナトリウム、水酸化カリウム、酸化マグネシウム、臭化水素酸、塩化水素、ケイ酸ナトリウム、過マンガン酸カリウム、またはそれらの組合せから選択され得るが、決してそれらに限定されない。

【０３５７】

ある実施形態では、高炭素生体試薬は、無水ベースで、

５５ｗｔ％以上の全炭素；

５ｗｔ％以下の水素；

１ｗｔ％以下の窒素；

０．５ｗｔ％以下のリン；

０．２ｗｔ％以下の硫黄；

金属、金属酸化物、金属水酸化物、金属ハロゲン化物、またはそれらの組合せから選択された第１の添加剤；ならびに

酸、塩基、またはその塩から選択された第２の添加剤

を含み、

第１の添加剤は第２の添加剤と異なる。

【０３５８】
第１の添加剤は、マグネシウム、マンガン、アルミニウム、ニッケル、クロム、ケイ素、ホウ素、セリウム、モリブデン、リン、タングステン、バナジウム、ハロゲン化鉄、塩化鉄、臭化鉄、酸化マグネシウム、ドロマイト、ドロマイト石灰、蛍石（ｆｌｕｏｒｉｔｅ）、ホタル石（ｆｌｕｏｒｓｐａｒ）、ベントナイト、酸化カルシウム、石灰、およびそれらの組合せから成るグループから選択され得、第２の添加剤は、水酸化ナトリウム、水酸化カリウム、酸化マグネシウム、臭化水素酸、塩化水素、ケイ酸ナトリウム、過マンガン酸カリウム、およびそれらの組合せから独立して選択され得る。
【０３５９】
ある高炭素生体試薬は、基本的に、無水ベースで、炭素、水素、窒素、リン、硫黄、不燃物、ならびにマグネシウム、マンガン、アルミニウム、ニッケル、クロム、ケイ素、ホウ素、セリウム、モリブデン、リン、タングステン、バナジウム、ハロゲン化鉄、塩化鉄、臭化鉄、酸化マグネシウム、ドロマイト、ドロマイト石灰、蛍石（ｆｌｕｏｒｉｔｅ）、ホタル石（ｆｌｕｏｒｓｐａｒ）、ベントナイト、酸化カルシウム、石灰、およびそれらの組合せから成るグループから選択された添加剤から成り得る。
【０３６０】
ある高炭素生体試薬は、基本的に、無水ベースで、炭素、水素、窒素、リン、硫黄、不燃物、ならびに、水酸化ナトリウム、水酸化カリウム、酸化マグネシウム、臭化水素酸、塩化水素、ケイ酸ナトリウム、およびそれらの組合せから成るグループから選択された添加剤から成り得る。
【０３６１】
添加剤の量（全添加剤）は、約０．１ｗｔ％、約１ｗｔ％、約５ｗｔ％、約１０ｗｔ％、または約２０ｗｔ％を含め、約約０．０１ｗｔ％～約２５ｗｔ％などと、大きく異なり得る。例えば約１ｗｔ％以上など、比較的大量の添加剤が取り込まれる場合、総試薬重量（添加剤を含む）に基づいて計算されるエネルギー含有量が減少することが理解されるであろう。依然として、様々な実施形態では、添加剤を含む高炭素生体試薬は、約少なくとも１１，０００Ｂｔｕ／ｌｂ、少なくとも１２，０００Ｂｔｕ／ｌｂ、少なくとも１３，０００Ｂｔｕ／ｌｂ、少なくとも１４，０００Ｂｔｕ／ｌｂ、または少なくとも１５，０００Ｂｔｕ／ｌｂのエネルギー含有量を保有する。
【０３６２】
生成物形態に関連した上の説明は、添加剤を取り込む実施形態にも適用される。実際のところ、ある実施形態は、結合剤または特定の用途に対する最終特性を高めるための調節剤として、添加剤を取り込む。
【０３６３】
いくつかの実施形態では、高炭素生体試薬に含有されている炭素の大部分は、再生可能炭素として分類される。いくつかの実施形態では、実質的に全ての炭素が、再生可能炭素として分類される。価値が高炭素生体試薬内の再生可能炭素含有量に起因する、ある市場原理（例えば、Ｒｅｎｅｗａｂｌｅ　Ｉｄｅｎｔｉｆｉｃａｔｉｏｎ　Ｎｕｍｂｅｒ、税額控除など）があり得る。
【０３６４】
ある実施形態では、固定炭素は、非再生可能炭素（例えば、石炭から）として分類され得、他方、揮発性炭素は、別々に追加され得るが、エネルギー含有量だけでなく、再生可能炭素値も高める再生可能炭素であり得る。
【０３６５】
本明細書に記述する通りに生成された高炭素生体試薬は、多種多様の炭素質生成物にとって有用である。高炭素生体試薬は、それ自体望ましい市場生成物であり得る。本明細書で提供されるような高炭素生体試薬は、当該技術分野の技術水準に比較して、低いレベルの不純物、削減されたプロセス排出、および改善された持続可能性（高い再生可能炭素含有量を含む）と関連付けられる。
【０３６６】

変形形態では、生成物は、開示されたプロセスによって取得され得るか、または本明細書に記載する組成に記述されている高炭素生体試薬、またはそれらの任意の部分、組合せ、もしくは誘導体のいずれかを含む。

【０３６７】

一般的に言えば、高炭素生体試薬は、燃焼されてエネルギー（電気および熱を含む）を生成し得るか；一部、酸化もしくは水蒸気改質されて、合成ガスを生成し得るか；それらの吸着性もしくは吸収性特性のために利用され得るか；金属精錬（金属酸化物の還元など）もしくは他の生産加工中にそれらの反応性のために利用され得るか；または炭素鋼および様々な他の金属合金においてそれらの材料特性のために利用され得る。本質的に、高炭素生体試薬は、開発される特殊使用（ｓｐｅｃｉａｌｔｙ　ｕｓｅ）を含め、炭素系商品または先端材料の任意の市場用途のために利用され得る。

【０３６８】

任意の生成物用途における適合性または実際の使用に先だって、開示された高炭素生体試薬は、様々な方法で、分析、測定、および任意選択で（添加剤を通じてなど）変性され得る。化学組成およびエネルギー含有量以外に、潜在的な関心のいくつかの特性は、いくつか例を挙げると、密度、粒径、表面積、ミクロ多孔性、吸収率、吸着性、結合能、反応性、脱硫活性、および塩基性を含む。

【０３６９】

これらの高炭素生体試薬を取り込み得る生成物または材料は、炭素系高炉付加生成物、炭素系タコナイトペレット付加生成物、取鍋付加炭素系生成物、ｍｅｔコークス炭素系生成物、石炭代替品、炭素系コークス化生成物、炭素コークス粉生成物、流動床炭素系供給原料、炭素系炉付加生成物、注入可能炭素系生成物、微粉砕炭素系生成物、ストーカー炭素系生成物、炭素電極、または活性炭生成物を含むが、決してそれらに限定されない。

【０３７０】

金属生産における開示された高炭素生体試薬の使用は、スラグを減らし、全体効率を高め、また、ライフサイクル環境影響を減らすことができる。従って、本発明の実施形態は、金属加工および製造に特に適切である。

【０３７１】

本発明のいくつかの変形形態は、高炭素生体試薬を炭素系高炉付加生成物として利用する。高炉は、鉄などの（それに限定されないが）、工業用金属を生産するため、溶錬用に使用される一種の冶金炉である。溶錬は、製錬の一形態であり、その主たる使用は、金属をその鉱石から生産することである。溶錬は、熱および化学的還元剤を使用して、鉱石を分解する。炭素および／または炭素に由来する一酸化炭素が、酸素を鉱石から除去して、元素金属を残す。

【０３７２】

還元剤は、高炭素生体試薬から成り得るか、またはそれらを含み得る。高炉内では、高炭素生体試薬、鉱石、および通常は石灰石が、連続して炉の最上部から供給され得、その間、空気（任意選択で酸素濃縮で）がチャンバの底に吹き込まれて、材料が下に移動するにつれ、炉の至るとことで化学反応が起こるようになる。最終生成物は、通常、底から取り出された溶融金属およびスラグ相、ならびに炉の最上部から出る燃焼排ガスである。熱い、一酸化炭素濃縮ガスの上昇流と接触する鉱石の下降流は、向流プロセスである。

【０３７３】

高炉内の炭素品質は、その耐分解性によって測定される。浸透媒体としての炭素の役割は、合理的な高炉運用において極めて重要である。炭素の分解は、高炉内の位置によって異なり、CO_2、H_2O、またはO_2との反応の組合せ、ならびに炭素粒子の互いに、および装入原料の他の成分に対する摩耗に作用する。分解された炭素粒子は、プラッギングおよび性能不足を引き起こし得る。

【０３７４】

コークスの反応性試験は、高炉内の炭素性能の高く評価された測定である。この試験は、コークス反応性指数（ＣＲＩ：Ｃｏｋｅ　Ｒｅａｃｔｉｖｉｔｙ　Ｉｎｄｅｘ）および

コークス反応後強度（ＣＳＲ：Ｃｏｋｅ　Ｓｔｒｅｎｇｔｈ　ａｆｔｅｒ　Ｒｅａｃｔｉｏｎ）の２つのコンポーネントを有する。低ＣＲＩ値（高反応性）および高ＣＳＲ値をもつ炭素系物質は、改善された高炉性能を提供できる。ＣＲＩは、例えば、到着ベースのＡＳＴＭ法ＤＳ３４１によってなど、当技術分野で周知の任意の適切な方法に従って測定できる。

【０３７５】

いくつかの実施形態では、高炭素生体試薬は、別の炭素源と、例えば、約１０ｗｔ％以上まで、混合される場合、高炉内での燃焼に適した特性を有する最終炭素生成物を提供する。

【０３７６】

高炭素生体試薬の強度は、例えば、落下粉砕（ｄｒｏｐ－ｓｈａｔｔｅｒ）試験、またはＣＳＲ試験によってなど、当技術分野で周知の任意の適切な方法によって測定され得る。いくつかの実施形態では、高炭素生体試薬は、別の炭素源と混合される場合、少なくとも約５０％、６０％、または７０％のＣＳＲを有する最終炭素生成物を提供する。組合せ生成物（ｃｏｍｂｉｎｔｉｏｎ　ｐｒｏｄｕｃｔ）も、高炉内での燃焼に適した反応性を有する最終コークス生成物を提供する。いくつかの実施形態では、生成物は、高炭素生体試薬が、添加剤またはｍｅｔ石炭、ｍｅｔコークス、炭素コークス粉、鋳物用コークス、もしくは注入可能石炭の代替品としての使用に適するようなＣＲＩを有する。

【０３７７】

いくつかの実施形態は、高炉生成物としての使用に不適当なＣＲＩまたはＣＳＲを有する別の炭素源（例えば、コークス）に追加される場合に、高炉内での使用に十分なＣＲＩおよび／またはＣＳＲを有する複合生成物を提供する、高炭素生体試薬を提供するのに十分な量の１つまたは複数の添加剤を採用する。いくつかの実施形態では、１つまたは複数の添加剤が、最大で約４０％、３０％、または２０％のＣＲＩを有する高炭素生体試薬を提供するのに十分な量で存在する。

【０３７８】

いくつかの実施形態では、アルカリ土類金属、またはその酸化物もしくは炭酸塩から選択された１つまたは複数の添加剤が、高炭素生体試薬を生成するプロセス中またはプロセス後に導入される。例えば、カルシウム、酸化カルシウム、炭酸カルシウム、酸化マグネシウム、または炭酸マグネシウムが、添加剤として導入され得る。熱分解前、熱分解中、または熱分解後のこれら化合物の追加は、高炉内での高炭素生体試薬の反応性を高め得るか、または低下させ得る。これらの化合物は、より強い材料、すなわち、より高いＣＳＲをもたらし得、それによって高炉効率を高める。その上、アルカリ土類金属、またはその酸化物もしくは炭酸塩から選択されたものなどの添加剤は、より低い排出（例えば、SO_2）をもたらし得る。

【０３７９】

いくつかの実施形態では、高炭素生体試薬は、前述したように、高い固定炭素含有量だけでなく、揮発性炭素のかなり高い割合も含有する。揮発性物質は、低い温度での金属酸化物へのより良い質量輸送を有すると期待されているので、金属酸化物還元にとって望ましくあり得る。コークスなどの化石燃料ベースの生成物に比べて、高炭素生体試薬は、十分な強度ならびに、より多くの固定および揮発性炭素を有し得、それは、より大きな反応性をもたらす。

【０３８０】

いくつかの実施形態では、高炉代替生成物は、少なくとも約５５ｗｔ％の炭素、約０．５ｗｔ％以下の硫黄、約８ｗｔ％以下の不燃材料、および１ポンドあたり少なくとも約１１，０００Ｂｔｕの発熱量を含む、本発明に従った高炭素生体試薬である。いくつかの実施形態では、高炉代替生成物は、約０．０３５ｗｔ％以下の亜リン酸、約０．５ｗｔ％～約５０ｗｔ％の揮発性物質、および任意選択で１つまたは複数の添加剤をさらに含む。いくつかの実施形態では、高炉代替生成物は、約２ｗｔ％～約１５ｗｔ％のドロマイト、約２ｗｔ％～約１５ｗｔ％のドロマイト石灰、約２ｗｔ％～約１５ｗｔ％のベントナイト、

および／または約２ｗｔ％～約１５ｗｔ％の酸化カルシウムを含む。いくつかの実施形態では、高炉代替生成物は、実質的に約１ｃｍ～約１０ｃｍの範囲の寸法を有する。

【０３８１】

いくつかの実施形態では、本発明に従った高炭素生体試薬は、鋳物用コークス代替品として有用である。鋳物用コークスは、一般に、少なくとも約８５ｗｔ％の炭素含有量、約０．６ｗｔ％の硫黄含有量、約１．５ｗｔ％以下の揮発性物質、約１３ｗｔ％以下の灰、約８ｗｔ％以下の水分、約０．０３５ｗｔ％のリン、約３０のＣＲＩ値、および約５ｃｍ～約２５ｃｍの範囲の寸法を有すると特徴付けられる。

【０３８２】

本発明のいくつかの変形形態は、高炭素生体試薬を炭素系タコナイトペレット付加生成物として利用する。鉄および鋼の製造で使用される鉱石は、酸化鉄である。主な酸化鉄鉱は、ヘマタイト、リモナイト（褐鉄鉱とも呼ばれる）、タコナイト、およびマグネタイト、黒鉱である。タコナイトは、低品位であるが重要な鉱石であり、マグネタイトおよびヘマタイトの両方を含む。タコナイトの鉄含有量は、概ね２５ｗｔ％～３０ｗｔ％である。高炉は、通常、効率的な運用のために、少なくとも５０ｗｔ％の鉄含有鉱石を必要とする。鉄鉱石は、粉砕、ふるい分け、タンブリング、浮遊選鉱、および磁力選鉱を含む、選鉱を受け得る。精製した鉱石は、６０％以上の鉄に濃縮され、しばしば出荷前にペレットに形成される。

【０３８３】

例えば、タコナイトは、微粉に粉砕されて、ベントナイト粘土および石灰石などの結合剤と結合され得る。例えば、おおよそ６５ｗｔ％の鉄を含む、直径約１センチメートルのペレットが形成され得る。ペレットは燃やされて、マグネタイトをヘマタイトに酸化する。ペレットは耐久性があり、それは、高炉装入物が十分に多孔性のままで、加熱されたガスが通過して、ペレット化された鉱石と反応できることを確実にする。

【０３８４】

タコナイトペレットは、高炉付加生成物に関連して前述したように、鉄を製造するために高炉に供給され得る。いくつかの実施形態では、高炭素生体試薬が高炉に導入される。これらまたは他の実施形態では、高炭素生体試薬は、タコナイトペレット自体に取り込まれる。例えば、タコナイト鉱石粉は、選鉱の後、高炭素生体試薬および結合剤と混合され、小物体に丸められ、次いで硬く焼かれる。かかる実施形態では、適切な組成を有するタコナイト炭素ペレットは、炭素の別個の供給源を必要とすることなく、好都合に高炉に導入され得る。

【０３８５】

本発明のいくつかの変形形態は、高炭素生体試薬を取鍋付加炭素系生成物として利用する。取鍋は、溶融金属を搬送し、注ぐために使用される容器である。鋳造用取鍋は、溶融金属を鋳型に注いて、鋳物を製造するために、使用される。搬送取鍋は、大量の溶融金属を１つのプロセスから別のプロセスへ搬送するために使用される。搬送取鍋は、様々な要素の取鍋への追加による鋳鉄のダクタイル鋳鉄への変換などの、溶融金属のいくつかの態様を変化させるために、取鍋内で起こるプロセスに対して使用される。

【０３８６】

高炭素生体試薬は、任意のタイプの取鍋に導入され得るが、通常、炭素は、目標の炭素含有量に基づき適切な量で、処理取鍋に追加されるであろう。処理取鍋に投入される炭素は、炭素の最終組成への良好な質量輸送のために、微粉の形状である得る。いくつかの実施形態では、本発明に従った高炭素生体試薬は、取鍋付加生成物として使用される場合、約０．５ｃｍの最小寸法、例えば、約０．７５ｃｍ、約１ｃｍ、約１．５ｃｍ、またはそれ以上などである。

【０３８７】

いくつかの実施形態では、本発明に従った高炭素生体試薬は、例えば、炭素の取鍋付加が使用される（例えば、鋼製造中に取鍋炭素に追加される）どの塩基性酸素転炉または電気アーク炉施設でも、取鍋付加炭素添加剤（ｌａｄｌｅ　ａｄｄｉｔｉｏｎ　ｃａｒｂｏ

ｎ　ａｄｄｉｔｉｖｅ）として有用である。いくつかの実施形態では、取鍋付加炭素添加剤は、少なくとも約５５ｗｔ％の炭素、約０．４ｗｔ％未満の硫黄、約０．０３５ｗｔ％未満の亜リン酸、および１ポンドあたり少なくとも約１１，０００ＢＴＵの発熱量を含む高炭素生体試薬である。

【０３８８】

いくつかの実施形態では、取鍋付加炭素添加剤は、さらに、最大で約５ｗｔ％までのマンガン、最大で約５ｗｔ％までの酸化カルシウム、および／または最大で約５ｗｔ％までのドロマイト石灰を含む。いくつかの実施形態では、取鍋付加炭素添加剤は、約１／４インチの最小寸法を有する。いくつかの実施形態では、取鍋付加炭素生成物は、約１／２インチの最大寸法を有する。いくつかの実施形態では、取鍋付加炭素添加剤は、約１／４インチの最小寸法、および約１／２インチの最大寸法を有する。いくつかの実施形態では、取鍋付加炭素生成物は、実質的に化石燃料を含まない。

【０３８９】

直接還元鉄（ＤＲＩ）は、海綿鉄とも呼ばれるが、天然ガスまたは石炭から生成された還元ガスによって、鉄鉱石（塊、ペレット、または微粉の形状）の直接還元から生成される。還元ガスは、通常、合成ガス、還元剤として働く水素と一酸化炭素の混合物である。本明細書で提供されるような高炭素生体試薬は、ＣＯを含むガスストリームに変換されて、直接還元鉄を生成するために還元剤として働き得る。

【０３９０】

鉄ナゲットは、高品質の製鋼および鉄鋳造供給材料である。鉄ナゲットは、本質的に全部鉄および炭素であり、ほとんど脈石（スラグ）を含まず、低レベルの残留金属である。それらは、優れた出荷および取扱い特性を備えた高級銑鉄製品である。鉄ナゲットに含有されている炭素、またはその任意の一部は、本明細書で提供される高炭素生体試薬であり得る。鉄ナゲットは、高炭素生体試薬を還元剤またはエネルギー源として使用して、回転炉床炉内で鉄鉱石の還元を通して生成され得る。

【０３９１】

本発明のいくつかの変形形態は、高炭素生体試薬を冶金コークス炭素系生成物として利用する。冶金（ｍｅｔａｌｌｕｒｇｉｃａｌ）コークスは、「ｍｅｔ」コークスとしても知られているが、瀝青炭の様々な混合の分解蒸留によって普通に製造された炭素材料である。最終固形物は、冶金コークスと呼ばれる非溶解炭素である。揮発性ガスの損失および一部溶解の結果として、ｍｅｔコークスは、オープンな多孔性形態を有する。ｍｅｔコークスは、非常に低い揮発性成分を有する。しかし、元の瀝青炭供給原料の一部であった、灰成分は、結果として得られる炭素内にカプセル化されたままである。ｍｅｔコークス供給原料は、微粉からバスケットボール大の塊まで、広範なサイズで入手可能である。

【０３９２】

冶金コークスは、高品質、頑丈、弾性、摩耗性（ｗｅａｒｉｎｇ）の炭素が要求される場合に使用される。用途は、導電性床仕上げ材、摩擦材料（例えば、炭素内張り）、鋳造コーティング（ｆｏｕｎｄｒｙ　ｃｏａｔｉｎｇ）、鋳造加炭剤、腐食材料、穴あけ用途、還元剤、熱処理剤、セラミック充填材、電解プロセス、および酸素排除を含むが、それらに限定されない。

【０３９３】

ｍｅｔコークスは、１ポンドあたり少なくとも約１１，０００～１４，０００Ｂｔｕの発熱量、および約１０ｗｔ％以上の灰含有量を有すると特徴付けられる。従って、いくつかの実施形態では、ｍｅｔコークス代替品は、少なくとも約８０ｗｔ％、８５ｗｔ％、または９０ｗｔ％の炭素、約０．８ｗｔ％以下の硫黄、約３ｗｔ％以下の揮発性物質、約１５ｗｔ％以下の灰、約１３ｗｔ％以下の水分、および約０．０３５ｗｔ％以下のリンを含む、本発明に従った高炭素生体試薬を含む。いくつかの実施形態では、ｍｅｔコークス代替品は、少なくとも約５５ｗｔ％の炭素、約０．４ｗｔ％未満の硫黄、約０．０３５ｗｔ％未満の亜リン酸、および１ポンドあたり少なくとも約１１，０００Ｂｔｕの発熱量を含む。いくつかの実施形態では、ｍｅｔコークス代替品は、約２ｗｔ％～約１５ｗｔ％のド

ロマイト、例えば、約１ｗｔ％、約３ｗｔ％、約４ｗｔ％、約５ｗｔ％、約６ｗｔ％、約７ｗｔ％、約８ｗｔ％、約９ｗｔ％、約１０ｗｔ％、約１１ｗｔ％、約１２ｗｔ％、約１３ｗｔ％、約１４ｗｔ％、または約１５ｗｔ％のドロマイトをさらに含有する。いくつかの実施形態では、ｍｅｔコークス代替品は、約２ｗｔ％～約１５ｗｔ％のベントナイト、例えば、約１ｗｔ％、約３ｗｔ％、約４ｗｔ％、約５ｗｔ％、約６ｗｔ％、約７ｗｔ％、約８ｗｔ％、約９ｗｔ％、約１０ｗｔ％、約１１ｗｔ％、約１２ｗｔ％、約１３ｗｔ％、約１４ｗｔ％、または約１５ｗｔ％のベントナイトをさらに含有する。いくつかの実施形態では、ｍｅｔコークス代替品は、約２ｗｔ％～約１５ｗｔ％の酸化カルシウム、例えば、約１ｗｔ％、約３ｗｔ％、約４ｗｔ％、約５ｗｔ％、約６ｗｔ％、約７ｗｔ％、約８ｗｔ％、約９ｗｔ％、約１０ｗｔ％、約１１ｗｔ％、約１２ｗｔ％、約１３ｗｔ％、約１４ｗｔ％、または約１５ｗｔ％の酸化カルシウムをさらに含有する。いくつかの実施形態では、ｍｅｔコークス代替品は、約２ｗｔ％～約１５ｗｔ％のドロマイト石灰、例えば、約１ｗｔ％、約３ｗｔ％、約４ｗｔ％、約５ｗｔ％、約６ｗｔ％、約７ｗｔ％、約８ｗｔ％、約９ｗｔ％、約１０ｗｔ％、約１１ｗｔ％、約１２ｗｔ％、約１３ｗｔ％、約１４ｗｔ％、または約１５ｗｔ％のドロマイト石灰をさらに含有する。いくつかの実施形態では、ｍｅｔコークス代替品は、約２ｗｔ％～約１５ｗｔ％のドロマイト、約２ｗｔ％～約１５ｗｔ％のベントナイト、約２ｗｔ％～約１５ｗｔ％の酸化カルシウム、および／または約２ｗｔ％～約１５ｗｔ％のドロマイト石灰の任意の組合せを含む。本発明に従った高炭素生体試薬は、ｍｅｔコークス代替品として使用される場合、例えば、約２ｃｍ～約１５ｃｍの範囲のサイズを有し得る。いくつかの実施形態では、ｍｅｔコークス代替品は、約３／４インチの最小寸法を有する。いくつかの実施形態では、ｍｅｔコークス代替品は、約４インチの最大寸法を有する。いくつかの実施形態では、ｍｅｔコークス代替品は、約３／４インチの最小寸法、および約４インチの最大寸法を有する。いくつかの実施形態では、ｍｅｔコークス代替品は、実質的に化石燃料を含まない。

【０３９４】

いくつかの実施形態では、ｍｅｔコークス代替品は、例えば、クロム、ニッケル、マンガン、酸化マグネシウム、ケイ素、アルミニウム、ドロマイト、ホタル石（ｆｌｕｏｒｓｐａｒ）、酸化カルシウム、石灰、ドロマイト石灰、ベントナイト、およびそれらの組合せなどの添加剤をさらに含有する。

【０３９５】

本発明のいくつかの変形形態は、高炭素生体試薬を石炭代替品として利用する。石炭を使用する任意のプロセスまたはシステムは、原理上は、高炭素生体試薬を使用するように適合できる。

【０３９６】

いくつかの実施形態では、高炭素生体試薬は、１つまたは複数の炭素系生成物と結合して、その炭素系生成物よりも高いランクを有し、かつ／または燃焼時に、純粋な炭素系生成物より排出の少ない、複合生成物を形成する。

【０３９７】

例えば、亜歴青炭などの低ランク石炭が、通常、瀝青炭などの、より高い石炭生成物を要求する用途で、選択された量の本発明に従った高炭素生体試薬を、低ランク石炭生成物と結合することにより、使用され得る。他の実施形態では、配合炭生成物（例えば、異なるランクの複数の石炭の組合せ）のランクが、配合炭をある量の高炭素生体試薬と結合することにより、高められ得る。石炭生成物と混合される高炭素生体試薬の量は、石炭生成物のランク、高炭素生体試薬の特性（例えば、炭素含有量、発熱量など）、および最終複合生成物の所望のランクによって異なり得る。

【０３９８】

例えば、無煙炭は、一般に、少なくとも約８０ｗｔ％の炭素、約０．６ｗｔ％の硫黄、約５ｗｔ％の揮発性物質、最大で約１５ｗｔ％までの灰、最大で約１０ｗｔ％までの水分、および約２９ＭＪ／ｋｇ（おおよそ１２，４９４Ｂｔｕ／ｌｂ）の発熱量を有すると特徴付けられる。いくつかの実施形態では、無煙炭代替品は、少なくとも約８０ｗｔ％の炭

素、約０．６ｗｔ％以下の硫黄、約１５ｗｔ％以下の灰、および少なくとも約１２，０００Ｂｔｕ／ｌｂの発熱量を含む、本発明に従った高炭素生体試薬である。

【０３９９】

いくつかの実施形態では、本発明に従った高炭素生体試薬は、燃料炭代替品として有用であり得る。燃料炭生成物は、一般に、高い硫黄レベル、高いリンレベル、高い灰含有量、および最大で約１５，０００Ｂｔｕ／ｌｂまでの発熱量を有すると特徴付けられる。いくつかの実施形態では、燃料炭代替品は、約０．５ｗｔ％以下の硫黄、約４ｗｔ％以下の灰、および少なくとも約１２，０００Ｂｔｕ／ｌｂの発熱量を含む、高炭素生体試薬である。

【０４００】

本発明のいくつかの変形形態は、高炭素生体試薬を炭素系コークス化生成物として利用する。任意のコークス化プロセスまたはシステムが、高炭素生体試薬を使用して、コークスを生成するか、またはそれをコークス供給原料として使用するように適合され得る。

【０４０１】

いくつかの実施形態では、本発明に従った高炭素生体試薬は、燃料炭またはコークス代替品として有用である。例えば、燃料炭またはコークス代替品は、少なくとも約５０ｗｔ％の炭素、約８ｗｔ％以下の灰、約０．５ｗｔ％以下の硫黄、および少なくとも約１１，０００Ｂｔｕ／ｌｂの発熱量を含む高炭素生体試薬から成り得る。他の実施形態では、燃料コークス代替品は、約０．５ｗｔ％～約５０ｗｔ％の揮発性物質をさらに含有する。燃料炭またはコークス代替品は、約０．４ｗｔ％～約１５ｗｔ％の水分を含み得る。

【０４０２】

いくつかの実施形態では、本発明に従った高炭素生体試薬は、石油（ｐｅｔ）コークスまたはか焼石油コークス代替品として有用である。か焼石油コークスは、一般に、少なくとも約６６ｗｔ％の炭素、最大で約４．６ｗｔ％までの硫黄、最大で約５．５ｗｔ％までの揮発性物質、最大で約１９．５ｗｔ％までの灰、および最大で約２ｗｔ％までの水分を有すると特徴付けられ、また、通常、約３メッシュ以下のサイズである。いくつかの実施形態では、か焼石油コークス代替品は、少なくとも約６６ｗｔ％の炭素、約４．６ｗｔ％以下の硫黄、約１９．５ｗｔ％以下の灰、約２ｗｔ％以下の水を含む高炭素生体試薬であり、約３メッシュ以下のサイズである。

【０４０３】

いくつかの実施形態では、本発明に従った高炭素生体試薬は、コークス化炭素代替品（例えば、コークス化炉内で原料炭と共燃焼される）として有用である。一実施形態では、コークス化炭素代替品は、少なくとも約５５ｗｔ％の炭素、約０．５ｗｔ％以下の硫黄、約８ｗｔ％以下の不燃物、および１ポンドあたり少なくとも約１１，０００Ｂｔｕの発熱量を含む、高炭素生体試薬である。いくつかの実施形態では、コークス化炭素代替品は、少なくとも約５５ｗｔ％の炭素、約０．４ｗｔ％以下の硫黄、約０．０３５ｗｔ％以下の亜リン酸、および１ポンドあたり少なくとも約１１，０００Ｂｔｕの発熱量を含む、高炭素生体試薬である。いくつかの実施形態では、コークス化炭素代替品は、約３／４インチの最小寸法を有する。いくつかの実施形態では、コークス化炭素代替品は、実質的に化石燃料を含まない。いくつかの実施形態では、コークス化炭素代替品は、約０．５ｗｔ％～約５０ｗｔ％の揮発性物質、および１つもしくは複数の添加剤を含む。

【０４０４】

本発明のいくつかの変形形態は、高炭素生体試薬を炭素コークス粉生成物として利用するが、それは、通常、例えば、６ｍｍ、３ｍｍ、３ｍｍ、１ｍｍ、またはそれ以下などの、微細粒子径を有する。いくつかの実施形態では、本発明に従った高炭素生体試薬は、炭素コークス粉代替品として有用である。炭素コークス粉は、一般に、約６ｍｍ以下の最大寸法、少なくとも約８０ｗｔ％の炭素含有量、０．６～０．８ｗｔ％の硫黄、１％～２０ｗｔ％の揮発性物質、最大で約１３ｗｔ％までの灰、および最大で約１３ｗｔ％までの水分を有すると特徴付けられる。いくつかの実施形態では、炭素コークス粉代替品は、少なくとも約８０ｗｔ％の炭素、約０．８ｗｔ％以下の硫黄、約２０ｗｔ％以下の揮発性物質

、約１３ｗｔ％以下の灰、約１３ｗｔ％以下の水分、および約６ｍｍの最大寸法を含む、本発明に従った高炭素生体試薬である。

【０４０５】

いくつかの実施形態では、本発明に従った高炭素生体試薬は、例えば、タコナイトペレット製造または鉄製造プロセス中に、炭素コークス粉代替品として有用である。いくつかの実施形態では、炭素コークス粉代替品は、少なくとも約５５ｗｔ％の炭素、約０．４ｗｔ％以下の硫黄、約０．０３５ｗｔ％以下の亜リン酸、および１ポンドあたり少なくとも約１１，０００Ｂｔｕの発熱量を含む、高炭素生体試薬である。いくつかの実施形態では、炭素コークス粉代替品は、約１／８インチの最小寸法を有する。いくつかの実施形態では、炭素コークス粉代替品は、実質的に化石燃料を含まない。

【０４０６】

本発明のいくつかの変形形態は、高炭素生体試薬を、様々な流動床炉用の供給原料として、または流動床炉炭素系供給原料代替品として利用する。炭素は、流動床炉内で、完全燃焼、部分酸化、気化、水蒸気改質、または同様のもののために、採用され得る。炭素は、エネルギー（例えば、コージェネレーション）、または液体燃料（例えば、メタノールまたはフィッシャー・トロプシュディーゼル燃料）の生成を含め、様々な下流使用のために、主に合成ガスに変換され得る。

【０４０７】

いくつかの実施形態では、本発明に従った高炭素生体試薬は、例えば、石炭が使用され得る（例えば、プロセス熱またはエネルギー生成のため）どの流動床炉内でも、流動床炭素代替品として有用である。いくつかの実施形態では、流動床代替品は、少なくとも約５５ｗｔ％の炭素、約０．４ｗｔ％以下の硫黄、約０．０３５ｗｔ％以下の亜リン酸、および１ポンドあたり少なくとも約１１，０００Ｂｔｕの発熱量を含む、高炭素生体試薬である。いくつかの実施形態では、流動床代替品は、約１／４インチの最小寸法を有する。いくつかの実施形態では、流動床代替品は、約２インチの最大寸法を有する。いくつかの実施形態では、流動床代替品は、約１／４インチの最小寸法、および約２インチの最大寸法を有する。いくつかの実施形態では、流動床代替品は、実質的に化石燃料を含まない。

【０４０８】

本発明のいくつかの変形形態は、高炭素生体試薬を、炭素系炉付加生成物として利用する。炭素系炭素炉付加生成物は、一般に、高い硫黄レベル、高いリンレベル、および高い灰含有量を有すると特徴付けられ、それは、金属製品の劣化の一因となり、大気汚染を生み出す。いくつかの実施形態では、高炭素生体試薬を含む炭素炉付加代替品は、約０．５ｗｔ％以下の硫黄、約４ｗｔ％以下の灰、約０．０３ｗｔ％以下の亜リン酸、および約７．５ｃｍの最大寸法を含む。いくつかの実施形態では、炭素炉付加代替品は、約０．５ｗｔ％～約５０ｗｔ％の揮発性物質および約０．４ｗｔ％～約１５ｗｔ％の水分を含む。いくつかの実施形態では、炉付加代替品は、少なくとも約８０ｗｔ％の炭素、約０．４ｗｔ％未満の硫黄、約０．０３５ｗｔ％未満の亜リン酸、約５ｗｔ％未満のマンガン、約５ｗｔ％未満のホタル石（ｆｌｕｏｒｓｐａｒ）、および少なくとも約１１，０００Ｂｔｕ／ｌｂの発熱量を含む高炭素生体試薬である。いくつかの実施形態では、炉付加代替品は、約５ｗｔ％～約１０ｗｔ％のドロマイト、例えば、約５ｗｔ％、約６ｗｔ％、約７ｗｔ％、約８ｗｔ％、約９ｗｔ％、または約１０ｗｔ％のドロマイトをさらに含有する。いくつかの実施形態では、炉付加代替品は、約５ｗｔ％～約１０ｗｔ％のドロマイト石灰、例えば、約５ｗｔ％、約６ｗｔ％、約７ｗｔ％、約８ｗｔ％、約９ｗｔ％、または約１０ｗｔ％のドロマイト石灰をさらに含有する。いくつかの実施形態では、炉付加代替品は、約５ｗｔ％～約１０ｗｔ％の酸化カルシウム、例えば、約５ｗｔ％、約６ｗｔ％、約７ｗｔ％、約８ｗｔ％、約９ｗｔ％、または約１０ｗｔ％の酸化カルシウムをさらに含有する。いくつかの実施形態では、炉付加代替品は、約５ｗｔ％～約１０ｗｔ％のドロマイト石灰、および約５ｗｔ％～約１０ｗｔ％の酸化カルシウムをさらに含有する。いくつかの実施形態では、炉付加代替品は、約５ｗｔ％～約１０ｗｔ％のドロマイト、約５ｗｔ％～約１０ｗｔ％のドロマイト石灰、および約５ｗｔ％～約１０ｗｔ％の酸化カルシウムをさらに含

有する。いくつかの実施形態では、炉付加代替品は、約３／４インチの最小寸法を有する。いくつかの実施形態では、炉付加代替品は、約２インチの最大寸法を有する。いくつかの実施形態では、炉付加代替品は、約３／４インチの最小寸法、および約２インチの最大寸法を有する。いくつかの実施形態では、炉付加代替品は、実質的に化石燃料を含まない。

【０４０９】

いくつかの実施形態では、本発明に従った高炭素生体試薬は、例えば、炉付加炭素が使用され得るどの塩基性酸素転炉または電気アーク炉施設でも、炉付加炭素添加剤として有用である。例えば、炉付加炭素は、電気アーク炉施設で鋼製造中に鋼をスクラップにするために追加され得る。電気アーク炉用途に対しては、不純物の初期の除去の後に、不純物がプロセスに再度導入されないように、高純度の炭素が望ましい。

【０４１０】

いくつかの実施形態では、炉付加炭素添加剤は、少なくとも約８０ｗｔ％の炭素、約０．５ｗｔ％以下の硫黄、約８ｗｔ％以下の不燃物、および１ポンドあたり少なくとも約１１，０００Ｂｔｕの発熱量を含む、本発明に従った高炭素生体試薬である。いくつかの実施形態では、炉付加炭素添加剤は、最大で約５ｗｔ％までのマンガン、最大で約５ｗｔ％までのホタル石、約５ｗｔ％～約１０ｗｔ％のドロマイト、約５ｗｔ％～約１０ｗｔ％のドロマイト石灰、および／または約５ｗｔ％～約１０％の酸化カルシウムをさらに含有する。

【０４１１】

本発明のいくつかの変形形態は、高炭素生体試薬をストーカー炉炭素系生成物として利用する。いくつかの実施形態では、本発明に従った高炭素生体試薬は、例えば、石炭が使用され得る（例えば、プロセス熱またはエネルギー生成のため）どのストーカー炉でも、ストーカー石炭代替品として有用である。いくつかの実施形態では、ストーカー炭素代替品は、少なくとも約５５ｗｔ％の炭素、約０．４ｗｔ％未満の硫黄、約０．０３５ｗｔ％未満の亜リン酸、および１ポンドあたり少なくとも約１１，０００ＢＴＵの発熱量を含む、高炭素生体代替品である。いくつかの実施形態では、ストーカー炭素代替品は、約１インチの最小寸法を有する。いくつかの実施形態では、ストーカー炭素代替品は、約３インチの最大寸法を有する。いくつかの実施形態では、ストーカー炭素代替品は、約１インチの最小寸法、および約３インチの最大寸法を有する。いくつかの実施形態では、ストーカー炭素代替品は、実質的に化石燃料を含まない。

【０４１２】

本発明のいくつかの変形形態は、高炭素生体試薬を注入可能（例えば、微粉砕）炭素系材料として利用する。いくつかの実施形態では、本発明に従った高炭素生体試薬は、射出グレードか焼石油コークス代替生成物として有用である。射出グレードか焼石油コークスは、一般に、少なくとも約６６ｗｔ％の炭素、約０．５５～約３ｗｔ％の硫黄、最大で約５．５ｗｔ％までの揮発性物質、最大で約１０ｗｔ％までの灰、最大で約２ｗｔ％までの水分を有すると特徴付けられ、また、約６メッシュ以下のサイズである。いくつかの実施形態では、か焼石油コークス代替生成物は、少なくとも約６６ｗｔ％の炭素、約３ｗｔ％以下の硫黄、約１０ｗｔ％以下の灰、約２ｗｔ％以下の水分を含む高炭素生体試薬であり、また、約６メッシュ以下のサイズである。様々な実施形態では、注入可能炭素は、微粉砕炭素、抽出用微粉砕炭素、またはＰＣＩとしても知られている。様々な実施形態では、注入可能炭素は、直接エネルギー源、試薬、またはその両方として使用される。

【０４１３】

いくつかの実施形態では、本発明に従った高炭素生体試薬は、例えば、注入可能炭素が利用され得る（例えば、鋼製造中にスラグまたは取鍋に注入される）任意の用途で、塩基性酸素転炉または電気アーク炉施設において、注入可能炭素代替生成物として有用である。いくつかの実施形態では、注入可能炭素代替生成物は、少なくとも約５５ｗｔ％の炭素、約０．４ｗｔ％未満の硫黄、約０．０３５ｗｔ％未満の亜リン酸、および１ポンドあたり少なくとも約１１，０００ＢＴＵの発熱量を含む高炭素生体試薬である。いくつかの実

施形態では、注入可能炭素代替生成物は、最大で約約１０ｗｔ％までのドロマイト石灰をさらに含有する。いくつかの実施形態では、注入可能炭素代替生成物は、最大で約１０ｗｔ％までの酸化カルシウムをさらに含有する。いくつかの実施形態では、注入可能炭素代替生成物は、最大で約約１０ｗｔ％までのドロマイト石灰、および最大で約１０ｗｔ％までの酸化カルシウムをさらに含有する。いくつかの実施形態では、注入可能炭素代替生成物は、約１／８インチの最小寸法を有する。いくつかの実施形態では、注入可能炭素代替生成物は、実質的に化石燃料を含まない。

【０４１４】

いくつかの実施形態では、本発明に従った高炭素生体試薬は、例えば、微粉砕石炭が利用され得る（例えば、プロセス熱またはエネルギー生成のため）ところではどこでも、微粉砕炭素代替生成物として有用である。いくつかの実施形態では、微粉砕石炭代替生成物は、最大で約１０ｗｔ％までの酸化カルシウムをさらに含有する。いくつかの実施形態では、微粉砕石炭代替生成物は、少なくとも約５５ｗｔ％の炭素、約０．４ｗｔ％未満の硫黄、および１ポンドあたり少なくとも約１１，０００ＢＴＵの発熱量を含む高炭素生体代替品である。いくつかの実施形態では、微粉砕石炭代替生成物は、約１／８インチの最小寸法を有する。いくつかの実施形態では、微粉砕石炭代替生成物は、実質的に化石燃料を含まない。

【０４１５】

本発明のいくつかの変形形態は、高炭素生体試薬を金属生産用の炭素付加生成物として利用する。いくつかの実施形態では、本発明に従った高炭素生体試薬は、炭素鋼または炭素を含む別の金属合金の製造のため、炭素付加生成物として有用である。炭素系後期段階炭素付加生成物は、一般に、高い硫黄レベル、高い亜リン酸レベル、および高い灰含有量、ならびに金属品質を劣化させ、大気汚染の一因となる高い水銀レベルを有すると特徴付けられる。本発明のいくつかの実施形態では、炭素付加生成物は、約０．５ｗｔ％以下の硫黄、約４ｗｔ％以下の灰、約０．０３ｗｔ％以下のリン、約１～５ｍｍの最小寸法、および約８～１２ｍｍの最大寸法を含む。

【０４１６】

本発明のいくつかの変形形態は、高炭素生体試薬を炭素電極として利用する。いくつかの実施形態では、本発明に従った高炭素生体試薬は、例えば、アルミニウム製造での使用に適した電極（例えば、陽極）材料として有用である。いくつかの実施形態では、電極材料は、任意の実施形態において、本発明に従った高炭素生体試薬を含む。少なくとも約５５ｗｔ％の炭素、約０．４ｗｔ％未満の硫黄、約０．０３５ｗｔ％未満の亜リン酸、および１ポンドあたり少なくとも約１１，０００ＢＴＵの発熱量を含む高炭素生体試薬である。いくつかの実施形態では、炭素電極は、少なくとも約５５ｗｔ％の炭素、および約０．５ｗｔ％未満の硫黄を含む高炭素生体試薬を含む。いくつかの実施形態では、炭素電極は、実質的に化石燃料を含まない。

【０４１７】

炭素電極における高炭素生体試薬の他の使用は、バッテリー、燃料電池、コンデンサ、および他のエネルギー貯蔵またはエネルギー供給装置での用途を含む。例えば、リチウムイオン電池では、高炭素生体試薬は、陽極側上でリチウムを挿入するために使用され得る。これらの用途では、炭素純度および低灰分が非常に重要であり得る。いくつかの実施形態では、金属の製造方法は、炭素電極が消費されるステップを含む。いくつかの実施形態では、炭素電極は、少なくとも約５５ｗｔ％の炭素、および約０．５ｗｔ％未満の硫黄を含む高炭素生体試薬を含む。いくつかの実施形態では、炭素電極は、実質的に化石燃料を含まない。

【０４１８】

本発明のいくつかの変形形態は、高炭素生体試薬を触媒担体として利用する。炭素は、例えば、合成ガスからのより高い炭化水素のフィッシャー・トロプシュ合成のために、炭素相に担持される硫化コバルト－モリブデン金属触媒、または炭素に担持される鉄系触媒を使用した、合成ガスからの混合アルコール合成などの、広範な触媒化学反応における触

媒担体として知られている。

【０４１９】

本発明のいくつかの変形形態は、高炭素生体試薬を活性炭生成物として利用する。活性炭生成物は、水処理、空気浄化、溶媒蒸気回収、食品および飲料加工、ならびに製薬を含め、多種多様な液相および気相用途で使用される。活性炭に関しては、材料の多孔性および表面積が一般に重要である。本明細書で提供される高炭素生体試薬は、様々な実施形態において、（ｉ）化石燃料ベースの活性炭よりも大きな表面積；（ｉｉ）炭素の再生可能性；（ｉｉｉ）汚染物質制御を強化する添加剤のより良い浸透／分散を可能にする、添加剤を併用したバイオマス供給原料の維管束性質、および（ｉｖ）より大きな反応性をもたらす、より不活性でない物質（灰）；に起因して、優れた活性炭生成物を提供し得る。

【０４２０】

いくつかの実施形態では、本明細書で開示される高炭素生体試薬組成の様々な成分の量は、無水ベースで測定される。いくつかの実施形態では、本明細書で開示される高炭素生体試薬組成の様々な成分の量は、無灰ベースで測定される。いくつかの実施形態では、本明細書で開示される高炭素生体試薬組成の様々な成分の量は、無水、無灰ベースで測定される。

【０４２１】

高炭素生体試薬の市場用途の上の記述では、記述した用途は排他的ではなく、包括的でもないことが認識されよう。従って、１つのタイプの炭素生成物に適していると記述されている高炭素生体試薬は、様々な実施形態において、記述された任意の他の用途に適し得る。これらの用途は例示に過ぎず、高炭素生体試薬の他の用途がある。様々な実施形態では、注入可能炭素は、直接エネルギー源として、試薬として、またはその両方で使用される。

【０４２２】

さらに、いくつかの実施形態では、同じ物理的材料が、統合された方法で、または順々にのいずれかで、複数の市場過程で使用され得る。従って、例えば、炭素電極または活性炭として使用される高炭素生体試薬は、性能材料としてその有効寿命の終わりに、次いで、エネルギー価のための燃焼プロセスまたは金属加工などに導入され得る。

【０４２３】

いくつかの実施形態は、活性炭を、その反応性／吸着性特性のため、および燃料としての両方で、採用し得る。例えば、排出ストリームに注入された活性炭は、汚染物質を除去するのに適し得、その後に、活性炭粒子およびおそらくはその汚染物質の燃焼が続き、エネルギーが生成され、その汚染物質を熱的に破壊するか、または化学的に酸化する。

【０４２４】

著しい環境的および生成物使用の利点は、従来型の化石燃料ベース生成物に比べて、高炭素生体試薬に関連し得る。高炭素生体試薬は、環境的に優れているだけでなく、例えば、より高い純度のために、処理の観点から機能的にも優れている。

【０４２５】

金属生産に関して、開示されたプロセスでの生体試薬の生成は、炭素系生成物の、金属生産での使用のための準備に必要なコークス化に比べて、ＣＯ、CO_2、NO_x、SO_2、および有害大気汚染物質の著しく低い排出という結果となる。

【０４２６】

石炭またはコークスの代わりの高炭素生体試薬の使用も、SO_2、有害大気汚染物質、および水銀の環境排出を著しく削減する。

【０４２７】

また、これら高炭素生体試薬の純度のために（低灰含有量を含む）、生体試薬は、バッチ金属製造プロセスにおいて、スラグを削減し、生産能力を高める可能性がある。

【実施例】

【０４２８】

〔例〕

例１．生体試薬の調製－一般的方法

木材基質のアカマツの大きなチップ、ダグラスファー円柱（直径１．２５インチの片）およびダグラスファー片（約２インチ×２インチ）が、任意選択で加熱された窒素ガス流を有する積込みホッパーに投入された。任意選択で、添加剤（例えば、ＮａＯＨおよび／またはＫＯＨ）の１％の水溶液が、ホッパー内にある間に木材基質への噴霧によって、またはバイオマスを添加剤水溶液に浸すことによって適用された。適用方法に関わらず、添加剤溶液は、バイオマスが乾燥される前に、バイオマスに３０分間浸透された。反応装置が所望の温度に達すると、反応装置の回転が開始されて、木材基質が、材料供給システムを作動させることにより、ゆっくりと供給された。各バッチに対する反応装置の加熱部分内での平均滞留時間が表１に示されている。反応装置の加熱部分から出た後、熱分解された材料が排出ホッパー内で収集された。コンベヤーが生体試薬をさらなる分析のために排出ホッパーから移動させた。

【０４２９】

生体試薬が、上の一般的方法に従い、様々な供給原料サイズ、異なる反応装置温度、加熱されたか、または環境窒素、添加剤、および滞留時間を使用して、調製された。表１は、各バッチに対する熱分解パラメータを要約する。

【表１】

生体試薬の調製

サンプル	基質のサイズ	反応装置の温度	窒素の温度	添加剤	滞留時間
Ａ	大きなチップ	３７１℃	周囲温度（２０～２５℃）	なし	０．５時間
Ｂ	大きなチップ	３５０℃	周囲温度	なし	０．５時間
Ｃ	大きなチップ	３５０℃	３００℃	なし	０．５時間
Ｄ	１．２５インチ円柱	６００℃	３００℃	なし	２時間
Ｅ	２×２インチ	６００℃	３００℃	なし	２時間
Ｆ	大きなチップ	４８０℃	周囲温度	なし	４時間
Ｇ	大きなチップ	４８０℃	周囲温度	ＫＯＨ	４時間
Ｈ	大きなチップ	３７０℃	周囲温度	ＫＯＨ	２．５時間
Ｉ	大きなチップ	３７０℃	周囲温度	ＫＯＨ	２時間
Ｊ１	処理済み入力	Ｎ／Ａ	Ｎ／Ａ	ＮａＯＨ	Ｎ／Ａ
Ｊ２	Ｊ１の出力	３７０℃	周囲温度	ＮａＯＨ	２時間

【０４３０】

例２．生体試薬の分析

例１の一般的方法に従って調製された生体試薬のパラメータが下の表２に従って分析された。

【表２】

生体試薬の分析に使用された方法

パラメータ	方法
水分（総量）	ＡＳＴＭ　Ｄ３１７３
灰含有量	ＡＳＴＭ　Ｄ３１７４
揮発性物質含有量	ＡＳＴＭ　Ｄ３１７５
固定炭素含有量（計算による）	ＡＳＴＭ　Ｄ３１７２
硫黄含有量	ＡＳＴＭ　Ｄ３１７７
発熱量（１ポンドあたりのＢＴＵ）	ＡＳＴＭ　Ｄ５８６５
炭素含有量	ＡＳＴＭ　Ｄ５３７３
水素含有量	ＡＳＴＭ　Ｄ５３７３
窒素含有量	ＡＳＴＭ　Ｄ５３７３
酸素含有量（計算による）	ＡＳＴＭ　Ｄ３１７６

【０４３１】

添加剤を使用せずに調製された、サンプルＡ～Ｆの結果が下の表３に示されている。

【表３】

Ａ～Ｆの生体試薬の特性

サンプル→	A	B	C	D	E	F
水分（ｗｔ％）	２．４２	３．０２	３．５１	０．４７８	０．８６４	４．２５
灰（ｗｔ％）	１．１６	０．９１７	０．８３９	１．０３	１．０６	１．４３
揮発性物質（ｗｔ％）	３８．７	４６．４	４２．８	２．８	１７．０	１８．４
固定炭素（ｗｔ％）	５７．７	４９．４	５２．９	９５．７	８１．０	７６．０
硫黄（ｗｔ％）	ＮＤ†	ＮＤ	ＮＤ	ＮＤ	ＮＤ	ＮＤ
発熱量（ＢＴＵ／ｌｂ）	１２，８０７	１２，４５２	１２，３４６	１４，７００	１３，９８３	１３，３１３
炭素（ｗｔ％）	７３．３	７１．２	７１．０	ＮＴ‡	ＮＴ	８４．１
水素（ｗｔ％）	４．４７	４．８５	４．６３	ＮＴ	ＮＴ	２．７８
窒素（ｗｔ％）	０．２５１	０．２２７	０．３５３	ＮＴ	ＮＴ	０．２５９
酸素（ｗｔ％）	１８．３	１９．７	１９．６	ＮＴ	ＮＴ	７．１３

†ＮＤ：０．０５ｗｔ％未満の硫黄含有量。

‡ＮＴ：未検。

【０４３２】

添加剤を使用して調製された、サンプルＧ～Ｊ２の結果が下の表４に示されている。

【表４】

Ｇ～Ｊ２の生体試薬の特性

サンプル→	Ｇ	Ｈ	Ｉ	Ｊ１	Ｊ２
水分（ｗｔ％）	３．７８	５．４３	１．７１	１５．２	４．０５
灰（ｗｔ％）	５．９７	１２．６	１５．８	７．９	２０．２
揮発性物質（ｗｔ％）	１７．８	３０．２	１９．７	５９．１	２５．３
固定炭素（ｗｔ％）	７２．５	５１．７	６２．８	１７．８	５０．５
硫黄（ｗｔ％）	ＮＤ†	ＮＤ	ＮＤ	ＮＤ	ＮＤ
発熱量（ＢＴＵ／ｌｂ）	１２，９３６	１０，５３０	１１，９９７	６，９６８	９，６３９
炭素（ｗｔ％）	８１．１	６４．４	６９．６	４１．９	６７．２
水素（ｗｔ％）	２．６	３．７３	３．８２	４．６４	３．７８
窒素（ｗｔ％）	０．２０	０．１４４	０．１５５	０．１４５	０．１１０
酸素（ｗｔ％）	６．３１	１３．６	８．９１	３０．２	４．６

†ＮＤ：０．０５ｗｔ％未満の硫黄含有量。

【０４３３】

例３．高発熱量生体試薬の生成

本例は、高発熱量を有する生体試薬の生成を示す。

【０４３４】

ダグラスファー円柱片（直径１～１／８”、長さ約１．５インチ）を含む供給原料が、例１の一般的方法に従って熱分解された。反応装置が６００℃まで加熱されて、供給原料が３０分の滞留時間で熱分解された。冷却後、結果として生じた生体試薬が、例２に記述する方法に従って分析された。結果が表５に示されている。

【表５】

高発熱量生体試薬の分析

近似分析				
パラメータ	ＡＳＴＭ法	到着ベース	無水	無灰＆無水
水分（総量）	Ｄ３１７３	１．４５ｗｔ％	－	－
灰	Ｄ３１７４	０．８２９ｗｔ％	０．８４１ｗｔ％	－
揮発性物質	Ｄ３１７５	７．１５ｗｔ％	７．２６ｗｔ％	７．３２ｗｔ％
固定炭素	Ｄ３１７２	９０．６ｗｔ％	９１．９ｗｔ％	９２．７ｗｔ％
硫黄	Ｄ３１７７	ＮＤ†	ＮＤ	ＮＤ
発熱量	Ｄ５８６５	１４，９４２ＢＴＵ／ｌｂ	１５，１６２ＢＴＵ／ｌｂ	１５，２９１ＢＴＵ／ｌｂ
元素分析				
パラメータ	ＡＳＴＭ法	到着ベース	無水	無灰＆無水
水分（総量）	Ｄ３１７３	１．４５ｗｔ％	－	－
灰	Ｄ３１７４	０．８２９ｗｔ％	０．８４１ｗｔ％	－
硫黄	Ｄ３１７７	ＮＤ	ＮＤ	ＮＤ
炭素	Ｄ５３７３	８８．３ｗｔ％	８９．６ｗｔ％	９０．４ｗｔ％
水素‡	Ｄ５３７３	１．９７ｗｔ％	２．００ｗｔ％	２．０１ｗｔ％
窒素	Ｄ５３７３	０．２０９ｗｔ％	０．２１２ｗｔ％	０．２１４ｗｔ％
酸素‡	Ｄ３１７６	７．１９ｗｔ％	７．３０ｗｔ％	７．３６ｗｔ％

†ＮＤ：硫黄含有量が０．０５０ｗｔ％未満（到着ベース）、０．０５１ｗｔ％未満（無水）、または０．０５２ｗｔ％未満（無灰および無水）であった。

‡水を除く。

【０４３５】

例４．高発熱量生体試薬の生成

本例は、高発熱量を有する生体試薬の生成を示す。

【０４３６】

ほぼ１インチ×１／２インチ×１／８インチの平均粒径を有するアカマツチップを含む供給原料が、例１の一般的方法に従って熱分解された。反応装置が５５０℃まで加熱されて、供給原料が３０分の滞留時間で熱分解された。冷却後、結果として生じた生体試薬が、例２に記述する方法に従って分析された。結果が表６に示されている。

【表６】

高発熱量生体試薬の分析

近似分析				
パラメータ	ＡＳＴＭ法	到着ベース	無水	無灰＆無水
水分（総量）	Ｄ３１７３	２．５５ｗｔ％	－	－
灰	Ｄ３１７４	１．５２ｗｔ％	１．５６ｗｔ％	－
揮発性物質	Ｄ３１７５	１０．１ｗｔ％	１０．４ｗｔ％	１０．５ｗｔ％
固定炭素	Ｄ３１７２	８５．８ｗｔ％	８８．１ｗｔ％	８９．５ｗｔ％
硫黄	Ｄ３１７７	ＮＤ†	ＮＤ	ＮＤ
発熱量	Ｄ５８６５	１４，７９２ ＢＴＵ／ｌｂ	１５，１７９ ＢＴＵ／ｌｂ	１５，４２０ ＢＴＵ／ｌｂ
元素分析				
パラメータ	ＡＳＴＭ法	到着ベース	無水	無灰＆無水
水分（総量）	Ｄ３１７３	２．５５ｗｔ％	－	－
灰	Ｄ３１７４	１．５２ｗｔ％	１．５６ｗｔ％	－
硫黄	Ｄ３１７７	ＮＤ	ＮＤ	ＮＤ
炭素	Ｄ５３７３	８８．９ｗｔ％	９１．２ｗｔ％	９２．７ｗｔ％
水素‡	Ｄ５３７３	２．３６ｗｔ％	２．４２ｗｔ％	２．４５ｗｔ％
窒素	Ｄ５３７３	０．４００ｗｔ％	０．４１０ ｗｔ％	０．４１７ ｗｔ％
酸素‡	Ｄ３１７６	４．２２ｗｔ％	４．３３ｗｔ％	４．４０ｗｔ％

†ＮＤ：硫黄含有量が０．０５０ｗｔ％未満（到着ベース）、０．０５１ｗｔ％未満（無水）、または０．０５２ｗｔ％未満（無灰および無水）であった。

‡水を除く。

【０４３７】

例５．Ｍｅｔコークスとの混合用の生体コークス代替品の生成

生体試薬が、実質的に例１の一般的方法に従って、粉砕されたキルン乾燥済み木製だぼ（ｗｏｏｄ　ｄｏｗｅｌｉｎｇ）から調製された。

【０４３８】

ｍｅｔコークス（サンプルＩＤ　Ｎｏ．ＳＧＳ／４２７－１１０４０１４－００１）の２％および５％の生体試薬のとの混合が、ｍｅｔコークスを適当量の生体コークス代替品と混合することにより、調製された。強度および反応性値が、ＡＳＴＭ　Ｄ５３４１に従い、ｍｅｔコークスのみと比較した混合に対して測定され、表７に示されている（値は、サンプルにつき、２つ試験の最小値の平均である）。

【表７】

生体試薬－Ｍｅｔコークス混合のＣＳＲおよびＣＲＩ

生体試薬の量	ＣＲＩ	ＣＳＲ
０ｗｔ％（基準値）	２４．５％	６２．８％
２ｗｔ％	２５．７％（＋１．２％）	６２．３％（－０．５％）
５ｗｔ％	２８．０％（＋３．５％）	６１．２％（－１．６％）

【０４３９】

本例は、実質的に例１の一般的方法に従って調製された生体試薬が、ｍｅｔコークスと２ｗｔ％および５ｗｔ％で混合された場合に、３０％以下のＣＲＩ値および６０％以上のＣＳＲ値を達することができ、大規模高炉内でのｍｅｔコークスの使用のための標準的仕様に一致することを示す。

【０４４０】

例６．強化された熱間強度生体コークス代替品の生成

ほぼ１”×１／２”×１／８”のサイズのアカマツ木材チップが、例１の一般的方法に従い、６００℃で３０分の滞留時間で、熱分解された。結果として生じた生体試薬は、「サンプルＡ」として参照される。

【０４４１】

１～１／８”の直径を有する、粉砕キルン乾燥済み木製だぼが、各々約１．５インチの長さを有する断片に切断された。断片が、例１の一般的方法に従い、６００℃で２時間の滞留時間で、熱分解された。結果として生じた生体試薬は、「サンプルＢ」として参照される。

【０４４２】

サンプルＡおよびサンプルＢの各々が、別々に石英管内に置かれ、CO_2ガスの存在下で１時間、１，１００℃で加熱された。１時間後、サンプルＡは約０％のＣＳＲ値を有した。１時間後、サンプルＢは約６４．６％のＣＳＲ値を有した。これらの結果は、生体コークス代替品の熱間強度を高めるための潜在力、および様々な金属生産用途におけるｍｅｔコークス用代替品としての使用に対する適合性を示す。

【０４４３】

例７．特定寸法の生体試薬の調製

下の表８に示すように、特定の形状および平均寸法を有する生体試薬が、例１の一般的方法に従って生成された。

【表８】

特定寸法の生体試薬の特性

サンプル	固定炭素	初期の容積	最終的な容積	容積の変化	初期の質量	最終的な質量	質量の変化
ブロック	９０ｗｔ％	３．１５ in^3	１．５１ in^3	－５２％	２２．７７ｇ	４．９１ｇ	－７８％
円柱－１	８０ｗｔ％	１．４６ in^3	０．６４ in^3	－５６％	１４．４７ｇ	３．６１ｇ	－７５％
円柱－２	９０ｗｔ％	１．４６ in^3	０．５８ in^3	－６０％	１４．４７ｇ	３．６０ｇ	－７５％

【０４４４】

例８．滞留時間の固定炭素レベルへの影響

生体試薬における固定炭素レベルへの滞留時間の影響が、１バッチの供給原料を、ほぼ等しい粒径の供給原料片から成るほぼ等しい質量の４つのグループに分けることによって、調査された。４つのグループの各々が、例１の一般的方法に従い、３５０℃で、それぞれ、０分、３０分、６０分、および１２０分の滞留時間で、熱分解にさらされた。各サンプルの固定炭素含有量が、ＡＳＴＭ　Ｄ３１７２によって測定された。結果が、表９および対応する図１４に示されている。

【表９】

滞留時間の固定炭素レベルへの影響

サンプル	滞留時間	固定炭素
滞留－１	０分	１７ｗｔ％
滞留－２	３０分	５０ｗｔ％
滞留－３	６０分	６６ｗｔ％
滞留－４	１２０分	７２ｗｔ％

【０４４５】

例９．熱分解温度の固定炭素レベルへの影響

生体試薬における固定炭素レベルへの熱分解温度の影響が、１バッチの供給原料を、ほ

ほ等しい粒径の供給原料片から成るほぼ等しい質量の５つのグループに分けることによって、調査された。５つのグループの各々が、例１の一般的方法に従い、３０分の滞留時間で、熱分解にさらされた。各サンプルの固定炭素含有量が、ＡＳＴＭ　Ｄ３１７２によって測定された。結果が、表１０および対応する図１５に示されている。

【表１０】

熱分解温度の固定炭素レベルへの影響

サンプル	熱分解温度	固定炭素
温度－１	３１０℃	３８ｗｔ％
温度－２	３７０℃	５８ｗｔ％
温度－３	４００℃	６４ｗｔ％
温度－４	５００℃	７７ｗｔ％
温度－５	６００℃	８３ｗｔ％

【０４４６】

例１０．供給原料粒子径の固定炭素レベルへの影響

生体試薬における固定炭素レベルへの供給原料粒子径の影響が、アカマツバイオマスの３つのグループ：おがくず（ほぼ０．０６２５インチの平均粒径）、チップ（ほぼ１インチ×１／２インチ×１／８インチの平均粒径）、および大きな塊（直径が１～１／８“および長さがほぼ１．５インチの円柱）を熱分解することによって、調査された。３つのグループの各々が、例１の一般的方法に従い、４００℃で３０分間、熱分解にさらされた。各サンプルの固定炭素含有量が、ＡＳＴＭ　Ｄ３１７２によって測定された。結果が、表１１および対応する図１６に示されている。

【表１１】

粒子径の固定炭素レベルへの影響

サンプル	平均粒子径	固定炭素
おがくず	～０．０６２５インチ	７１ｗｔ％
チップ	～１インチ×１／２インチ×１／８インチ	６４ｗｔ％
大きな塊	～１．５“長の直径１～１／８”インチの円柱	６２ｗｔ％

【０４４７】

例１１．熱分解中の酸素レベルの生体試薬の質量収率への影響

本例は、生体試薬の質量収率への酸素レベルの影響を示す。

【０４４８】

硬材おがくず（４．０ｇ）の２つのサンプルが各々、石英管内に置かれた。石英管は、次いで、管状炉（Ｌｉｎｄｂｅｒｇ　Ｍｏｄｅｌ　５５０３５）に入れられた。ガス流が２，０００ｃｃｍに設定された。１つのサンプルが１００％窒素雰囲気に曝され、他方、もう１つのサンプルは、９６％の窒素および４％の酸素を含むガス流に曝された。炉の温度が２９０℃に設定された。２９０℃に達すると（約２０分）、温度は、２９０℃で１０分間維持されたが、その時点で熱源が切られ、管および炉は１０分間、冷却された。管が炉（ガスは依然として２，０００ｃｃｍで流れている）から取り除かれた。管およびサンプルが、処理できるほど十分に冷却されると、ガスが止められて、熱分解された材料が取り除かれて重さが量られた（表１２）。

【表１２】

熱分解中の酸素レベルの質量収率への影響

サンプル	雰囲気	質量収率
雰囲気－１（ａ）	１００％窒素	８７．５％
雰囲気－２（ａ）	９６％窒素、４％酸素	５０．０％

【０４４９】

例１２．熱分解中の酸素レベルの生体試薬の固定炭素レベルおよび発熱量への影響

炭素回収ユニット（「ＣＲＵ」）の使用から、固定炭素含有量および発熱量における増加が示される。

【０４５０】

例１０に従って、硬材おがくずの熱分解が実行された。標準的なヤシ殻炭（「ＣＳＣ」）管（ＳＫＣ　Ｃａｔ．Ｎｏ．２２６－０９）が、１０ｍＬのＨＰＬＣ－ｇｒａｄｅ水を含む、標準的な小型インピンジャーに続く、オフガスストリーム内に置かれた。固定炭素レベルおよび発熱量における増加が、いかなるオフガスにも曝されていなかったＣＳＣ管と比較された（表１３、無灰および無水データ）。

【表１３】

熱分解中の酸素含有量に応じた固定炭素含有量および発熱量における増加

サンプル	雰囲気	炭素含有量の増加	発熱量の増加
雰囲気－１（ｂ）	１００％窒素	＋３．２％	＋５６７ＢＴＵ／ｌｂ（＋４．０％）
雰囲気－２（ｂ）	９６％窒素、４％酸素	＋１．６％	＋９２８ＢＴＵ／ｌｂ（＋６．５％）

【０４５１】

例１１および例１２の結果は、ほぼゼロに近い酸素雰囲気を維持することの、開示した熱分解プロセスの質量収率および商業的価値に対する有益性を示す。これら２つの実験からのオフガスを使用すると、プロセスを出る、ＢＴＵを大量に含有したガスが、炭素基質（石炭、コークス、活性炭、炭素）の、ＢＴＵ含有量および／または炭素含有量を高める目的で捕捉できることを示すことも可能であった。

【０４５２】

例１３．加熱された窒素の生体試薬の固定炭素含有量への影響

本例は、加熱された窒素ガスをバイオマス処理ユニットに導入することの影響を示す。

【０４５３】

通常、１インチ×１／２インチ×１／８インチの寸法を有するアカマツ木材チップから成るバイオマスを使用した生体試薬の生成が、例１の一般的方法に従い、４ゾーン加熱のパイロット規模反応装置を用いて、３５０℃で実行された。第１の実行では、窒素が周囲温度で導入された。第２の実行では、これは、他のパラメータにおける変動を最小限にするために、第１の直後に実行されたが、熱分解ゾーンへの注入前に、窒素が３００℃に予熱された。いずれの場合も、窒素の流量は１．２立方フィート／分であり、バイオマスは３０分間処理された。

【０４５４】

固定炭素含有量が、各実行に対して、ＡＳＴＭ　Ｄ３１７２に従い、無水、無灰ベースで測定された（表１４）。

【表１４】

窒素温度の生体試薬の固定炭素含有量への影響

サンプル	窒素の温度	固定炭素含有量
雰囲気－１（ｃ）	周囲	５１．７％
雰囲気－２（ｃ）	３００℃	５５．３％

【０４５５】

これらの試験の結果は、予熱された窒素を利用することによって、生体試薬炭化生成物の固定炭素含有量における７．０％の増加［（１００）（５５．３％－５１．７％）／５５．３％］を示す。

【０４５６】

例１４．バイオマスの前処理による質量収率の改善

本例は、添加剤、すなわち、臭化鉄（ＩＩ）を有する、生体活性炭生成物の生成を示す。

【０４５７】

臭化鉄（ＩＩ）水和物の水溶液が、７２．６グラムの臭化鉄（ＩＩ）水和物を１ガロンの水（例えば、１．０％の臭素水溶液）に混合することによって作成された。この溶液が、５．２３ポンド（２．３７ｋｇ）の風乾（１２％の水分含有量）アカマツ木材チップに加えられた。各木材チップは、約１”×１／２”×１／８”であった。

【０４５８】

木材チップおよび溶液のコンテナが水密蓋で密封された。コンテナおよび内容物を、約４時間にわたって定期的に、傾けたり、転がしたりすることにより、内容物が混合された。木材チップおよび溶液は、一晩中密封されたままにされて、木材チップの溶液との飽和を可能にした。

【０４５９】

その後、内容物が防水タブに移されて、全ての自由液体が木材チップによって吸収されるか、または蒸発するまで定期的に混合して、数時間、空気乾燥された。内容物は、空気乾燥器に移されて、一晩乾燥された。

【０４６０】

予熱され、空気乾燥された木材チップが、１２％の水分含有量を有することが検証された。予熱され、空気乾燥された木材チップの質量は、５．２５ｌｂｓ（２．３８ｋｇ）であると確定された。内容物は、窒素ガスが３００℃で予熱され、流量が０．４立方フィート／分の熱分解反応装置に移された。熱分解が、３７０℃で３０分間、起こった。

【０４６１】

最終生成物が、１００℃未満の温度で、反応装置から取り除かれた。室温（約２３℃）に達すると、最終生成物は、２．５ポンド（１．１４ｋｇ）の質量を有していて、１２％の水分含有量で、供給原料の質量に基づき（例えば、前処理された添加剤の質量寄与が差し引かれた）４７．６％の質量収率を示した。無水ベースでは（１２％の水分および前処理添加剤の質量寄与を修正して）、質量収率は５４．１％であった。下の表１５に示すように、これは、同じ条件下で加工された、未処理の木材チップに対して、質量収率における８～１５％の増加を表す。

【０４６２】

【表１５】

バイオマスの１．０％含水臭化鉄（ＩＩ）での前処理が質量収率を増加させる

前処理	質量収率（１２％の水分）	質量収率（無水ベース）
なし	３４．３％	３９．０％
なし	３５．４％	４０．２％
なし	３７．２％	４２．２％
平均（前処理なし）	３５．６％	４０．５％
臭化鉄（ＩＩ）	４７．６％	５４．１％
差	１２．０％	１３．６％

【０４６３】

これらのデータは、熱分解処理の前に臭化鉄（ＩＩ）溶液で前処理された木材チップに対する質量収率の著しい改善を示す。

【０４６４】

この詳細な記述では、本発明の複数の実施形態、および本発明がどのように理解でき、実施できるかに関連する限定されない例に対して、参照が行われている。本明細書に記載された特徴および利点の全ては提供しない他の実施形態も、本発明の精神および範囲から逸脱することなく、利用され得る。本発明は、本明細書に記載する方法およびシステムの日常の実験および最適化を組み込む。かかる修正および変形は、請求項によって定義される本発明の範囲内であると見なされる。

【０４６５】

本願で引用された全ての出版物、特許、および特許出願は、参照により全体として、各出版物、特許、および特許出願が本明細書に具体的かつ個別的に記載されているかのように、本明細書に組み込まれる。

【０４６６】

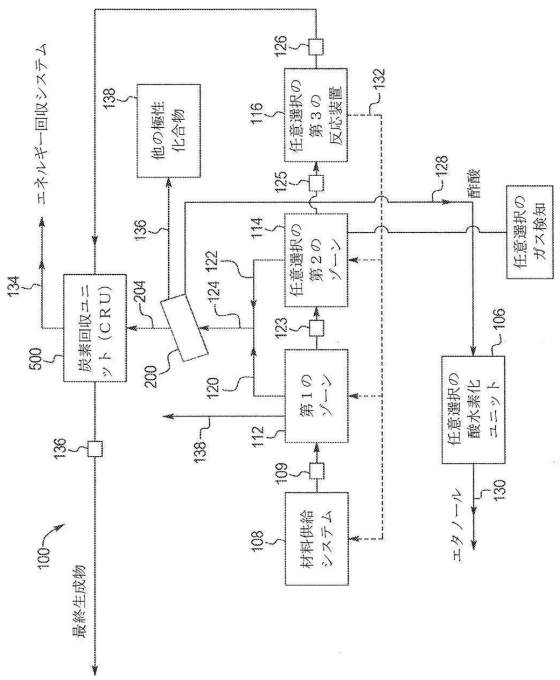
前述した方法およびステップが、ある順序で起こる、あるイベントを示す場合、当業者は、あるステップの順序付けは変更され得ること、およびかかる変更は本発明の変形形態に合致することを理解するであろう。さらに、あるステップは、可能な場合には、順番に実行されるのみならず、並行プロセスで同時に実行され得る。

【０４６７】

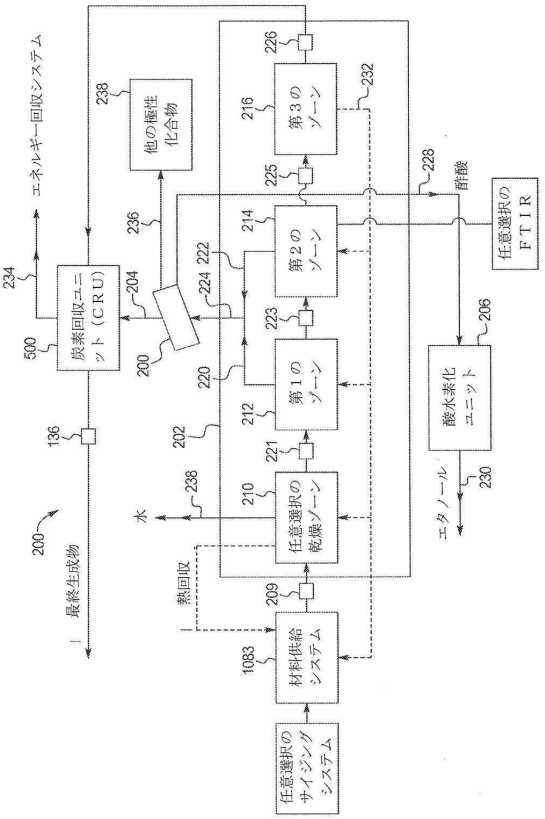
それ故、本発明の変形形態がある範囲で、それらは、本開示の精神または添付の請求項に見られる本発明の同等物内であるが、本特許はそれらの変形形態も含むという意図である。

【図面】

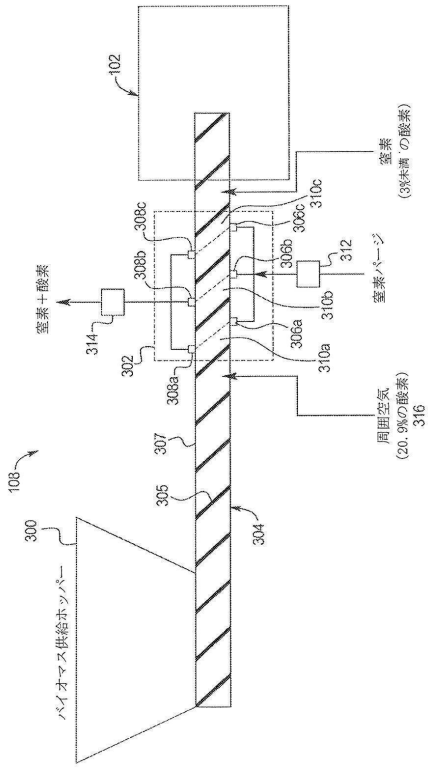
【図１】


エネルギー回収システム
他の極性化合物
炭素回収ユニット（CRU）
任意選択の第３の反応装置
任意選択の第２のゾーン
第１のゾーン
材料供給システム
任意選択の酸水素化ユニット
任意選択のガス検知
酢酸
エタノール
最終生成物

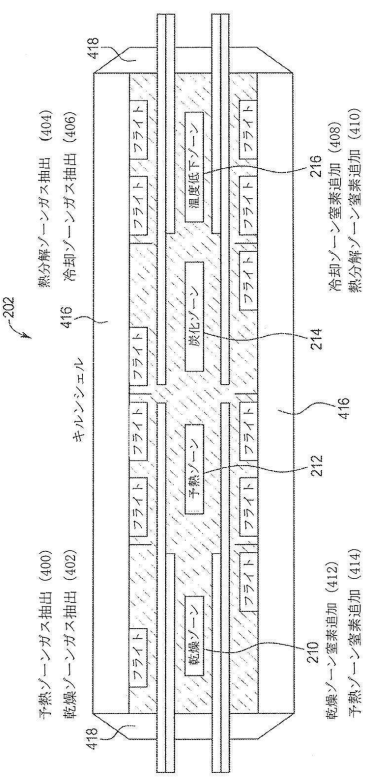
【図２】


エネルギー回収システム
他の極性化合物
炭素回収ユニット（CRU）
第３のゾーン
第２のゾーン
第１のゾーン
任意選択の乾燥ゾーン
材料供給システム
任意選択のサイジングシステム
酸水素化ユニット
任意選択のFTIR
酢酸
エタノール
水
熱回収
最終生成物

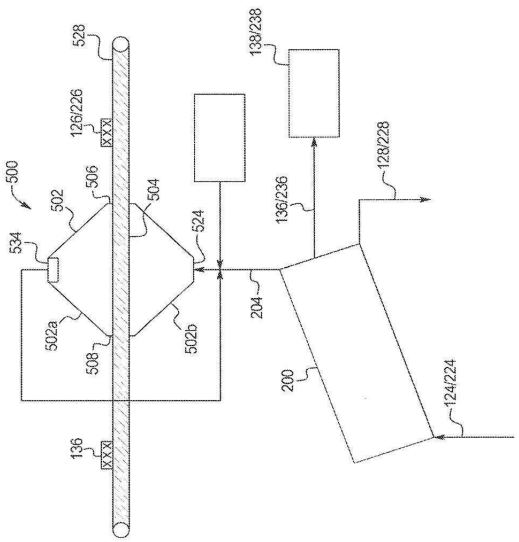
【図３】


102
窒素
(3%未満 の酸素)
310c
308c
306c
312
窒素パージ
窒素＋酸素
308b
306b
310b
314
306a
302
310a
308a
周囲空気
(20. 9%の酸素)
316
307
108
305
304
300
バイオマス供給ホッパー

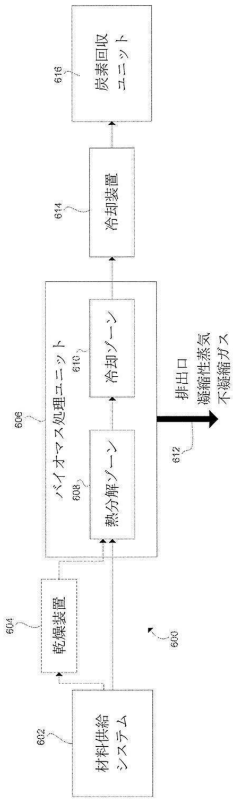
【図４】


418
熱分解ゾーンガス抽出 (404)
冷却ゾーンガス抽出 (406)
温度低下ゾーン
216
冷却ゾーン窒素追加 (408)
熱分解ゾーン窒素追加 (410)
フライト
202
416
キルンシェル
炭化ゾーン
214
予熱ゾーン
212
予熱ゾーンガス抽出 (400)
乾燥ゾーンガス抽出 (402)
乾燥ゾーン
210
乾燥ゾーン窒素追加 (412)
予熱ゾーン窒素追加 (414)
418

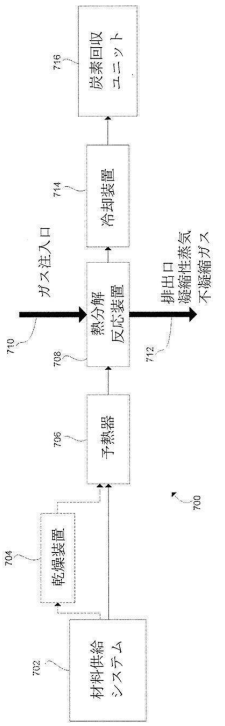
【図５】


528
138/238
126/226
500
506
504
128/228
502
136/236
534
524
502a
502b
204
508
200
124/224
136

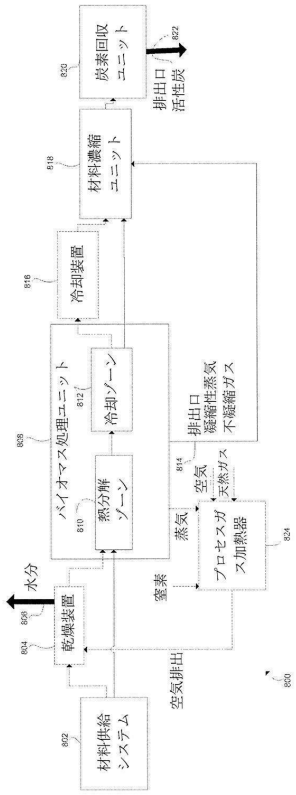
【図６】


炭素回収
ユニット
616
冷却装置
614
バイオマス処理ユニット
606
608
熱分解ゾーン
610
冷却ゾーン
排出口
凝縮性蒸気
不凝縮ガス
612
604
乾燥装置
600
602
材料供給
システム

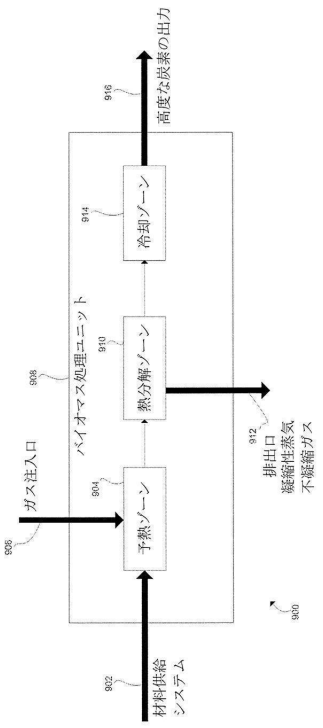
【図７】


材料供給システム
乾燥装置
予熱器
熱分解反応装置
冷却装置
炭素回収ユニット
ガス注入口
排出口
凝縮性蒸気
不凝縮ガス

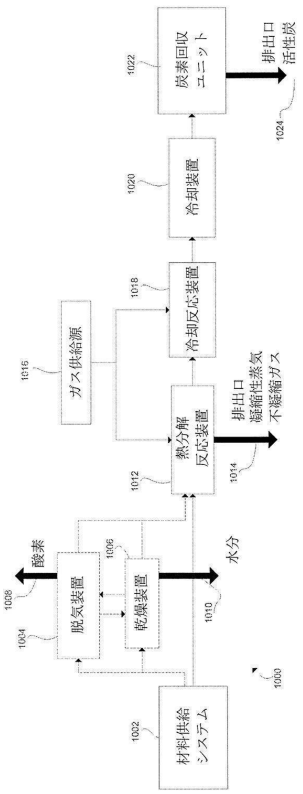
【図８】


材料供給システム
乾燥装置
バイオマス処理ユニット
熱分解ゾーン
冷却ゾーン
冷却装置
材料濃縮ユニット
炭素回収ユニット
プロセスガス加熱器
水分
蒸気
窒素
空気
空気排出
排出口
凝縮性蒸気
不凝縮ガス
排出口
活性炭

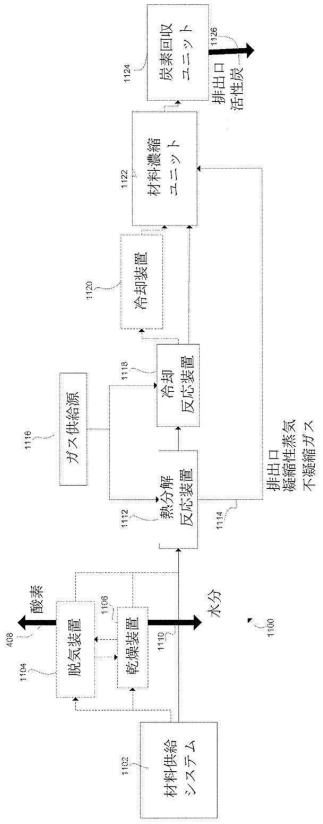
【図９】


材料供給システム
予熱ゾーン
熱分解ゾーン
冷却ゾーン
バイオマス処理ユニット
ガス注入口
排出口
凝縮性蒸気
不凝縮ガス
高度な炭素の出力

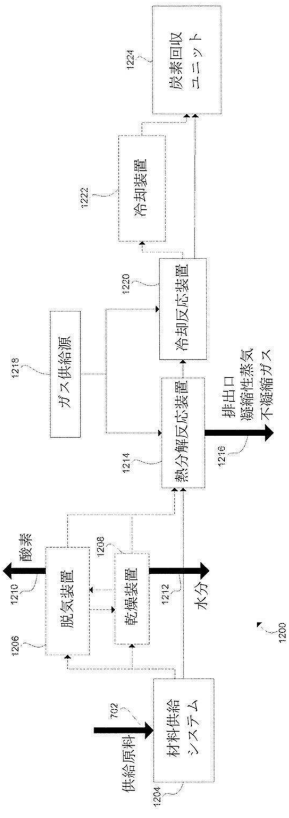
【図１０】


材料供給システム
乾燥装置
脱気装置
熱分解反応装置
冷却反応装置
ガス供給源
冷却装置
炭素回収ユニット
水分
酸素
排出口
凝縮性蒸気
不凝縮ガス
排出口
活性炭

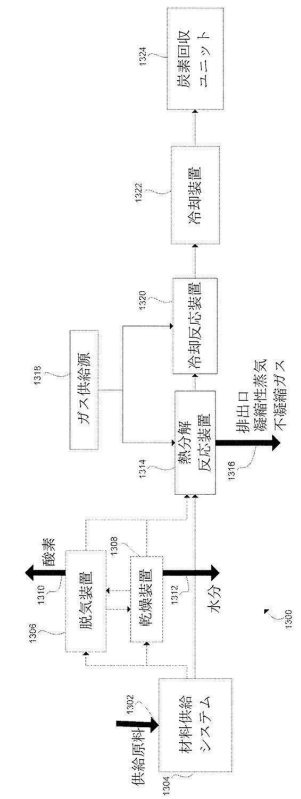
【図１１】



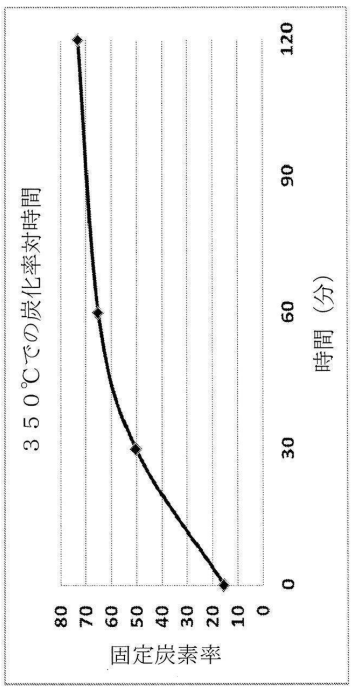
【図１２】



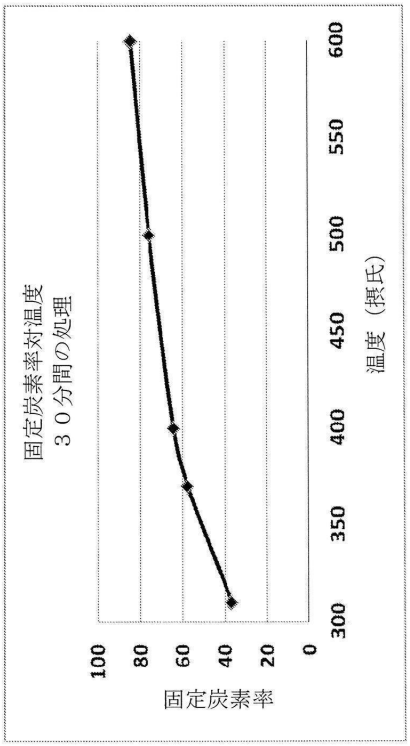
【図１３】



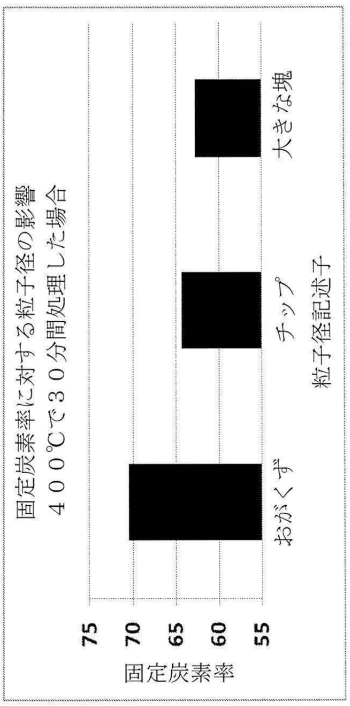
【図１４】



【図１５】



【図１６】



【外国語明細書】
2023165780000032.pdf

フロントページの続き

(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)
(31)優先権主張番号　61/475,937
(32)優先日　平成23年4月15日(2011.4.15)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)
(31)優先権主張番号　61/475,943
(32)優先日　平成23年4月15日(2011.4.15)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)
(31)優先権主張番号　61/475,946
(32)優先日　平成23年4月15日(2011.4.15)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)
(31)優先権主張番号　61/475,949
(32)優先日　平成23年4月15日(2011.4.15)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)
(31)優先権主張番号　61/475,956
(32)優先日　平成23年4月15日(2011.4.15)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)
(31)優先権主張番号　61/475,959
(32)優先日　平成23年4月15日(2011.4.15)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)
(31)優先権主張番号　61/475,968
(32)優先日　平成23年4月15日(2011.4.15)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)
(31)優先権主張番号　61/475,971
(32)優先日　平成23年4月15日(2011.4.15)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)
(31)優先権主張番号　61/475,973
(32)優先日　平成23年4月15日(2011.4.15)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)
(31)優先権主張番号　61/475,977
(32)優先日　平成23年4月15日(2011.4.15)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)
(31)優先権主張番号　61/475,981
(32)優先日　平成23年4月15日(2011.4.15)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)
(31)優先権主張番号　61/475,991
(32)優先日　平成23年4月15日(2011.4.15)
(33)優先権主張国・地域又は機関

米国(US)
(31)優先権主張番号　61/475,996
(32)優先日　平成23年4月15日(2011.4.15)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)
(31)優先権主張番号　61/476,049
(32)優先日　平成23年4月15日(2011.4.15)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)
弁理士　石川 大輔
(74)代理人　230113332
弁護士　山本 健策
(72)発明者　ジェイムズ エー． メンネル
アメリカ合衆国 ミネソタ ５５１１０， デルウッド， ドラル ロード ６
(72)発明者　ダニエル ジェイ． デスペン
アメリカ合衆国 ミネソタ ５５４０１， ミネアポリス， ファースト アベニュー ノース １３３