(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7665511号
(P7665511)

(45)発行日　令和7年4月21日(2025.4.21)

(24)登録日　令和7年4月11日(2025.4.11)

(51)国際特許分類
C01B 32/324(2017.01)

FI
C01B 32/324

請求項の数 15 （全46頁）

(21)出願番号　特願2021-518860(P2021-518860)
(86)(22)出願日　令和1年6月13日(2019.6.13)
(65)公表番号　特表2021-527030(P2021-527030A)
(43)公表日　令和3年10月11日(2021.10.11)
(86)国際出願番号　PCT/US2019/036881
(87)国際公開番号　WO2019/241463
(87)国際公開日　令和1年12月19日(2019.12.19)
審査請求日　令和4年4月14日(2022.4.14)
(31)優先権主張番号　62/685,126
(32)優先日　平成30年6月14日(2018.6.14)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

(73)特許権者　520490314
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 ミネソタ州 ５５１２８ オークデール イメーション ウェイ １
(74)代理人　100097456
弁理士　石川 徹
(72)発明者　ジェームス エー． メネル
アメリカ合衆国 ミネソタ州 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 ミネソタ州 ５５１２８ オークデール イメーション ウェイ １ シー／オー カーボン テクノロジー ホールディングス， エルエルシー

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　生物由来多孔質炭素二酸化ケイ素組成物ならびにその作製方法および使用方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

シリコン製造における使用のための二酸化ケイ素を含む生物由来薬剤を製造するための方法であって、該方法が、

乾燥バイオマスを含む炭素含有原料を提供することと、

予熱ゾーンにおいて、不活性なガスの存在下で、少なくとも５分間および８０℃～５００℃から選択される予熱温度で、該原料を予熱することと、

熱分解ゾーンにおいて、高温の熱分解された固体、凝縮性蒸気、および非凝縮性ガスを生成するために、不活性なガスの存在下で、少なくとも１０分間および２５０℃～７００℃から選択される熱分解温度で、該原料を熱分解することと、

該凝縮性蒸気の少なくとも一部および該非凝縮性ガスの少なくとも一部を、該高温の熱分解された固体から分離することと、

冷却ゾーンにおいて、温かい熱分解された固体を生成するために、該不活性なガスの存在下で、少なくとも５分間および該熱分解温度よりも低い冷却温度で、該高温の熱分解された固体を冷却することと、

該冷却ゾーンから分離した冷却器において、低温の熱分解された固体を生成するために、該温かい熱分解された固体を冷却することと、

該低温の熱分解された固体の少なくとも一部を含む生物由来薬剤を回収することと、

該二酸化ケイ素を含む生物由来薬剤を形成するために、川の岩石内もしくはシリカフューム内に含まれる二酸化ケイ素を該方法に導入することとを含み；

該二酸化ケイ素を含む生物由来薬剤は、乾燥ベースで、
少なくとも５０重量％の総炭素、
少なくとも微量～最大で５重量％の水素、
少なくとも微量～最大で１重量％の窒素、
少なくとも微量～最大で０．５重量％のリン、
少なくとも微量～最大で０．２重量％の硫黄、
少なくとも０重量％～最大で０．０２重量％のチタン、
少なくとも０重量％～最大で０．５％のカルシウム、
少なくとも０重量％～最大で０．１％のアルミニウム、および
少なくとも１重量％、少なくとも１５重量％、または少なくとも２５重量％の二酸化ケイ素を含み、かつ
該総炭素が、生物由来炭素を含む、前記方法。

【請求項２】
前記川の岩石が使用される場合、粒径は０．０１ｍｍ～１２ｍｍである、請求項１に記載の方法。

【請求項３】
前記原料を予熱する前に、存在する場合、該原料内に含有される水分の少なくとも一部を除去するために、該原料を乾燥させることをさらに含む、請求項１または２に記載の方法。

【請求項４】
前記原料を予熱する前に、存在する場合、該原料内に含有される分子状酸素の少なくとも一部を除去するために、該原料を脱気することをさらに含む、請求項１～３のいずれか一項に記載の方法。

【請求項５】
高密度化をさらに含む、請求項１～４のいずれか一項に記載の方法。

【請求項６】
前記二酸化ケイ素を含む生物由来薬剤を加圧、結合、ペレット化、押出成形、または凝集させることをさらに含む、請求項１～５のいずれか一項に記載の方法。

【請求項７】
シリコン製造における使用のための二酸化ケイ素を含む生物由来薬剤組成物であって、乾燥ベースで、
少なくとも５０重量％の総炭素、
少なくとも微量～最大で５重量％の水素、
少なくとも微量～最大で１重量％の窒素、
少なくとも微量～最大で０．５重量％のリン、
少なくとも微量～最大で０．２重量％の硫黄、
少なくとも０重量％～最大で０．０２重量％のチタン、
少なくとも０重量％～最大で０．５％のカルシウム、
少なくとも０重量％～最大で０．１％のアルミニウム、および
少なくとも１重量％、少なくとも１５重量％、または少なくとも２５重量％の二酸化ケイ素を含み、
該総炭素が、生物由来炭素を含み、
該二酸化ケイ素が、川の岩石に由来するか、または
該二酸化ケイ素が、シリカフュームに由来する、前記シリコン製造における使用のための二酸化ケイ素を含む生物由来薬剤組成物。

【請求項８】
少なくとも６５重量％、少なくとも７０重量％、または少なくとも９５重量％の総炭素を含む、請求項７に記載のシリコン製造における使用のための組成物。

【請求項９】
押出成形されている、高密度化されている、またはペレット形状である、請求項７また

は８に記載のシリコン製造における使用のための組成物。
【請求項１０】
少なくとも０．６４ｃｍ（０．２５インチ）×２．５ｃｍ（１．０インチ）～最大で５．１ｃｍ（２．０インチ）×１５ｃｍ（６．０インチ）の寸法を有する、請求項７～９のいずれか一項に記載のシリコン製造における使用のための組成物。
【請求項１１】
５６０～７２０ｋｇ／ｍ^3（３５～４５ポンド／立方フィート）のかさ密度を有する、請求項７～１０のいずれか一項に記載のシリコン製造における使用のための組成物。
【請求項１２】
少なくとも３００のヨウ素価を有する、請求項７～１１のいずれか一項に記載のシリコン製造における使用のための組成物。
【請求項１３】
前記シリコン製造における使用のための組成物が、
少なくとも１５重量％の二酸化ケイ素を含み、
該二酸化ケイ素が、川の岩石に由来し、
前記総炭素が、生物由来炭素を含み、かつ
該組成物が、高密度化されており、少なくとも０．６４ｃｍ（０．２５インチ）×２．５ｃｍ（１．０インチ）の寸法を有するペレット形状であり、かつ５６０～７２０ｋｇ／ｍ^3（３５～４５ポンド／立方フィート）のかさ密度を有する、
請求項７～１２のいずれか一項に記載のシリコン製造における使用のための組成物。
【請求項１４】
前記シリコン製造における使用のための組成物が、
少なくとも１５重量％の二酸化ケイ素を含み、
該二酸化ケイ素が、シリカフュームに由来し、
前記総炭素が、生物由来炭素を含み、かつ
該組成物が、高密度化されており、少なくとも０．６４ｃｍ（０．２５インチ）×２．５ｃｍ（１．０インチ）の寸法を有するペレット形状であり、かつ５６０～７２０ｋｇ／ｍ^3（３５～４５ポンド／立方フィート）のかさ密度を有する、請求項７～１２のいずれか一項に記載のシリコン製造における使用のための組成物。
【請求項１５】
シリコン製造における使用のための二酸化ケイ素を含む生物由来薬剤を製造するための方法であって、該方法が、
乾燥バイオマスを含む炭素含有原料を提供することと、
予熱ゾーンにおいて、不活性なガスの存在下で、少なくとも５分間および８０℃～５００℃から選択される予熱温度で、該原料を予熱することと、
熱分解ゾーンにおいて、高温の熱分解された固体、凝縮性蒸気、および非凝縮性ガスを生成するために、不活性なガスの存在下で、少なくとも１０分間および２５０℃～７００℃から選択される熱分解温度で、該原料を熱分解することと、
該凝縮性蒸気の少なくとも一部および該非凝縮性ガスの少なくとも一部を、該高温の熱分解された固体から分離することと、
冷却ゾーンにおいて、温かい熱分解された固体を生成するために、該不活性なガスの存在下で、少なくとも５分間および該熱分解温度よりも低い冷却温度で、該高温の熱分解された固体を冷却することと、
該冷却ゾーンから分離した冷却器において、低温の熱分解された固体を生成するために、該温かい熱分解された固体を冷却することと、
該低温の熱分解された固体の少なくとも一部を含む生物由来薬剤を回収することと、
該二酸化ケイ素を含む生物由来薬剤を形成するために、川の岩石内もしくはシリカフューム内に含まれる二酸化ケイ素を該方法に導入することとを含み、
該方法は、少なくとも１重量％、少なくとも１５重量％、または少なくとも２５重量％の二酸化ケイ素を使用し；

該二酸化ケイ素を含む生物由来薬剤は、乾燥ベースで、
少なくとも５０重量％の総炭素、
少なくとも微量～最大で５重量％の水素、
少なくとも微量～最大で１重量％の窒素、
少なくとも微量～最大で０．５重量％のリン、
少なくとも微量～最大で０．２重量％の硫黄、
少なくとも０重量％～最大で０．０２重量％のチタン、
少なくとも０重量％～最大で０．５％のカルシウム、
少なくとも０重量％～最大で０．１％のアルミニウム、および
少なくとも１重量％、少なくとも１５重量％、または少なくとも２５重量％の二酸化ケイ素を含み、かつ
該総炭素が、生物由来炭素を含む、前記方法。

【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
優先権の主張
この出願は、２０１８年６月１４日に出願された米国仮特許出願第６２／６８５，１２６号の優先権を主張するものであり、その全内容が参照により本明細書に組み込まれる。
【０００２】
本開示は、一般に、生物由来多孔質炭素二酸化ケイ素組成物ならびにその作製方法および使用方法に関する。
【背景技術】
【０００３】
生物由来多孔質炭素二酸化ケイ素組成物の使用は、シリコン製造における再生不可能な薬剤の使用および環境への影響を減らす可能性を有する。これらの生物由来多孔質炭素二酸化ケイ素組成物の使用はまた、スループットを増加させ、エネルギー使用を減少させ、電極寿命を延長させ、より高純度のシリコンを作製し、典型的な電気アークおよび水中アーク炉での小さなサイズの二酸化ケイ素（石英）の使用を可能にし、シリカフュームの再利用を可能にし、それによってシリコンの製造を改善する可能性を有する。そのような組成物、ならびに作製方法および使用方法は、本明細書に開示されている。
【発明の概要】
【０００４】
本開示は、生物由来多孔質炭素二酸化ケイ素組成物ならびにその製造方法および使用方法を提供する。
【０００５】
本明細書で提供されるのは、二酸化ケイ素を含む高炭素組成物である。組成物は、乾燥ベースで、少なくとも約５０重量％の総炭素、最大で約５重量％の水素、最大で約１重量％の窒素、最大で約０．５重量％のリン、最大で約０．２重量％の硫黄、最大で約０．０２重量％のチタン、最大で約０．５％のカルシウム、最大で約０．１％のアルミニウム、および二酸化ケイ素を含むことができる。
【０００６】
組成物は、乾燥ベースで、少なくとも約５０重量％の総炭素、最大で約５重量％の水素、最大で約１重量％の窒素、最大で約０．５重量％のリン、最大で約０．２重量％の硫黄、最大で約０．０２重量％のチタン、最大で約０．５％のカルシウム、最大で約０．１％のアルミニウム、および二酸化ケイ素を含むことができ、二酸化ケイ素は、川の岩石内に含まれ得る。
【０００７】
組成物は、乾燥ベースで、少なくとも約５０重量％の総炭素、最大で約５重量％の水素、最大で約１重量％の窒素、最大で約０．５重量％のリン、最大で約０．２重量％の硫黄、最大で約０．０２重量％のチタン、最大で約０．５％のカルシウム、最大で約０．１％

のアルミニウム、および二酸化ケイ素を含むことができ、二酸化ケイ素は、シリカフューム内に含まれ得る。

【０００８】

いくつかの実施形態では、炭素は、生物由来炭素を含む。いくつかの実施形態では、炭素は、非生物由来炭素を含む。組成物は、少なくとも約５５重量％、少なくとも約６０重量％、少なくとも約６５重量％、少なくとも約７０重量％、少なくとも約７５重量％、少なくとも約８０重量％、少なくとも約９０重量％、または少なくとも約９５重量％の総炭素を含むことができる。いくつかの実施形態では、組成物は、少なくとも約５５重量％の総炭素を含む。

【０００９】

組成物は、少なくとも約１重量％、少なくとも約５重量％、少なくとも約１０重量％、少なくとも約１５重量％、少なくとも約２０重量％、または少なくとも約２５重量％の二酸化ケイ素を含むことができる。

【００１０】

いくつかの実施形態では、二酸化ケイ素は、川の岩石内に含まれる。いくつかの実施形態では、二酸化ケイ素は、シリカフュームを含む。

【００１１】

いくつかの実施形態では、組成物は、押出成形されている。いくつかの実施形態では、組成物は、ペレットを形成するために押出成形されている。いくつかの実施形態では、組成物は、組成物の密度を改善し、炭素と二酸化ケイ素とを混合し、組み合わせた製品密度を改善し、それによって電気アーク炉中で組成物を「沈める」ことを可能にし、または使用法を改善し、かつ炉の効率を改善するために、組成物の耐水性および防塵性の外部を作製するために押出成形されている。

【００１２】

いくつかの実施形態では、組成物は、高密度化されている。

【００１３】

いくつかの実施形態では、組成物は、少なくとも約０．６４ｃｍ（０．２５インチ）×約２．５ｃｍ（１．０インチ）～最大で約５．１ｃｍ（２．０インチ）×約１５ｃｍ（６．０インチ）の寸法を有する。

【００１４】

いくつかの実施形態では、組成物は、約５６０ｋｇ／ｍ^3（３５ポンド／立方フィート）～約７２０ｋｇ／ｍ^3（４５ポンド／立方フィート）のかさ密度を有する。

【００１５】

いくつかの実施形態では、組成物は、少なくとも約３００のヨウ素価を有する。

【００１６】

いくつかの実施形態では、組成物は、約１％～約４５％の水分（H_2O）含有量を有する。いくつかの実施形態では、組成物は、約１％未満の水分（H_2O）含有量を有する。

【００１７】

組成物は、乾燥ベースで、少なくとも約５０重量％の総炭素、最大で約５重量％の水素、最大で約１重量％の窒素、最大で約０．５重量％のリン、最大で約０．２重量％の硫黄、最大で約０．０２重量％のチタン、最大で約０．５％のカルシウム、最大で約０．１％のアルミニウム、および少なくとも約１５重量％の二酸化ケイ素を含む高炭素薬剤組成物を含むことができ、二酸化ケイ素は、川の岩石内に含まれ得、組成物は、高密度化することができ、約０．６４ｃｍ（０．２５インチ）×約２．５ｃｍ（１．０インチ）の寸法でペレット形状にすることができ、かつ約５６０ｋｇ／ｍ^3（３５ポンド／立方フィート）～約７２０ｋｇ／ｍ^3（４５ポンド／立方フィート）のかさ密度を有することができる。

【００１８】

組成物は、乾燥ベースで、少なくとも約５０重量％の総炭素、最大で約５重量％の水素、最大で約１重量％の窒素、最大で約０．５重量％のリン、最大で約０．２重量％の硫黄、最大で約０．０２重量％のチタン、最大で約０．５％のカルシウム、最大で約０．１％

のアルミニウム、および少なくとも約１５重量％の二酸化ケイ素を含む高炭素薬剤組成物を含むことができ、二酸化ケイ素は、シリカフューム内に含まれ得、組成物は、高密度化することができ、約０．６４ｃｍ（０．２５インチ）×約２．５ｃｍ（１．０インチ）の寸法でペレット形状にすることができ、かつ約５６０ｋｇ／ｍ^3（３５ポンド／立方フィート）～約７２０ｋｇ／ｍ^3（４５ポンド／立方フィート）のかさ密度を有することができる。

【００１９】

本明細書で提供されるのは、高炭素生物由来薬剤を製造するためのプロセスである。プロセスは、乾燥バイオマスを含む炭素含有原料を提供することと、予熱ゾーンにおいて、実質的に不活性なガスの存在下で、少なくとも約５分間および約８０℃～約５００℃から選択される予熱温度で、原料を予熱することと、熱分解ゾーンにおいて、実質的に不活性なガスの存在下で、少なくとも約１０分間および約２５０℃～約７００℃から選択される熱分解温度で、原料を熱分解して、高温の熱分解された固体、凝縮性蒸気、および非凝縮性ガスを生成することと、凝縮性蒸気の少なくとも一部および非凝縮性ガスの少なくとも一部を、高温の熱分解された固体から分離することと、冷却ゾーンにおいて、実質的に不活性なガスの存在下で、少なくとも約５分間および熱分解温度よりも低い冷却温度で、高温の熱分解された固体を冷却して、温かい熱分解された固体を生成することと、冷却ゾーンから分離した冷却器において、温かい熱分解された固体を冷却して、低温の熱分解された固体を生成することと、低温の熱分解された固体の少なくとも一部を含む高炭素生物由来薬剤を回収することと、を含むことができ、プロセスは、二酸化ケイ素原料をプロセスに導入することをさらに含む。

【００２０】

いくつかの実施形態では、プロセスは、原料を乾燥させて、原料内に含有される水分の少なくとも一部を除去することをさらに含む。

【００２１】

いくつかの実施形態では、プロセスは、原料または乾燥原料を脱気して、存在する場合、原料内に含有される間隙内酸素の少なくとも一部を除去することをさらに含む。

【００２２】

いくつかの実施形態では、プロセスは、冷却ゾーンから分離した冷却器において、温かい熱分解された固体をさらに冷却して、低温の熱分解された固体を生成することをさらに含む。

【００２３】

いくつかの実施形態では、プロセスは、二酸化ケイ素原料を低温の熱分解された固体に導入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、熱分解の前に二酸化ケイ素原料を原料に導入することをさらに含む。

【００２４】

いくつかの実施形態では、二酸化ケイ素原料を導入することは、シリカフュームを導入することを含む。いくつかの実施形態では、二酸化ケイ素を導入することは、川の岩石を導入することを含む。いくつかの実施形態では、二酸化ケイ素原料の粒径は、川の岩石であろうとシリカフュームであろうと、約０．０１ｍｍ～約１２ｍｍであり得る。いくつかの実施形態では、粒径は、約０．０５ｍｍの増分で、約０．０１ｍｍ～約１２ｍｍであり得る。

【００２５】

いくつかの実施形態では、プロセスは、高密度化をさらに含む。

【００２６】

いくつかの実施形態では、高密度化は、高密度化を改善するための添加剤を使用することと、添加剤、炭素、および二酸化ケイ素を混合することと、混合物をダイを通して押出成形し、それによってペレットを製造することと、任意選択で、ペレットを乾燥させることと、を含むことができる。

【００２７】

いくつかの実施形態では、高密度化は、任意選択で、添加剤、例えば、ベントナイトを使用して、約０．５％の増分で、約０．５％～約１５％に高密度化を改善することと、任意選択で、例えば、約５％～約５０％の水を添加することと、添加剤、炭素、および二酸化ケイ素を混合することと、混合物をダイを通して押出成形し、それによってペレットを製造することと、任意選択で、押出機および／またはダイプレートを加熱または冷却して、高密度化を改善することと、任意選択で、押出機を脱気することと、任意選択で、ペレットを乾燥させることと、を含むことができる。

【００２８】

いくつかの実施形態では、プロセスは、高炭素生物由来薬剤を加圧、結合、ペレット化、押出成形、または凝集させることをさらに含む。

【図面の簡単な説明】

【００２９】

【図１】本発明のシステムの多重反応器の実施形態を示す図である。

【００３０】

【図２】本発明のシステムの単一反応器、マルチゾーンの実施形態を示す図である。

【００３１】

【図３】本発明に関連して使用するのに適したゼロ酸素連続供給機構の一実施形態を示す図である。

【００３２】

【図４】本発明に関連して使用するのに適した単一反応器、マルチ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である。

【００３３】

【図５】本発明に関連して使用するのに適した炭素回収ユニットの一実施形態を示す図である。

【００３４】

【図６】任意選択の乾燥機を備えた本発明の単一反応器バイオマス処理ユニットの一実施形態の実施形態を示す図である。

【００３５】

【図７】任意選択の乾燥機およびガス入口を備えた本発明の熱分解反応器システムの実施形態を示す図である。

【００３６】

【図８】ガス入口および任意選択の冷却器を備えた本発明の単一反応器バイオマス処理ユニットの実施形態を示す図である。

【００３７】

【図９】任意選択の乾燥機および脱気装置、ならびに不活性ガス入口を備えた本発明の単一反応器バイオマス処理ユニットシステムの実施形態を示す図である。

【００３８】

【図１０】任意選択の乾燥機および脱気装置、ならびに不活性ガス入口を備えた本発明の多重反応器システムの実施形態を示す図である。

【００３９】

【図１１】任意選択の乾燥機および冷却器、ならびに材料濃縮ユニットを備えた本発明の多重反応器システムの実施形態を示す図である。

【００４０】

【図１２】任意選択の乾燥機、脱気装置、冷却器、および不活性ガス入口を備えた本発明の多重反応器システムの実施形態を示す図である。

【００４１】

【図１３】任意選択の乾燥機および脱気装置、不活性ガス入口、ならびに冷却器を備えた本発明の多重反応器システムの実施形態を示す図である。

【００４２】

【図１４】生物由来活性炭を製造するための本開示の単一反応器バイオマス処理ユニット

の実施形態を示す図である。
【００４３】
【図１５】生物由来活性炭を製造するための本開示の二重反応器バイオマス処理ユニットの実施形態を示す図である。
【発明を実施するための形態】
【００４４】
本開示は、生物由来多孔質炭素二酸化ケイ素組成物ならびにその製造方法および使用方法を提供する。
【００４５】
この説明は、当業者が本開示を作製および使用することを可能にし、本開示のいくつかの実施形態、適合、変形、代替、および使用を説明する。本開示のこれらおよび他の実施形態、特徴、および利点は、添付の図面と併せて本開示の以下の詳細な説明を参照すると、当業者にはより明らかになるであろう。
【００４６】
定義
本明細書で使用される場合、「最大で」という用語は、「微量」の最小値を提供する。
【００４７】
本明細書で使用される場合、「炭素」という用語は、生物由来または非生物由来炭素を意味することができる。「生物由来」とは、数か月、数年、または数十年の時間スケールで再生可能な炭素などの元素を含有する材料（原料、生成物、または中間体）を意味することを意図している。非生物由来材料は、再生不可能である場合もあれば、数世紀、数千年、数百万年、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る場合もある。生物由来材料は、生物由来源と非生物由来源との混合物を含み得る。
【００４８】
本明細書で使用される場合、「バイオマス」という用語は、任意の生物由来原料または生物由来原料と非生物由来原料との混合物として解釈されるものとする。基本的に、バイオマスは、少なくとも炭素、水素、および酸素を含む。本開示の方法および装置は、様々なタイプ、サイズ、および水分含有量の広範囲の原料に対応することができる。
【００４９】
本明細書で使用される場合、「活性化」という用語は、細孔構造が強化される様々なプロセスのいずれかを指す。
【００５０】
本明細書で使用される場合、「多孔質炭素」という句は、様々な実施形態では、本開示のプロセスおよびシステムによって製造することができる材料を説明する。炭素含有量または他の任意の濃度に関する制限は、用語自体からではなく、特定の実施形態およびその同等物を参照することによってのみ帰属されるものとする。例えば、開示されたプロセスに供される、初期炭素含有量が非常に低い出発材料は、出発材料に対して炭素が高度に濃縮されている（炭素の高収率）が、それにもかかわらず、約５０重量％以下の炭素を含む、炭素が比較的少ない（低純度の炭素）生物由来多孔質炭素を製造し得ることが理解されよう。
【００５１】
本明細書で使用される場合、「二酸化ケイ素」（SiO_2）という用語は、「シリカ」という用語と交換可能である。
【００５２】
本明細書で使用される場合、「薬剤」という用語は、その最も広い意味での材料を意味することを意図しており、薬剤は、例えば、燃料、化学物質、材料、化合物、添加剤、ブレンド成分、溶媒であり得る。薬剤は、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薬剤である必要はない。薬剤は、化学反応物であっても、そうでなくてもよく、反応で消費されても、されなくてもよい。薬剤は、特定の反応のための化学触媒であり得る。薬剤は、薬剤を添加できる材料の機械的、物理的、または流体力学的特性の

調整を引き起こすか、または調整に関与し得る。例えば、薬剤を金属に導入して、金属に特定の強度特性を付与することができる。薬剤は、化学分析または物理的試験で使用するのに十分な純度（本明細書の文脈では、典型的には、炭素純度）の物質であり得る。

【００５３】

本明細書で使用される場合、「熱分解」および「熱分解する」という用語は、一般に、炭素質材料の熱分解を指す。

【００５４】

本明細書で使用される場合、「反応器」という用語は、大気および温度条件を制御することができ、物理的および／または化学反応を行うことができる個別のユニットを指す。

【００５５】

本明細書で使用される場合、「ゾーン」という用語は、反応器内の他のゾーンに対して温度条件および大気条件を制御することができる反応器内の領域を指す。

【００５６】

本明細書で使用される場合、「バイオマス処理ユニット」という用語は、以下でより詳細に論じられるように、複数のゾーンを含む反応器を指す。

【００５７】

本明細書で使用される場合、本明細書での「炭化」という用語は、所与の量のバイオマス中の炭素含有量を増加させることを意味する。炭化は、バイオマスから非炭素含有材料を減少させること、バイオマスに炭素原子を添加すること、またはその両方によって「高炭素生物由来薬剤」を形成することによって例証的に達成することができる。

【００５８】

本明細書で使用される場合、不定冠詞「ａ」または「ａｎ」が、本明細書に開示されるプロセスにおけるステップの存在の陳述または説明に関して使用される場合、陳述または説明が明示的に反対を提供しない限り、そのような不定冠詞は、プロセス中のステップの存在を１つに制限するものではない。本明細書で使用される場合、量、濃度、または他の値もしくはパラメータが、範囲、好ましい範囲、または上限の好ましい値および下限の好ましい値のリストのいずれかとして与えられる場合、これは、範囲が個別に開示されているかどうかに関係なく、任意の上限または優先値および任意の下限または優先値の任意のペアから形成されるすべての範囲を具体的に開示することとして理解されるべきである。

【００５９】

数値の範囲が本明細書に列挙されている場合、特に明記しない限り、範囲は、その端点、ならびに範囲内のすべての整数および分数を含むことを意図している。本発明の範囲が、範囲を定義するときに列挙される特定の値に限定されることを意図するものではない。

【００６０】

本明細書で使用される場合、「含む（ｃｏｍｐｒｉｓｉｎｇ）」および「含む（ｉｎｃｌｕｄｉｎｇ）」という用語、またはそれらの文法上の変形は、１つ以上の追加の特徴、整数、アクション、コンポーネント、またはそれらのグループの追加を排除することなく、記載された特徴、整数、アクション、またはコンポーネントの包含を指定するものと見なされる。例えば、要素のリストを含む組成物、混合物、プロセス、方法、物品、または装置は、必ずしもそれらの要素のみに限定されるわけではなく、そのような組成物、混合物、プロセス、方法、物品、もしくは装置に明示的にリストされていない、または固有ではない他の要素を含むことができる。「含む（ｃｏｍｐｒｉｓｉｎｇ）」は、米国特許商標庁の特許審査手続マニュアルで定義されている「からなる」および「本質的にからなる」という用語よりも広範であり、それらを含む。さらに、明示的に反対の記載がない限り、「または」は、包括的論理和を指し、排他的論理和を指さない。

【００６１】

特に明記しない限り、本明細書および特許請求の範囲で使用される、反応条件、化学量論、成分の濃度などを表すすべての数値は、すべての場合において「約」という用語によって変更されると理解されるべきである。したがって、反対のことが示されない限り、以下の明細書および添付の特許請求の範囲に記載されている数値パラメータは、少なくとも

具体的な分析技術に応じて変動し得る近似値である。

【００６２】

組成物

本明細書で提供されるのは、二酸化ケイ素を含む生物由来炭素組成物である。組成物は、乾燥ベースで、少なくとも約５０重量％の総炭素、最大で約５重量％の水素、最大で約１重量％の窒素、最大で約０．５重量％のリン、最大で約０．２重量％の硫黄、最大で約０．０２重量％のチタン、最大で約０．５％のカルシウム、最大で約０．１％のアルミニウム、および二酸化ケイ素を含むことができる。

【００６３】

組成物は、乾燥ベースで、少なくとも約５５重量％、少なくとも約６０重量％、少なくとも約６５重量％、少なくとも約７０重量％、少なくとも約７５重量％、少なくとも約８０重量％、少なくとも約９０重量％、または少なくとも約９５重量％の総炭素、最大で約５重量％の水素、最大で約１重量％の窒素、最大で約０．５重量％のリン、最大で約０．２重量％の硫黄、最大で約０．０２重量％のチタン、最大で約０．５％のカルシウム、最大で約０．１％のアルミニウム、および少なくとも約１重量％、少なくとも約５重量％、少なくとも約１０重量％、少なくとも約１５重量％、少なくとも約２０重量％、または少なくとも約２５重量％の二酸化ケイ素を含むことができる。

【００６４】

組成物は、乾燥ベースで、少なくとも約５０重量％の総炭素、最大で約５重量％の水素、最大で約１重量％の窒素、最大で約０．５重量％のリン、最大で約０．２重量％の硫黄、最大で約０．０２重量％のチタン、最大で約０．５％のカルシウム、最大で約０．１％のアルミニウム、および少なくとも約１５重量％の二酸化ケイ素を含むことができ、二酸化ケイ素は、川の岩石内に含まれ、組成物は、高密度化されており、少なくとも約０．６４ｃｍ（０．２５インチ）×約２．５ｃｍ（１．０インチ）の寸法を有するペレット形状であり、かつ約５６０ｋｇ／ｍ^3（３５ポンド／立方フィート）～約７２０ｋｇ／ｍ^3（４５ポンド／立方フィート）のかさ密度を有する。

【００６５】

組成物は、乾燥ベースで、少なくとも約５０重量％の総炭素、最大で約５重量％の水素、最大で約１重量％の窒素、最大で約０．５重量％のリン、最大で約０．２重量％の硫黄、最大で約０．０２重量％のチタン、最大で約０．５％のカルシウム、最大で約０．１％のアルミニウム、および少なくとも約１５重量％の二酸化ケイ素を含むことができ、二酸化ケイ素は、川のシリカフューム内に含まれ、組成物は、高密度化されており、少なくとも約０．６４ｃｍ（０．２５インチ）×約２．５ｃｍ（１．０インチ）の寸法を有するペレット形状であり、かつ約５６０ｋｇ／ｍ^3（３５ポンド／立方フィート）～約７２０ｋｇ／ｍ^3（４５ポンド／立方フィート）のかさ密度を有する。

【００６６】

組成物は、少なくとも約５５重量％、少なくとも約６０重量％、少なくとも約６５重量％、少なくとも約７０重量％、少なくとも約７５重量％、少なくとも約８０重量％、少なくとも約９０重量％、または少なくとも約９５重量％の総炭素を含むことができる。

【００６７】

組成物は、少なくとも約１重量％、少なくとも５重量％、少なくとも約１０重量％、少なくとも約１５重量％、少なくとも約２０重量％、または少なくとも約２５重量％の二酸化ケイ素を含むことができる。

【００６８】

いくつかの実施形態では、生物由来炭素組成物を製造するための出発材料は、非常に低い初期炭素含有量を有するが、開示されたプロセスに供されると、得られる組成物は、出発材料に対して炭素が高度に濃縮される（炭素の高収率）が、それにもかかわらず約５０重量％以下の炭素を含む、比較的炭素が少ない（低純度の炭素）。本開示の生物由来炭素は、生物由来炭素を製造するために利用される初期の原料と比較して、比較的高い炭素含有量を有する。バイオマスの典型的な炭素含有量は、約５０重量％以下であるため、生物

由来炭素は、通常、炭素の約半分を超える重量を含有する。より典型的であるが、原料の組成に応じて、生物由来炭素は、少なくとも約５５重量％、少なくとも約６０重量％、少なくとも約６５重量％、少なくとも約７０重量％、少なくとも約７５重量％、少なくとも約８０重量％、少なくとも約８５重量％、少なくとも約９０重量％、少なくとも約９５重量％、少なくとも約９６重量％、少なくとも約９７重量％、少なくとも約９８重量％、または少なくとも約９９重量％の炭素を含有する。

【００６９】

いくつかの実施形態では、生物由来炭素組成物は、活性化されている。活性化とは、結果として生じる炭素の細孔径が強化される任意のプロセスを指す。多孔質炭素を製造するための従来のプロセスは、大きなエネルギー入力を必要とし、低収率に悩まされている。

【００７０】

本開示の様々な実施形態は、化石燃料（例えば、石炭もしくは石油コークス）などのバイオマス以外の炭素含有原料またはバイオマスと化石燃料との任意の混合物（バイオマス／石炭ブレンドなど）を使用する。いくつかの実施形態では、生物由来原料は、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体（石油コークスなど）であるか、またはそれらを含む。原料には、廃タイヤ、再生プラスチック、再生紙、および他の廃棄物または再生材料が含まれ得る。本明細書に記載の任意の方法、装置、またはシステムは、任意の炭素質原料で使用することができる。炭素含有原料は、トラック、列車、船、はしけ、トラクタートレーラー、または他の任意の車両もしくは搬送手段など、既知の任意の手段で輸送することができる。

【００７１】

いくつかの実施形態では、本開示の生物由来炭素組成物は、二酸化ケイ素（SiO_2）を含む。いくつかの実施形態では、SiO_2は、生のSiO_2であり得る。別の実施形態では、SiO_2は、川の岩石または石英内に含まれる。さらに別の実施形態では、SiO_2は、シリカフューム内に含まれ得る。

【００７２】

いくつかの実施形態では、組成物は、薬剤である。いくつかの実施形態では、組成物は、生物由来炭素薬剤である。別の実施形態では、組成物は、高炭素生物由来薬剤である。

【００７３】

いくつかの実施形態では、組成物は、押出成形されている。押出成形を利用して、例えば、密度を高め、炭素と二酸化ケイ素とを混合し、組み合わせた製品密度を高めるために、炭素の粒径を変更して、電気アーク炉で「沈む」製品を製造し、使用法を改善し、かつ炉の効率を改善するために、押出物の耐水性および防塵性の外部を作製することができる。

【００７４】

いくつかの実施形態では、組成物は、高密度化されている。高密度化のプロセスについては、以下でより詳細に説明する。

【００７５】

いくつかの実施形態では、組成物は、ペレット形状である。いくつかの実施形態では、組成物は、少なくとも約０．６４ｃｍ（０．２５インチ）×約２．５ｃｍ（１．０インチ）～最大で約５．１ｃｍ（２．０インチ）×約１５ｃｍ（６．０インチ）の寸法を有することができる。例えば、組成物は、以下の表１に示されるような粒径を有することができる。

【表１】

表１．本開示による二酸化ケイ素多孔質炭素の粒径。

サンプル重量合計：	５６		保持された%
保持された重量			
４メッシュ	２．２	０．０３９	３．９
８メッシュ	５．７	０．１０２	１０．２
２０メッシュ	２３．４	０．４１８	４１．８
３０メッシュ	１２．７	０．２２７	２２．７
１００メッシュ	１０．８	０．１９３	１９．３
－１００メッシュ	０．１	０．００２	０．２

【００７６】

いくつかの実施形態では、組成物は、約５６０ｋｇ／ｍ^3（３５ポンド／立方フィート）～約７２０ｋｇ／ｍ^3（４５ポンド／立方フィート）のかさ密度を有することができる。いくつかの実施形態では、組成物のかさ密度は、約５５０ｋｇ／ｍ^3（３４ポンド／立方フィート）、約５６０ｋｇ／ｍ^3（３５ポンド／立方フィート）、約５７０ｋｇ／ｍ^3（３６ポンド／立方フィート）、約５８０ｋｇ／ｍ^3（３６ポンド／立方フィート）、約５９０ｋｇ／ｍ^3（３７ポンド／立方フィート）、約６００ｋｇ／ｍ^3（３７ポンド／立方フィート）、約６１０ｋｇ／ｍ^3（３８ポンド／立方フィート）、約６２０ｋｇ／ｍ^3（３９ポンド／立方フィート）、約６３０ｋｇ／ｍ^3（３９ポンド／立方フィート）、約６４０ｋｇ／ｍ^3（４０ポンド／立方フィート）、約６５０ｋｇ／ｍ^3（４１ポンド／立方フィート）、約６６０ｋｇ／ｍ^3（４１ポンド／立方フィート）、約６７０ｋｇ／ｍ^3（４２ポンド／立方フィート）、約６８０ｋｇ／ｍ^3（４２ポンド／立方フィート）、約６９０ｋｇ／ｍ^3（４３ポンド／立方フィート）、約７００ｋｇ／ｍ^3（４４ポンド／立方フィート）、約７１０ｋｇ／ｍ^3（４４ポンド／立方フィート）、約７２０ｋｇ／ｍ^3（４５ポンド／立方フィート）、約７３０ｋｇ／ｍ^3（４６ポンド／立方フィート）、約７４０ｋｇ／ｍ^3（４６ポンド／立方フィート）、または約７５０ｋｇ／ｍ^3（４７ポンド／立方フィート）であり得る。いくつかの実施形態では、組成物のかさ密度は、約５６０ｋｇ／ｍ^3（３５ポンド／立方フィート）～約７２０ｋｇ／ｍ^3（４５ポンド／立方フィート）、約６５０ｋｇ／ｍ^3（４１ポンド／立方フィート）～約７００ｋｇ／ｍ^3（４４ポンド／立方フィート）、約６７０ｋｇ／ｍ^3（４２ポンド／立方フィート）～約７１０ｋｇ／ｍ^3（４４ポンド／立方フィート）、または約６３０ｋｇ／ｍ^3（３９ポンド／立方フィート）～約７３０ｋｇ／ｍ^3（４６ポンド／立方フィート）である。

【００７７】

多孔質が増加すると、炭素の反応性が改善し、組成物の純粋なシリコンへの変換が容易になる。組成物は、少なくとも約３００のヨウ素価であり得る。ヨウ素価は、多孔質炭素の性能を特徴づけるために使用されるパラメータである。ヨウ素価は、炭素の活性化度を測定し、微細孔（例えば、０～２０Å）含有量の測定値である。それは、液相用途にとって重要な測定値である。いくつかの実施形態では、本開示の実施形態によって製造される多孔質炭素生成物は、約３００、約４００、約５００、約６００、約７５０、約９００、約１０００、約１１００、約１２００、約１３００、約１５００、約１６００、約１７５０、約１９００、約２０００、約２１００、および約２２００のヨウ素価を有する。いくつかの実施形態では、本開示の実施形態によって製造される多孔質炭素生成物は、少なくとも約３００、少なくとも約４００、少なくとも約５００、少なくとも約６００、少なくとも約７５０、少なくとも約９００、少なくとも約１０００、少なくとも約１１００、少なくとも約１２００、少なくとも約１３００、少なくとも約１５００、少なくとも約１６００、少なくとも約１７５０、少なくとも約１９００、少なくとも約２０００、少なくとも約２１００、および少なくとも約２２００のヨウ素価を有する。さらに別の実施形態では、本開示の実施形態によって製造される多孔質炭素生成物は、約３００～約２２００、約５００～約１５００、約７５０～約１７５０、約９００～約１３００、約１０００～約

１５００、約１５００～約２２００、または約１２００～約１９００のヨウ素価を有する。
【００７８】
プロセス
本明細書で提供されるのは、高炭素生物由来薬剤を製造するためのプロセスである。いくつかの実施形態では、プロセスは、乾燥バイオマスを含む炭素含有原料を提供することと、予熱ゾーンにおいて、実質的に不活性なガスの存在下で、少なくとも約５分間および約８０℃～約５００℃から選択される予熱温度で、原料を予熱することと、熱分解ゾーンにおいて、実質的に不活性なガスの存在下で、少なくとも約１０分間および約２５０℃～約７００℃から選択される熱分解温度で、原料を熱分解して、高温の熱分解された固体、凝縮性蒸気、および非凝縮性ガスを生成することと、凝縮性蒸気の少なくとも一部および非凝縮性ガスの少なくとも一部を、高温の熱分解された固体から分離することと、冷却ゾーンにおいて、実質的に不活性なガスの存在下で、少なくとも約５分間および熱分解温度よりも低い冷却温度で、高温の熱分解された固体を冷却して、温かい熱分解された固体を生成することと、冷却ゾーンから分離した冷却器において、温かい熱分解された固体を冷却して、低温の熱分解された固体を生成することと、低温の熱分解された固体の少なくとも一部を含む高炭素生物由来薬剤を回収することと、を含むことができ、プロセスは、二酸化ケイ素をプロセスに導入することをさらに含む。
【００７９】
高炭素生物由来薬剤を製造するためのプロセスが本明細書に開示されており、プロセスは、バイオマスを含む炭素含有原料を提供することと、任意選択で、原料を乾燥させて、原料内に含有される水分の少なくとも一部を除去することと、任意選択で、原料または乾燥原料を脱気して、存在する場合、原料内に含有される間隙内酸素の少なくとも一部を除去することと、熱分解ゾーンにおいて、実質的に不活性なガスの存在下で、少なくとも約１０分間および約２５０℃～約７００℃から選択される熱分解温度で、原料を熱分解して、高温の熱分解された固体、凝縮性蒸気、および非凝縮性ガスを生成することと、凝縮性蒸気の少なくとも一部および非凝縮性ガスの少なくとも一部を、高温の熱分解された固体から分離することと、冷却ゾーンにおいて、実質的に不活性なガスの存在下で、少なくとも約５分間および熱分解温度よりも低い冷却ゾーン温度で、高温の熱分解された固体を冷却して、温かい熱分解された固体を生成することと、冷却ゾーンから分離した任意選択の冷却器において、温かい熱分解された固体をさらに冷却して、低温の熱分解された固体を生成することと、温かいまたは低温の熱分解された固体の少なくとも一部を含む高炭素生物由来薬剤を回収することと、を含む。
【００８０】
いくつかの実施形態では、熱分解中に、材料の完全燃焼に必要な量よりも少ない量の酸素が存在する。いくつかの実施形態では、酸素は、完全燃焼に必要な酸素の約１０％以下、約５％以下、約１％以下、約０．５％以下、約０．１％以下、または約０．０１％以下で存在する。いくつかの実施形態では、熱分解は、酸素の非存在下で実行される。
【００８１】
いくつかの実施形態では、高炭素生物由来薬剤を製造するためのプロセスは、反応器を含む。いくつかの実施形態では、反応器は、大気の温度および条件を制御することができる個別のユニットである。いくつかの実施形態では、反応は、反応器中で行う。別の実施形態では、反応器は、１つ以上のゾーンを含むことができる。いくつかの実施形態では、１つ以上のゾーンは、反応器内の他のゾーンに対して温度および大気条件を制御することができる反応器内の領域である。
【００８２】
様々な実施形態では、高炭素生物由来薬剤を製造するためのプロセスは、バイオマス処理ユニット（「ＢＰＵ」）を含む。いくつかの実施形態では、ＢＰＵは、様々な反応器およびゾーンからのガス、凝縮物副産物、および熱を処理する異なる段階で、原材料または原料を、他の反応器またはゾーン、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載のシステムの他の任意の企図される構成要素のうちのいずれか１つ以上に移送す

る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、原材料がＢＰＵのゾーンのそれぞれを通過した後、原材料は炭化される。

【００８３】

いくつかの実施形態では、高炭素生物由来薬剤を製造するためのプロセスは、炭化を含む。いくつかの実施形態では、炭化は、バイオマスから非炭素含有材料を減少させること、バイオマスに炭素原子を添加すること、またはその両方によって「高炭素生物由来薬剤」を形成することによって例証的に達成することができる。

【００８４】

以下で論じられるように、様々なマルチゾーンＢＰＵの実施形態は、単一反応器を含み、様々なマルチゾーンＢＰＵの実施形態はまた、複数の別個の反応器を含み得る。以下で論じられる他の実施形態は、複数の別個の反応器を含み、各反応器は、少なくとも１つのゾーンを有することを理解されたい。本開示の目的のために、すべての単一反応器マルチゾーンＢＰＵの実施形態に関して論じられた特性、原理、プロセス、代替物、および実施形態は、すべての複数の別個の反応器の実施形態に等しく適用され、逆もまた同様である。

【００８５】

いくつかの実施形態では、プロセスは、原料を乾燥させて、原料内に含有される水分の少なくとも一部を除去することを含む。これらまたは他の実施形態では、プロセスは、原料を脱気して、原料に含有される間隙内酸素の少なくとも一部を除去することを含む。

【００８６】

プロセスは、ステップ（ｄ）の前に、実質的に不活性なガスの存在下で、少なくとも約５分間および約８０℃～約５００℃または約３００℃～約４００℃から選択される予熱温度で、予熱ゾーンにおいて原料を予熱することをさらに含み得る。

【００８７】

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）の熱分解は、少なくとも約２０分間行われる。冷却ゾーン温度は、例えば、約１５０℃～約３５０℃から選択され得る。

【００８８】

熱分解条件は、特定の製品用途でそうすることが所望される場合、原料に対する高炭素生物由来薬剤の構造的完全性または機械的強度を維持するように選択され得る。

【００８９】

いくつかの実施形態では、ゾーンのそれぞれは、単一反応器またはＢＰＵ内に位置する。他の実施形態では、ゾーンのそれぞれは、別個のＢＰＵまたは反応器に位置する。いくつかの実施形態は、それぞれが少なくとも１つのゾーンを含む１つ以上のＢＰＵを含むことを理解されたい。

【００９０】

実質的に不活性なガスは、N_2、Ａｒ、ＣＯ、CO_2、H_2、CH_4、およびそれらの組み合わせからなる群から選択され得る。実質的に不活性なガスのいくつかは、ステップ（ｅ）から再循環された１つ以上の非凝縮性ガス種（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はそれぞれ、約１重量％以下の酸素などの５重量％未満の酸素を含有する気相を含む。

【００９１】

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、不活性ガスは、固体の流れの方向に対して実質的に向流で流れる。他の連続的または半連続的な実施形態では、不活性ガスは、固体の流れの方向に対して実質的に同時に流れる。

【００９２】

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などの少なくとも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で、プロセスのエネルギー効率を改善することができる。プロセスを監視および制御することで、炭素含有量、エネルギー含有量、構造的完全性、または機械的

強度など（ただし、これらに限定されない）の高炭素生物由来薬剤に関連する製品属性を改善することもできる。

【００９３】

プロセスは、酸素含有ガスによる凝縮性および非凝縮性蒸気の少なくとも一部の熱酸化（すなわち、燃焼）をさらに含み得る。熱酸化は、天然ガスの燃焼によって促進され得る。熱酸化から製造された熱は、少なくとも部分的に、原料を乾燥させるために利用され得る。さらに、熱酸化から製造された熱は、熱分解ゾーンなどのゾーンまたは反応器のうちの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部分的に利用され得る。

【００９４】

プロセスは、蒸気の少なくとも一部を低温の熱分解された固体と組み合わせて、高炭素生物由来薬剤の炭素含有量を増加させることをさらに含み得る。あるいは、またはさらに、プロセスは、凝縮性蒸気の少なくとも一部を温かい熱分解された固体と組み合わせて、高炭素生物由来薬剤の炭素含有量を増加させることをさらに含み得る。

【００９５】

したがって、凝縮性蒸気は、プロセス（熱酸化によるなど）または炭素濃縮のいずれかのエネルギーに使用して、高炭素生物由来薬剤の炭素含有量を増加させ得る。ＣＯまたはCH_4などの特定の非凝縮性ガスは、プロセスにおけるエネルギーとして、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。

【００９６】

いくつかの実施形態では、プロセスは、酸、塩基、またはそれらの塩から選択される少なくとも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、塩化水素、ケイ酸ナトリウム、過マンガン酸カリウム、およびそれらの組み合わせからなる群から選択され得る（が、これらに限定されない）。

【００９７】

いくつかの実施形態では、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、およびそれらの組み合わせからなる群から選択される少なくとも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、シリコン、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）、蛍石（ｆｌｕｏｒｓｐａｒ）、ベントナイト、酸化カルシウム、石灰、およびそれらの組み合わせからなる群から選択され得る（が、これらに限定されない）。

【００９８】

二酸化ケイ素またはシリカフュームを含む添加剤は、収穫前または収穫後のいつでも、原料自体に含む、プロセスのいずれか１つ以上のステップの前、最中、または後に添加され得る。添加剤は、例えば、ステップ（ｂ）の前または最中、ステップ（ｄ）の前または最中、ステップ（ｆ）中、ステップ（ｇ）中、ステップ（ｆ）と（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、温かい熱分解された固体に導入され得る。例えば、添加剤は、ステップ（ｇ）で温かい熱分解された固体の冷却を促進するために、水溶液、蒸気、またはエアロゾルに導入され得る。これらまたは他の実施形態では、添加剤は、低温の熱分解された固体に導入されて、添加剤を含有する高炭素生物由来薬剤を形成する。

【００９９】

いくつかの実施形態では、プロセスは、実質的に不活性ガスの存在下で、少なくとも約３０分間および約２００℃～約６００℃から選択される熱分解温度で、追加の熱分解のために別個のユニットに低温の熱分解された固体の少なくとも一部を導入して、低温の熱分解された固体よりも炭素含有量が高い固体生成物を生成することをさらに含む。

【０１００】

いくつかの実施形態では、プロセスは、冷却器を動作させて、温かい熱分解された固体をスチームで冷却し、それによって、低温の熱分解された固体および過熱スチームを生成することをさらに含み、乾燥は、少なくとも部分的に、外部冷却器から得られた過熱スチームを用いて行われる。任意選択で、冷却器を動作させて、温かい熱分解された固体を最初にスチームで冷却して、第１の冷却器温度に到達させ、次いで、空気で第２の冷却器温度に到達させ得、第２の冷却器温度は、第１の冷却器温度よりも低く、空気の存在下での温かい熱分解された固体についての燃焼リスクの低減に関連している。

【０１０１】

本明細書に開示されるプロセスでは、二酸化ケイ素の導入は、シリカフュームの導入を含み得る。シリカフュームは、シリコン製造からの超微細（一般に直径１μｍ未満の粒子を含む）シリカ粉末副産物であり、例えば、シリコン金属またはフェロシリコン合金の製造において、バッグハウスに捕捉される。シリコン金属および合金は、電気炉で製造される。シリカフュームは、主にアモルファス（非結晶）二酸化ケイ素からなる。

【０１０２】

本明細書に開示されるプロセスでは、二酸化ケイ素の導入は、生の二酸化ケイ素の導入を含むことができる。例えば、二酸化ケイ素の導入は、川の岩石または石英の導入を含むことができる。遊離シリカは、二酸化ケイ素の組成に非常に近い組成を有する多くの結晶形態で発生し、例えば、４６．７５重量％がケイ素であり、５３．２５％が酸素である。石英は、群を抜いて最も一般的に生じる形態である。トリジマイト、クリストバライト、および含水シリカ鉱物オパールは、まれであり、ガラス質（ガラス状）シリカ、コーサイト、およびスティショバイトは、ごく少数の地域から報告されている。

【０１０３】

二酸化ケイ素は、シリカフュームまたは川の岩石として導入されるかどうかにかかわらず、熱分解後に低温の熱分解された固体に二酸化ケイ素を添加することによってプロセスに導入することができる。二酸化ケイ素は、シリカフュームまたは川の岩石として導入されるかどうかにかかわらず、熱分解の前に導入することができ、二酸化ケイ素は、熱伝達を改善し、それによってバイオマスの熱分解を改善することができる。

【０１０４】

導入される二酸化ケイ素は、シリカフュームまたは川の岩石などの原材料の原料内に含まれているため、サブマージアークまたは電気アーク炉でこれまで使用されてきたものよりも小さくすることができる。例えば、二酸化ケイ素原料の粒径は、川の岩石であろうとシリカフュームであろうと、約０．０１ｍｍ～約１２ｍｍであり得る。例えば、粒径は、約０．０５ｍｍの増分で、約０．０１ｍｍ～１２ｍｍであり得る。

【０１０５】

プロセスは、組成物を加圧、結合、ペレット化、押出成形、または凝集させることをさらに含むことができる。

【０１０６】

プロセスは、高密度化をさらに含むことができ、それによって、例えば、ペレット形状の組成物を製造する。他の形状も製造することができる。例えば、球体である。高密度化された組成物中の炭素および二酸化ケイ素の近接は、組成物のシリコンへのより効率的な変換をもたらす。

【０１０７】

高密度化プロセスは、材料の最終的な組成を作製することができる。高密度化により、材料を、本明細書に記載の組成物を含む他の粒子と制御された方法で混合およびブレンドすることができる。説明されている組成物は、高密度化機器を通して処理および押出すことができる。そのような機器には、市販の機械が含まれ得る。高密度化機器は、成形ダイを通して組成物を押出し、それによって、例えば、ペレットを製造する。押出機器のフェースプレート温度は、典型的には、約７２℃（１６５°Ｆ）～約８５℃（１８５°Ｆ）である。ペレットは、約４３℃（１１０°Ｆ）かつ約１２１℃（２５０°Ｆ）以下の温度で出ることができる。ペレットが押出機を出るとき、ペレットの外面上をわずかにコーティ

ングすることができる。このコーティングは、セルロース系材料の天然に存在する物質であるリグニンを含むことができる。次いで、ペレットを完成品のコンベヤ／冷却器に移送することができる。

【０１０８】

形成に続いて、ペレットは、空気冷却器、エアコン、または液体窒素を含むがこれらに限定されない冷却手段によって冷却することができる。冷却プロセスにより、ペレットが押出機によって作製された形状に硬化し、ペレットの成分がその完全性を維持することができるようになる。一実施形態では、ペレットは、十分に冷却および硬化した後、シェーカースクリーンを通して置かれる。これにより、微細な粒子と離散した粒子とが分離される。微粒子の排出物は、分離することができ、再び再循環するか、または押出機によって押出すことができる。これにより、ペレットを構成する任意の過剰な粒子によって生成される廃棄物の可能性を最小限に抑えることができる。

【０１０９】

高密度化プロセスは、高密度化を改善するための添加剤を使用することと、添加剤、炭素、および二酸化ケイ素を混合することと、混合物をダイを通して押出成形し、それによってペレットを製造することと、任意選択で、ペレットを乾燥させることと、を含むことができる。

【０１１０】

高密度化プロセスは、任意選択で、添加剤、例えば、ベントナイトを使用して、約０．５％の増分で、約０．５％～約１５％に高密度化を改善することと、任意選択で、例えば、約５％～約５０％の水を添加することと、添加剤、炭素、および二酸化ケイ素を混合することと、混合物をダイを通して押出成形し、それによってペレットを製造することと、任意選択で、押出機および／またはダイプレートを加熱または冷却して、高密度化を改善することと、任意選択で、押出機を脱気することと、任意選択で、ペレットを乾燥させることと、を含むことができる。

【０１１１】

押出機は、材料を成形および混合するために使用することもできる。押出成形は、固定断面プロファイルの対象物を作製するために使用されるプロセスである。材料は、所望の断面のダイを通して押し込まれる。他の製造プロセスに対するこのプロセスの２つの主な利点は、非常に複雑な断面を作製でき、かつ材料が圧縮応力およびせん断応力にしか遭遇しないため、脆い材料を加工できることである。それは、表面仕上げに優れた製品も形成する。押出成形は、連続的（理論的には無限に長い材料を製造する）または半連続的（多くのピースを製造する）であり得る。押出成形プロセスは、材料を高温または低温で行うことができる。様々なバインダー、コーティング、および押出成形レシピを使用して、「ペレット耐久性指数」の９９％を超えるものから、無塵のもの、疎水性のものに及ぶ様々な製品属性を実現することができる。ダイの厚さ、ダイのテーパー、スクリュー速度、含水率、事前圧縮、製品サイズ、および他の多くの変数がペレットの品質に影響を与える可能性がある。例えば、押出成形中に使用される水分が多く、次いで生成物を乾燥させる場合、押出成形に使用される水が少ない場合よりもワックスベースのコーティングを適用する方が簡単である。

【０１１２】

一般に図１～１３を参照すると、本開示のいくつかの例示的な多重反応器の実施形態のブロックフロー図が図示されている。各図について、以下で順番に論じる。図１～１３は、いくつかの例示的な実施形態を表すが、本開示のすべての企図される実施形態を表すわけではないことを理解されたい。以下で論じられるように、本明細書で論じられるいくつかの構成要素および特徴の様々な追加の図示されていない実施形態および組み合わせもまた企図される。以下の議論で理解されるように、本明細書で論じられる複数の反応器のいずれかは、独立した反応器であり得、あるいは単一反応器内であり得、ＢＰＵは、複数のゾーン、またはそれらの組み合わせを含むことができる。図は、それぞれ異なる代替の実施形態を示しているが、本開示における他のすべての議論は、図示された実施形態および

図示されていない実施形態のそれぞれに適用できることを理解されたい。

【０１１３】

ここで、一般的に図１を参照すると、本開示の多重反応器の実施形態のブロックフロー図が図示されている。この実施形態は、２つ～複数の異なる反応器を利用することができる。例証的な実施形態では、３つの反応器が示されているが、任意の異なる数の反応器を用いることができる。一実施形態では、各反応器は、材料輸送ユニット３０４（図３に示される）を介して少なくとも１つの他の反応器に接続される。一実施形態では、材料輸送ユニット３０４は、大気および温度条件を制御する。

【０１１４】

図示の実施形態では、バイオマスなどの原材料１０９は、任意選択で、乾燥され、システムの外側でサイジングされ、任意選択で、材料供給システム１０８を使用することにより、低酸素雰囲気で第１の反応器１００に導入される。以下でさらに詳細に論じられ、図３に図示されるように、材料供給システム１０８は、システム中の周囲空気中の酸素レベルを約３％以下に低減する。原材料１０９は、第１の反応器で酸素レベルが低下した後、密閉された材料輸送ユニット３０４を介して第１の反応器１１２に入る。一実施形態では、原材料輸送ユニットは、カプセル化されたジャケットまたはスリーブを含み、これを通して、反応器からのスチームおよびオフガスは、バイオマスを直接予熱するために送られ、使用されるか、またはプロセスガスヒーターおよびもしくは熱交換器に送られ、次いで、バイオマスを予熱または熱分解するために送られ、使用される。

【０１１５】

図示の実施形態では、原材料１０９は、最初に、材料輸送ユニット３０４上の材料供給システム１０８からＢＰＵ１１２の第１の反応器に移動する。

【０１１６】

以下でより詳細に論じられるように、一実施形態では、第１の反応器１１２は、廃熱１３２を回収し、好適な廃熱回収システムを通じてエネルギーを節約するために、システム中の他の任意の反応器に接続されるように構成される。一実施形態では、第１の反応器１１２で放出される廃熱は、システムの内側または外側で原材料１０９を乾燥させるように構成された蒸気ビンまたは別の適切な加熱機構を動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などのような他の廃熱の副産物をシステム中の他の場所で使用して、プロセスに沿った任意の時点で材料をさらに濃縮することができる。

【０１１７】

図示の実施形態では、バイオマス１０９は、第１の反応器１１２に入り、温度は、約周囲温度～約１５０℃の範囲から約１００℃～約２００℃の温度に上昇する。一実施形態では、温度は、第１の反応器１１２において２００℃を超えない。以下でより詳細に論じられるように、第１の反応器１１２は、それが加熱されている間にバイオマス１２３からオフガス１２０を捕捉して排気するための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、任意選択で、後で使用するために抽出される。様々な実施形態では、ＢＰＵ１０２における様々なゾーンに使用される熱源は、電気またはガスである。一実施形態では、ＢＰＵ１０２の様々な反応器に使用される熱源は、ユニット１０２の他の反応器からの、または外部源からの廃ガスである。様々な実施形態では、熱は、間接的である。

【０１１８】

第１の反応器１１２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の反応器１１４に通す。一実施形態では、反応器１１４は、反応器１１２と同じである。反応器１１４が反応器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）を通して第２の反応器１１４を貫通し、これにより、材料輸送ユニット３０４は、ガスが逃げるのを防止しながら第２の反応器を貫通することができる。一実施形態では、第２の反応器１１４の内部は、約１００℃～約６００℃または約２００℃～約６００℃の温度に加熱される。別の実施形態では、第２の反応器１１４は、炭化されている間に予熱された材料１２３から放出されるガス１２２を捕捉して排気するための第１の反応器１０２と同様の出力ポートを含む

。一実施形態では、ガス１２２は、任意選択で、後で使用するために抽出される。例証的な一実施形態では、第１の反応器１１２からのオフガス１２０および第２の反応器１１４からのオフガス１２２は、１つのガス流１２４に組み合わされる。炭化されると、炭化されたバイオマス１２５は、第２の反応器１１４を出て、冷却のために第３の反応器１１６に入る。この場合も、第３の反応器は、１１２もしくは１１４と同じ反応器であっても、または異なってもよい。

【０１１９】

一実施形態では、生物由来薬剤１２５が第３の反応器１１６に入るとき、炭化されたバイオマス１２５は、上で論じられたように、特定の温度範囲に（能動的または受動的に）冷却されて、炭化されたバイオマス１２６を形成することができる。一実施形態では、炭化されたバイオマス１２５の温度は、実質的に不活性な大気条件下で第３の反応器中で下げる。別の実施形態では、第３の反応器は、追加の水冷機構で炭化されたバイオマス１２５を冷却する。炭化されたバイオマス１２６は、酸素化された空気にさらされた場合に自然発火しない点まで、第３の反応器１１６中で冷却することができることを理解されたい。そのような一実施形態では、第３の反応器１１６は、炭化されたバイオマスの温度を２００℃未満に下げる。一実施形態では、第３の反応器は、炭化されたバイオマスを撹拌および均一に冷却するためのミキサー（図示せず）を含む。冷却は、水または他の液体で直接的または間接的のいずれかで生じ得、冷却は、空気もしくは他の冷却ガス、または上記の任意の組み合わせで直接的もしくは間接的のいずれかで生じ得ることを理解されたい。

【０１２０】

いくつかの実施形態（図示せず）では、炭化されたバイオマスの温度をさらに下げるために、１つ以上の追加の冷却器または冷却機構が用いられることを理解されたい。様々なそのような実施形態では、冷却器は、材料輸送システムに沿って、他の反応器１１２、１１４、１１６から分離されている。いくつかの実施形態では、冷却器は、反応器に続く。いくつかの実施形態では、冷却器は、反応器１１２、１１４、１１６と同じであり得る。他の実施形態では、冷却器は、例えば、スクリュー、オーガー、コンベヤ（具体的には、一実施形態ではベルトコンベヤ）、ドラム、スクリーン、パン、向流床、垂直タワー、ジャケット付きパドル、冷却スクリュー、またはそれらの組み合わせであり、これらは、水もしくは他の液体で直接的もしくは間接的に、または他のガスで直接的もしくは間接的に、または上記の組み合わせで冷却する。様々な実施形態では、冷却器は、水噴霧、冷却された不活性ガス流、液体窒素、または発火温度未満の場合は周囲空気を含み得る。水噴霧によって生成されたフラッシュスチーム、または飽和スチームが導入されて、炭化されたバイオマスによって加熱されたときに生成された過熱スチームを捕捉することによって、このステップから熱を回収できることを理解されたい。

【０１２１】

図１および図５に図示されるように、気相分離器ユニット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、ＢＰＵ１０２の第１の反応器１１２および第２の反応器１１４上の排気ポートに接続されている。出力のうちの１つは、炭素回収ユニット１０４に接続され、出力のうちの別の１つは、収集機器または酸水素化ユニット１０６または蒸留塔などのさらなる処理機器に接続されている。様々な実施形態では、気相分離器は、第１の反応器１１２および第２の反応器１１４からのオフガス１２０、１２２を処理して、凝縮物１２８および濃縮ガス２０４を製造する。様々な実施形態では、凝縮物は、エネルギー回収（１３４）（例えば、乾燥機、反応器、もしくはプロセスガスヒーターにおいて）、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、非凝縮性物質（例えば、ＣＯ）は、エネルギー回収（１３４）のために（例えば、乾燥機、反応器、もしくはプロセスガスヒーターにおいて）、プロセス中の不活性ガスとして（例えば、以下でより詳細に論じられた脱気ユニット、反応器、ＢＰＵ、もしくは冷却器において）、または炭素濃縮のために使用され得る。

【０１２２】

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、気相分離器２００によって製造される濃縮ガス２０４は、少なくとも非極性ガス、例えば、一酸化炭素、テルペン、メタン、二酸化炭素などを含む。一実施形態では、気相分離器は、分留塔を備える。一実施形態では、酢酸は、ライン１２８を介し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は、任意選択の追加のライン（複数可）１３６を介して蒸留／処理ユニット１３８に送られる。

【０１２３】

様々な実施形態では、以下により詳細に論じられるように、炭素回収ユニット自体は、材料を濃縮するための設備を有する。他の様々な実施形態では、材料は、炭素回収ユニットから分離した材料濃縮ユニットで濃縮される。いくつかのそのような実施形態では、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を理解されたい。

【０１２４】

図示の実施形態では、炭素回収ユニット５００はまた、炭化されたバイオマス１２６を濃縮する。炭化されたバイオマス１２６は、材料輸送ユニット３０４に沿って第３の反応器を出て、炭素回収ユニット５００に入る。様々な実施形態では、図５にさらに詳細に図示され、上で論じられたように、炭素回収ユニット５００はまた、気相分離器２００に接続された入力５２４を含む。一実施形態では、濃縮ガス２０４は、炭素回収ユニットに向けられて、生物由来薬剤１２６と組み合わされて、高炭素生物由来薬剤１３６を作製する。別の実施形態では、外部源からの炭素濃縮ガスはまた、炭素回収ユニットに向けられて、炭化されたバイオマス１２６と組み合わされて、製造される最終的な高炭素生物由来薬剤に追加の炭素を添加することができる。様々な実施形態では、炭化されたバイオマス１２６は、温度が低下した炭化されたバイオマスである。例証的に、システム１００は、木材加工設備の近くの同じ場所に位置し得、木材加工設備からの炭素濃縮ガスを外部源からのガスとして使用することができる。

【０１２５】

ここで、一般的に図２を参照すると、本開示の単一反応器、マルチゾーンの実施形態のブロックフロー図が図示されている。図示の実施形態では、バイオマスなどの原材料２０９は、任意選択で、すでに説明した材料供給システム１０８を使用することにより、低酸素雰囲気で反応器２００に導入される。以下でさらに詳細に論じられるように、材料供給システム１０８は、システムにおける周囲空気中の酸素レベルを約３％以下に低減する。原材料２０９は、酸素レベルが低下した後、密閉された材料輸送ユニット３０４中のＢＰＵ２０２に入る。一実施形態では、材料輸送ユニットは、バイオマスを予熱するために反応器２００からのスチームおよびオフガスが送られ、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。

【０１２６】

図示の実施形態では、原材料は、最初に、材料輸送ユニット３０４上の材料供給システム１０８から、ＢＰＵ２０２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は、予熱ゾーン２１２に渡される前に、原材料を加熱して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の内部は、約周囲温度～約１５０℃の温度に加熱される。原材料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から排気することができる。別の実施形態では、任意選択の乾燥ゾーンは、蒸気およびスチームを抽出できるように適合されている。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スチームは、任意選択の後の使用のために抽出される。以下で論じられるように、任意選択の乾燥ゾーンから抽出された蒸気またはスチームは、材料供給システムを有する好適な廃熱回収システムで使用できる。一実施形態では、材料供給システムで使用される蒸気およびスチームは、酸素レベルが材料供給システムでパージされている間に、原材料を予熱する。別の実施形態では、バイオマスは、反応器の外側で乾燥され、反応器は、乾燥ゾーンを備えない。

【０１２７】

以下でより詳細に論じられるように、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、好適な廃熱回収システムを通じてエネルギーを節約するために、冷却ゾーン２１６に接続されるように構成される。一実施形態では、冷却ゾーン２１６で放出される廃熱は、任意選択の乾燥ゾーン２１０で原材料２０９を乾燥するように構成された加熱機構を動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は、任意選択の乾燥ゾーン２１０を出て、予熱ゾーン２１２に入る。

【０１２８】

図示の実施形態では、乾燥されたバイオマス２２１は、第１の（予熱）ゾーン２１２に入り、温度は、約周囲温度～約１５０℃の範囲から約１００℃～約２００℃の温度範囲に上昇する。一実施形態では、温度は、第１の／予熱ゾーン２１２において２００℃を超えない。予熱ゾーン２１２が熱すぎるかまたは十分に熱くない場合、乾燥バイオマス２２１は、第２のゾーン２１４に入る前に誤って処理する場合があることを理解されたい。以下でより詳細に論じられるように、予熱ゾーン２１２は、予熱されている間に乾燥されたバイオマス２２１からガス２２０を捕捉して排気するための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、任意選択で、後で使用するために抽出される。様々な実施形態では、ＢＰＵ２０２における様々なゾーンに使用される熱源は、電気またはガスである。一実施形態では、ＢＰＵ２０２の様々なゾーンに使用される熱源は、ユニット２０２の他のゾーンまたは外部源からの廃ガスである。様々な実施形態では、熱は、間接的である。

【０１２９】

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に通過させる。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（エアロックなど、図示せず）を通して第２の／熱分解ゾーンを貫通し、これにより、材料輸送ユニット３０４は、ガスが逃げるのを防止（または最小化）しながら高温熱分解ゾーンを貫通することができる。一実施形態では、熱分解ゾーン２１４の内部は、約１００℃～約６００℃または約２００℃～約５００℃の温度に加熱される。別の実施形態では、熱分解ゾーン２１４は、予熱ゾーン２１２と同様の出力ポートを含み、炭化されている間に予熱されたバイオマス２２３から放出されるガス２２２を捕捉して排気する。一実施形態では、ガス２２２は、任意選択で、後で使用するために抽出される。例証的な一実施形態では、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つのガス流２２４に組み合わされる。炭化されると、炭化されたバイオマス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。

【０１３０】

一実施形態では、炭化されたバイオマス２２５が冷却ゾーン２１６に入るとき、炭化されたバイオマス２２５は、上で論じられたように、約２０℃～２５℃（約室温）の指定された温度範囲に冷却されて、温度が低下した炭化されたバイオマス２２６になる。様々な実施形態では、ＢＰＵ２０２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、炭化されたバイオマスを２００℃未満に冷却する。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ミキサーを含む。様々な実施形態では、複数の冷却ゾーンのうちの１つ以上は、ＢＰＵ２０２の外側にある。

【０１３１】

図２および図５に図示されるように、気相分離器ユニット２００は、少なくとも１つの入力および複数の出力を含む。この例証的な実施形態では、少なくとも１つの入力は、ＢＰＵ２０２の第１の／予熱ゾーン２１２および第２の／熱分解ゾーン２１４上の排気ポートに接続される。出力のうちの１つは、炭素回収ユニット５００（材料を濃縮するように構成される）に接続され、出力のうちの別の１つは、収集機器または酸水素化ユニット２０６もしくは蒸留塔などのさらなる処理機器に接続される。様々な実施形態では、気相分離器は、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を処理して、凝縮物２２８および濃縮ガス２０４を製造する。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、気相分離器２００によって製造される濃縮ガス２０４は、少なくとも非極性ガスを含む。一実施形態では、気相分離器は、分留塔を備える。一実施形態では、酢酸は、ライン２２８を介し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は、任意選択の追加のライン（複数可）２３６を介して蒸留／処理ユニット２３８に送られる。

【０１３２】

図示の実施形態では、炭化されたバイオマスは、材料移送ユニット３０４に沿って冷却反応器／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にさらに詳細に図示され、上で論じられたように、炭素回収ユニット５００はまた、気相分離器２００に接続された入力５２４を含む。一実施形態では、濃縮ガス２０４は、炭素回収ユニット５００に向けられて、生物由来薬剤２２６と組み合わされて、高炭素生物由来薬剤１３６を作製する。別の実施形態では、外部源からの炭素濃縮ガスはまた、生物由来薬剤２２６と組み合わせて生物由来薬剤に追加の炭素を添加するために、炭素回収ユニット５００に向けることができる。様々な実施形態では、参照２３４で炭素回収ユニット５００から引き出されたガスは、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、ＢＰＵ２０２のうちの１つ以上のゾーンから引き出されたガスは、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。例証的に、システム２００は、木材加工設備の近くの同じ場所に位置し得、木材加工設備からの炭素濃縮ガスを外部源からのガスとして使用することができる。

【０１３３】

ここで、一般的に図３を参照すると、本開示の１つの材料供給システムの実施形態が図示されている。上で論じられたように、処理中の原材料を取り巻く周囲空気中の高酸素レベルは、原材料の望ましくない燃焼または酸化を引き起こし、これは最終製品の量および品質を低下させる可能性がある。一実施形態では、材料供給システムは、閉鎖系であり、原材料を取り巻く空気から酸素をパージするように構成された１つ以上のマニホルドを含む。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、および冷却に使用される。閉鎖材料供給システムの主な目標は、酸素レベルを約３％以下、約２％以下、約１％以下、または約０．５％以下に低減することであることを理解されたい。酸素レベルが低減した後、バイオマスは、材料供給システムに沿ってＢＰＵに移送する。様々な実施形態では、回収されたプロセスエネルギーによる不活性ガスの予熱、およびその後の予熱された不活性ガスのＢＰＵ、反応器、またはトリミング反応器への導入は、システムをより効率的にすることを理解されたい。

【０１３４】

いくつかの実施形態では、トリミング反応器は、システムに含まれる。トリミング反応器の一実施形態では、ＢＰＵからの熱分解された材料は、さらなる熱分解のために別個の追加の反応器に供給され、そこで加熱された不活性ガスが導入されて、固定炭素レベルがより高い生成物を作製する。様々な実施形態では、二次プロセスは、ドラム、タンク、バレル、ビン、トート、パイプ、袋、プレス、またはロールオフコンテナなどのコンテナ中で実施され得る。様々な実施形態では、最終コンテナはまた、炭化されたバイオマスの輸送のために使用され得る。いくつかの実施形態では、不活性ガスは、ＢＰＵから抽出され、プロセスガスヒーターで燃焼されるガスから熱を引き出す熱交換器を介して加熱される。

【０１３５】

図３で分かるように、閉鎖材料供給システム１０８は、原材料供給ホッパー３００、材料輸送ユニット３０４、および酸素パージマニホルド３０２を含む。

【０１３６】

一実施形態では、原材料供給ホッパー３００は、原材料またはサイジング／乾燥バイオマス１０９／２０９を受容するように構成された任意の好適な屋外または閉鎖空気コンテナである。原材料供給ホッパー３００は、材料輸送ユニット３０４と動作可能に接続され

、これは、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、原材料１０９／２０９は、重力供給システムによって材料輸送ユニット３０４に供給される。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が好適なエンクロージャ３０７に密閉されるように作られていることを理解されたい。一実施形態では、エンクロージャ３０７は、実質的に円筒形である。様々な実施形態では、材料供給システムは、スクリュー、オーガー、コンベヤ、ドラム、スクリーン、シュート、ドロップチャンバ、回転式エアロック、または二重もしくは三重フラップエアロックを含む空気搬送デバイスを含む。

【０１３７】

原材料１０９／２０９が原材料供給ホッパー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が回転し、原材料１０９／２０９を酸素パージマニホルド３０２に向かって動く。原材料１０９／２０９が酸素パージマニホルド３０２に到達すると、材料輸送ユニット３０４中の原材料１０９／２０９の間の周囲空気は、約２０．９％の酸素を含むことを理解されたい。様々な実施形態では、酸素パージマニホルド３０２は、材料輸送ユニット３０４に隣接して、またはその周囲に配列される。一実施形態の酸素折り畳みマニホルド内で、材料輸送ユニット３０４のエンクロージャ３０７は、複数のガス入口ポート３１０ａ、３１０ｂ、３１０ｃおよび複数のガス出口ポート３０８ａ、３０８ｂ、３０８ｃを含む。

【０１３８】

酸素パージマニホルド３０２は、少なくとも１つのガス入口ライン３１２および少なくとも１つのガス出口ライン３１４を有する。様々な実施形態では、酸素パージマニホルド３０２の少なくとも１つのガス入口ライン３１２は、複数のガス入口ポート３１０ａ、３１０ｂ、３１０ｃのそれぞれと動作可能に連通している。同様に、様々な実施形態では、酸素パージマニホルド３０２の少なくとも１つのガス出口ライン３１４は、複数のガス出口ポート３０８ａ、３０８ｂ、３０８ｃのそれぞれと動作可能に連通している。一実施形態では、ガス入口ライン３１２は、不活性ガスをガス入口ポート３１０ａ、３１０ｂ、３１０ｃにポンプで送るように構成されていることを理解されたい。そのような一実施形態では、不活性ガスは、実質的に酸素を含有しない窒素である。一実施形態では、不活性ガスは、バイオマスに対して向流で流れる。

【０１３９】

理解されるように、密閉された材料輸送ユニット３０４への不活性ガス３１２の導入は、周囲の空気を密閉されたシステムから押出す。動作中、不活性ガス３１２が一実施形態の第１のガス入口ポート３１０ａに導入されると、ある量の酸素に富む周囲空気が出口ポート３０８ａから押出される。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％以下の所望のレベルが実現されない場合があることを理解されたい。

したがって、様々な実施形態では、不活性ガス３１２の追加の注入を行って、密閉システム中の原材料１０９を取り巻く空気から必要な量の酸素をパージする必要がある。一実施形態では、第２のガス入口ポート３１０ｂは、第１のガス入口ポート３１０ａでの注入に続いて、不活性ガス３１２を密閉システムにポンプで送り、それによって、密閉システムからより多くの残りの酸素をパージする。酸素３１４をパージするための不活性ガス３１２の１回または２回の注入後、より少ない酸素の所望のレベルが実現され得ることを理解されたい。一実施形態では、２回の不活性ガス注入後も所望の酸素レベルが実現されない場合、ガス入口３１０ｃでの不活性ガス３１２の３回目の注入は、ガス出口３０８ｃで密閉システムから残りの望ましくない量の酸素３１４をパージする。必要に応じて、追加の入口／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に、材料供給システム全体にわたって監視される。

【０１４０】

代替的な一実施形態では、反応器から回収された熱、スチーム、およびガスは、ジャケットに密閉され、供給材料との直接接触から分離される供給システムに向けられるが、反

応器に導入される前に供給材料を間接的に加熱する。
【０１４１】
代替的な一実施形態では、反応器の乾燥ゾーンから回収された熱、スチーム、およびガスは、ジャケットに密閉され、供給材料との直接接触から分離される供給システムに向けられるが、反応器に導入される前に供給材料を間接的に加熱する。
【０１４２】
一実施形態のガス入口ポート３１０ａ、３１０ｂ、３１０ｃ、および対応するガス出口ポート３０８ａ、３０８ｂ、３０８ｃは、それぞれ、材料輸送ユニット３０４を通る垂直二等分面に対して互いにわずかにオフセットされていることを理解されたい。例えば、一実施形態では、入口ポート３１０ａおよび対応する出口ポート３０８ａは、材料輸送ユニット３０４において、材料輸送ユニット３０４中のオーガー３０５のピッチにほぼ対応する量だけオフセットされている。様々な実施形態では、原材料１０９／２０９を取り巻く雰囲気が十分に脱酸素化された後、それは、材料供給システム１０８からＢＰＵ１０２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に、材料供給システム全体にわたって監視される。
【０１４３】
一実施形態では、原材料１０９／２０９、続いて乾燥バイオマス２２１、予熱バイオマス１２３／２２３、炭化されたバイオマス１２５／２２５、および炭化されたバイオマス１２６／２２６が、連続材料輸送ユニット３０４に沿って反応器１０２（または複数の反応器）を通って移動することを理解されたい。別の実施形態では、材料を運ぶ材料輸送ユニットは、プロセスにおける異なる段階で異なる。一実施形態では、反応器、ゾーン、または反応器を通して材料を動かすプロセスは、連続的である。そのような一実施形態では、材料輸送ユニット３０４の速度は、材料が１つ以上の反応器を通って動くとき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、関連する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。
【０１４４】
別の実施形態では、反応器１０２または複数の反応器（１１２／１１４／１１６）に関連するコントローラは、１つ以上のフィードバックセンサ、検出されたガス（例えば、任意選択のＦＴＩＲから）、測定されたパラメータ、温度ゲージ、または反応器プロセスにおける他の好適な変数に基づいて、材料輸送ユニット３０４の速度を調整するように構成される。様々な実施形態では、コントローラおよびプロセッサと動作可能に連通する任意の好適な水分センサ、温度センサ、またはガスセンサを、各ゾーン／反応器の中もしくは間で、または材料輸送ユニット３０４に沿った任意の好適な位置に統合できることを理解されたい。一実施形態では、コントローラおよびプロセッサは、センサまたはゲージからの情報を使用して、ＢＰＵ１００／２００の速度および効率を最適化する。一実施形態では、反応器１０２または複数の反応器（１１２／１１４／１１６）に関連するコントローラは、材料輸送ユニット３０４を動作するように構成される。一実施形態では、反応器１０２または複数の反応器（１１２／１１４／１１６）に関連するコントローラは、材料輸送ユニット３０４の内部または任意の反応器の内部のガスの濃度、温度、および水分を監視するように構成される。一実施形態では、コントローラは、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入力、および材料輸送ユニット中の材料に加えられる熱を、様々なセンサによって取得した１つ以上の読み取り値に基づいて調整するように構成される。
【０１４５】
ここで、図２および図４を参照すると、ＢＰＵ１０２の一実施形態が図示されている。図４におけるＢＰＵ２０２のグラフ表示は、図２におけるＢＰＵ２０２に実質的に対応することを理解されたい。様々な実施形態では、ＢＰＵ２０２は、反応器プロセスに必要とされる大量の熱を制御および操作するためにキルンシェルに密閉されていることも理解されたい。図４で分かるように、一実施形態では、ＢＰＵ２０２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チャンバ（４１

６、４１８）を含む。一実施形態では、キルンは、４つの分離されたゾーンを含む。様々な実施形態では、ＢＰＵ２０２の４つのゾーン２１０、２１２、２１４、および２１６のそれぞれは、少なくとも１つの入口フライトおよび少なくとも１つの出口フライトを含む。以下でより詳細に論じられるように、１つのそのような実施形態の各ゾーン内で、入口および出口フライトは、ゾーンに出入りする供給材料、ガス、および熱の流れを制御するように調整可能であるように構成される。不活性空気の供給を入口フライトに導入することができ、パージされた空気を対応する出口フライトから抽出することができる。様々な実施形態では、ＢＰＵ２０２中のゾーンの出口フライトのうちの１つ以上は、ＢＰＵ中の他の入口または出口フライトのうちの１つ以上に接続されている。

【０１４６】

一実施形態では、原材料２０９は、材料供給システム１０８で脱酸素化された後、ＢＰＵ２０２に導入され、具体的には、４つのゾーンのうちの第１のゾーンに任意選択の乾燥ゾーン２１０に導入される。図４で分かるように、乾燥ゾーンは、入口フライト４２２ｂおよび出口フライト４２０ａを含む。一実施形態では、乾燥ゾーンは、約８０℃～約１５０℃の温度に加熱されて、原材料２０９から水または他の水分を除去する。次いで、バイオマスは、第２のまたは予熱ゾーン２１２に動かされ、そこでバイオマスは、上記のように予熱される。

【０１４７】

別の実施形態では、任意選択で、乾燥および予熱された材料は、第３のまたは炭化ゾーンに動かされる。一実施形態では、炭化は、約２００℃～約７００℃、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℃、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℃の温度で生じる。別の実施形態では、反応器４２１の炭化ゾーンは、炭化中に製造されたガスを抽出できるように適合される。別の実施形態では、炭化中に製造されたガスは、任意選択で、後で使用するために抽出される。一実施形態では、炭化温度は、メタン（CH_4）の製造を最小化または排除し、炭化されたバイオマスの炭素含有量を最大化するように選択される。

【０１４８】

別の実施形態では、炭化されたバイオマスは、温度低下または冷却ゾーン（第３のゾーン）に動かされ、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、炭化されたバイオマス固体は、室温の±１０、２０、３０、または４０℃の温度に冷却される。

【０１４９】

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に図示される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うちの１つおよび各ガス抽出プローブのうちの１つは、複数のゾーン２１０、２１２、２１４、および２１６のうちの異なる１つに対応することを理解されたい。様々な代替的な実施形態では、ＢＰＵ２０２は、複数のゾーンのそれぞれに対して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む、任意の好適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たい。

【０１５０】

図示の実施形態では、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に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、乾燥

ゾーン２１０に窒素を導入し、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ることを理解されたい。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、上記でより詳細に説明されるように、乾燥ゾーン２１０からガスを抽出して、熱またはエネルギー回収システムで再利用されることを理解されたい。

【０１５１】

図示の実施形態では、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に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、予熱ゾーン２１２に窒素を導入し、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ることを理解されたい。様々な実施形態では、ガス抽出プローブ４００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、上で論じられたように、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、プロセスにおける後の段階で、例えば、炭素回収ユニットにおいて、材料に再導入されることを理解されたい。様々な実施形態では、反応器のゾーンのいずれかから抽出されたガスは、乾燥機またはプロセスガスヒーターにおけるエネルギー回収、トリミング反応器におけるさらなる熱分解、または炭素濃縮ユニットのいずれかに使用される。

【０１５２】

図示の実施形態では、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に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ることを理解されたい。様々な実施形態では、ガス抽出プローブ４０４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、上で論じられたように、熱分解ゾーン２１４から抽出された炭素濃縮ガスが使用され、プロセスにおける後の段階で材料に再導入されることを理解されたい。様々な実施形態では、以下により詳細に記載されるように、予熱ゾーン２１２からの抽出ガス４００および熱分解ゾーン２１４からの抽出ガス４０４は、材料に再導入される前に組み合わされる。

【０１５３】

図示の実施形態では、冷却ゾーン１１６は、ガス導入プローブ４０８およびガス抽出プローブ４０６に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、冷却ゾーン１１６に窒素を導入し、ガス抽出プローブ４０６は、冷却ゾーン１１６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１１６に導入するように構成されることを理解されたい。様々な実施形態では、ガス抽出プローブ４０６は、上でより詳細に説明されるように、冷却ゾーン１１６からガスを抽出して、熱またはエネルギー回収システムで再利用されることを理解されたい。

【０１５４】

上記の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るガスおよび各ゾーンから抽出されるガスのレベルおよび濃度を調整するために、上記のコントローラおよび複数のセンサとともに動作するように構成されることを理解されたい。

【０１５５】

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好適なパイプで作製される。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、入口およびガス抽出プローブの下側に配置される。様々な実施形態では、複数の開口部のそれぞれは、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。

【０１５６】

一実施形態では、ガス導入プローブは、ＢＰＵ２０２の片側から各ゾーンを通って延在する。そのような一実施形態では、４つのガス導入プローブのそれぞれは、ＢＰＵの片側から各ゾーンのそれぞれまで延在する。様々な実施形態では、固定炭素レベルを濃縮するガス状触媒が添加される。そのような実施形態では、４つのガス導入プローブのそれぞれのための複数の開口部は、その特定のガス導入プローブに関連するそれぞれのゾーンにのみ配置されることを理解されたい。

【０１５７】

例えば、図４を見ると、ガス導入プローブのそれぞれが乾燥ゾーンの左側から各ゾーンに延在する場合、４つのガス導入プローブすべてが乾燥ゾーンを通って移動し、乾燥ゾーンのガス導入プローブは、乾燥ゾーンで終了する。残りの３つのガス導入プローブはすべて予熱ゾーンを通って移動し、予熱ゾーンのガス導入プローブは、予熱ゾーンで終了する。残りの２つのガス導入プローブは、熱分解ゾーンを通過し、熱分解ゾーンのガス導入プローブは、熱分解ゾーンで終了する。冷却ゾーンのガス導入プローブは、冷却ゾーンに移動して冷却ゾーン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、この実施例に記載されるガス導入プローブと同様に構成されることを理解されたい。ガス導入プローブおよびガス抽出プローブは、それぞれ、ＢＰＵのいずれかの側から開始できることも理解されたい。

【０１５８】

様々な実施形態では、ガス導入プローブは、上記の例で説明したマルチ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列されている。そのような一実施形態では、４つの入口プローブ／ポートのそれぞれは、前の入口プローブ／ポートよりも小さい直径を有する。例えば、一実施形態では、乾燥ゾーンのガス導入プローブは、最大の内径を有し、予熱ゾーンのガス導入プローブは、乾燥ゾーンの入口プローブ／ポートの内径内にあり、次いで、熱分解ゾーンのガス導入プローブは、予熱ゾーンのガス導入プローブの内径内にあり、冷却ゾーンのガス導入プローブは、熱分解ゾーンのガス導入プローブ内にある。例示的な一実施形態では、好適なコネクタが、ＢＰＵ１０２の外側の４つのガス導入プローブのそれぞれに取り付けられて、４つのガス導入プローブのそれぞれに個別に注入される空気を制御する。

【０１５９】

そのような一実施形態では、上記の例と同様に、乾燥ゾーンのガス導入プローブは、乾燥ゾーンで終了し、他の３つのガス導入プローブは、予熱ゾーンに続く。しかしながら、同心または実質的に同心の配列では、最も外側のガス導入プローブのみが、終了する前に各ゾーンで露出される。したがって、そのような一実施形態では、個々のゾーンのガス導入は、１つの連続的なガス導入プローブラインのみを必要とする一方で、互いに独立して効果的に制御される。一実施形態では、同様の同心または実質的に同心の構成がガス抽出プローブに好適に使用されることを理解されたい。

【０１６０】

一実施形態では、各ゾーンまたは反応器は、個々のゾーンまたは反応器のうちの１つ以上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／反応器からのオフガスは、廃棄、分析、および／または後で使用するために別々のままである。様々な実施形態では、各反応器／ゾーンは、ゾーン／反応器内のガス形成を監視することができるＦＴＩＲなどのガス検出システムを含有する。別の実施形態では、複数のゾーン／反応器からのオフガスは、廃棄、分析、および／または後で使用するために組み合わされ、様々な実施形態では、１つ以上のゾーン／反応器からのオフガスは、プロセスガスヒーターに供給される。別の実施形態では、１つ以上のゾーン／反応器からのオフガスは、炭素回収ユニットに供給される。別の実施形態では、１つ以上のゾーン／反応器からのオフガスは、炭素回収ユニットに導入される前に気相分離器に供給される。一実施形態では、気相分離器は、分留塔を備える。当業者に既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、好適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、非極性化合物と極性化合物とに分離される。別の実施形態では、気相分離器

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、様々な実施形態では、１つ以上のゾーン／反応器からのオフガスがプロセスガスヒーターに供給される。一実施形態では、予熱ゾーン／反応器、熱分解ゾーン／反応器、および任意選択で、冷却ゾーン／反応器から抽出されたガスは、組み合わされた流れに抽出され、気相分離器に供給される。様々な実施形態では、ゾーン／反応器のうちの１つ以上は、組み合わされた流れに導入されるかどうか、およびどれだけのガスが導入されるかを制御するように構成される。

【０１６１】

上で論じられ、図５に一般的に図示されているように、ＢＰＵ１０２／２０２からのオフガス１２４／２２４は、気相分離器２００に向けられる。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／反応器１１４／２１４からの抽出ガス１２２／２２２と組み合わされた第１の／予熱ゾーン／反応器１１２／２１２からの抽出ガス１２０、またはいずれかのガス流のみを含む。オフガス１２４／２２４が気相分離器２００に入ると、オフガス１２４／２２４は、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とに分離される。様々な実施形態では、気相分離器２００は、既知の分留塔である。

【０１６２】

様々な実施形態では、組み合わされたオフガス１２４／２２４から抽出された濃縮ガス２０４は、材料を濃縮する入力５２４を介して、気相分離器２００から炭素回収ユニット５００に向けられる。上で論じられ、図８および１１に図示されるように、様々な実施形態では、抽出されたガスは、最初に材料濃縮ユニットに導入され、次いで別個の炭素回収ユニットに導入されることを理解されたい。図５に図示される実施形態では、材料の濃縮は、炭素回収ユニット５００で行われる。一実施形態（図５）では、気相分離器２００は、複数の出力を含む。様々な実施形態では、気相分離器２００からの１つの出力は、炭素回収ユニット５００に接続されて、濃縮ガス流を炭素回収ユニット５００に導入する。一実施形態では、濃縮ガス流の一部は、炭素回収ユニット５００に向けられ、別の部分は、スクラバー、または不要なガスを洗浄および処分するための別の好適な浄化装置に向けられる。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（例えば、プロセスガスヒーターにおいて）または不活性ガスとして（例えば、脱気ユニット、反応器、ＢＰＵ、もしくは冷却器において）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（例えば、プロセスガスヒーターにおいて）、不活性ガスとして（例えば、脱気ユニット、反応器、ＢＰＵ、もしくは冷却器において）、または二次回収ユニットで使用され得る。

【０１６３】

一実施形態では、気相分離器からの別の出力は、極性化合物を抽出し、任意選択で、それらを複数の異なる液体部分を含む液体成分に凝縮する。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、出力された液体は、貯蔵、廃棄、さらなる処理、または再利用される。例えば、一実施形態で出力された水は、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を理解されたい。別の実施形態では、水は、排水される。一実施形態で出力された酢酸、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ることができることも理解されたい。

【０１６４】

図５で分かるように、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に関して論じられたものと同様の特徴を含むことを理解されたい。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と、反応器オフガスを運ぶように構成されたハウジングの下部の底部にある入口５２４と、濃縮ガス流を運ぶように構成されたハウジングの上部の頂部にある出口５３４と、ハウジングの上部と下部との間に画

定された経路５０４と、薬剤を輸送するように構成される、経路をたどる輸送システム５２８と、を備え、ハウジングは、薬剤が反応器のオフガスの少なくとも一部を吸着するように形作られる。様々な実施形態では、上部は、複数の出口を含み、下部は、複数の入口を含む。

【０１６５】

一実施形態では、ハウジング５０２は、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が実質的にない。一実施形態では、ハウジング５０２は、凸状の角が実質的にない。別の実施形態では、ハウジング５０２は、渦を製造するかまたは空気を閉じ込めることができる凸状の角が実質的にない。別の実施形態では、ハウジング５０２は、実質的に、立方体、角柱、楕円体、立体楕円体、回転楕円体、基部同士を貼り付けた２つの円錐、基部同士を貼り付けた正四面体、基部同士を貼り付けた２つの角錐、または基部同士を貼り付けた２つの二等辺三角柱のような形状である。

【０１６６】

一実施形態では、ハウジング５０２の上部５０２ａおよび下部５０２ｂは、それぞれ、実質的に、半楕円体、半角柱、半－－立体楕円体、半回転楕円体、円錐、正四面体、角錐、二等辺三角柱、または丸角ダクト遷移のような形状である。

【０１６７】

別の実施形態では、ハウジング５０２ｂの下部の底部にある入口５２４およびハウジング５０２ａの上部の頂部にある出口５３４は、パイプと接続するように構成される。別の実施形態では、ハウジング５０２ｂの下部の頂部およびハウジング５０２ａの上部の底部は、実質的に長方形、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の下部の頂部とハウジング５０２ａの上部の底部との間の幅は、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。

【０１６８】

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、入口開口部５０６、および出口開口部５０８を備える。一実施形態では、入口開口部、および出口開口部は、輸送システムを受容するように構成される。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。

【０１６９】

一実施形態では、入口開口部５０６は、ガスの漏れを低減するための入口開口部シーリング機構を含み、出口開口部５０８は、ガスの漏れを低減するための出口開口部シーリング機構を含む。一実施形態では、入口および出口開口部シーリング機構は、エアロックを備える。

【０１７０】

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、狭い丸底接続開口部を有し、これは、ガス流２０４の輸送のための気相分離器２００に接続される。様々な実施形態では、炭素回収ユニット５００のハウジングの下部５０２ｂの頂部は、実質的に長方形の形状であり、狭い丸底接続開口部よりも実質的に広い。一実施形態では、下部は、丸底開口部から長方形の頂部開口部に移行することを理解されたい。一実施形態では、下部の長方形の頂部開口部は、（コンベヤ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の頂部は、下部と実質的に同様の形状である。一実施形態では、頂部の下部開口部は、下部の頂部開口部よりも広い。一実施形態では、頂部の長方形の下部開口部は、（コンベヤシステムの方向に沿って）約６．５フィート幅である。一実施形態では、頂部は、多孔質材料によって吸着されない、炭素回収ユニット５００を通過するすべてのガスを捕捉するように構成される。

【０１７１】

様々な実施形態では、炭素回収ユニットの下部の形状は、生物由来薬剤１２６／２２６を運ぶコンベヤのより広い表面積にわたってガス２０４を減速および分散させるのを助けることを理解されたい。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部分の正確な形状は、気相分離器パイプから来るガス分散の角度に依存

する。様々な実施形態では、ガスは、垂直から５度～３０度のフレア範囲で揚水されるときに、自然に膨張する傾向があることを理解されたい。一実施形態では、フレア角は、約１５度である。炭素回収ユニットの下部は、空気の閉じ込めまたは渦の形成を防止するために、可能な限り少ない折り目および角で構成されていることを理解されたい。

【０１７２】

一実施形態では、炭素回収ユニット５００は、上で論じられたように、気相分離器２００、およびＢＰＵ１０２／２０２に接続するように構成される。様々な実施形態では、炭素回収ユニット５００は、冷却反応器／ゾーン２１６／１１６の出力、またはＢＰＵ１０２／２０２の最後の冷却ゾーンもしくはＢＰＵの外側に接続される。一実施形態では、冷却反応器／ゾーン１１６／２１６の出力は、ＢＰＵ１０２／２０２で処理された生物由来薬剤を含む。一実施形態では、生物由来薬剤１２６／２２６は、好適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部および下部は、互いに接続され、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の開口部を通過し、次いで炭素回収における出口開口部を通過するように構成されていることを理解されたい。いくつかの実施形態では、炭素回収ユニットに出入りする入口および出口は、ガスがコンベヤ開口部を通って逃げるのを防止するために、エアロックまたは別の好適なシーリング機構で適切にシールされる。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（例えば、プロセスガスヒーターにおいて）または不活性ガスとして（例えば、脱気ユニット、反応器、ＢＰＵ、もしくは冷却器において）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（例えば、プロセスガスヒーターにおいて）、不活性ガスとして（例えば、脱気ユニット、反応器、ＢＰＵ、もしくは冷却器において）、または二次回収ユニットで使用され得る。

【０１７３】

様々な実施形態では、プロセスは、最初に、冷却反応器／ゾーン１１６／２１６からの好適な排出機構を使用して、冷却ゾーン１１６／２１６から輸送システムに生物由来薬剤１２６／２２６を出力することによって動作する。一実施形態では、生物由来薬剤１２６／２２６は、輸送システムの幅全体に広げられて、材料の積み重ねまたは束になるのを最小限に抑え、ガス吸収のための表面積を最大にする。生物由来薬剤１２６／２２６が堆積され、輸送システム上に好適に拡散される時点で、様々な実施形態では、輸送システムは、生物由来薬剤１２６／２２６を、上で論じられた下部と上部との間に画定された炭素回収ユニット１０４における開口部を通して輸送する。炭素回収ユニット１０４において、生物由来薬剤１２６／２２６は、気相分離器２００から炭素回収ユニット１０４の下部に配管されたガスを吸着する。生物由来薬剤が非極性ガスで濃縮された後、生物由来薬剤が高炭素生物由来薬剤になることを理解されたい。様々な実施形態では、高炭素生物由来薬剤は、本明細書に開示されるプロセスの最終生成物であり、炭素回収ユニット１０４から好適な貯蔵または後処理装置に輸送される。

【０１７４】

一実施形態では、濃縮ガス２０４がコンベヤおよび生物由来薬剤１２６／２２６を通過した後、得られたガスは、炭素回収ユニット１０４の上部で抽出される。様々な実施形態では、排気されたガス１３４は、好適なスクラバー、スタック、または回収システムに運び去られる。いくつかの実施形態では、排気ガスは、二次炭素回収ユニットでの使用またはエネルギーのためを含む、システム中の任意の再利用可能な品質のために利用される。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（例えば、プロセスガスヒーターにおいて）または不活性ガスとして（例えば、脱気ユニット、反応器、ＢＰＵ、もしくは冷却器において）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（例えば、プロセスガスヒーターにおいて）、不活性ガスとして（例えば、脱気ユニット、反応器、ＢＰＵ、もしくは冷却器において）、または二次回収ユニットで使用され得る。

【０１７５】
生物由来薬剤１２６／２２６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を理解されたい。濃縮ガス流２０４は、主に、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たい。様々な実施形態では、濃縮ガスが気相分離器から炭素回収ユニットに向けられるとき、ガス流量およびコンベヤ速度が、監視および制御されて、生物由来薬剤１２６／２２６中の非極性ガスの最大吸収を確実にする。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、気相分離器２００から炭素回収ユニット１０４に出力される濃縮ガス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。

【０１７６】
以下でより詳細に論じられるように、様々な実施形態では、炭素回収ユニットにおける生物由来薬剤１２６／２２６の滞留時間は、生物由来薬剤１２６／２２６の組成ならびにガス流および組成に基づいて制御され、変動する。一実施形態では、生物由来薬剤は、１つ以上の炭素回収ユニットを２回以上通過する。様々な実施形態では、気相分離器からの濃縮空気の出力および炭素回収ユニット１０４からの排気空気の出力は、追加の炭素回収ユニットに迂回もしくは分岐するか、またはプロセスで使用するためのエネルギーもしくは不活性ガスのためにさらに精製もしくは使用することができる。

【０１７７】
より一般的に図６～１３を参照すると、本開示の様々な実施形態が図示され、論じられる。図６～１３に関して以下に論じられる様々な実施形態および代替案は、上で論じられた図１～５の実施形態に適用され、逆もまた同様であることを理解されたい。

【０１７８】
ここで、具体的には、図６を参照すると、この実施形態は、２つ～より多くの複数の異なるゾーンを有する単一反応器を含むＢＰＵを利用することができる。例証的な実施形態では、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を用いることができる。一実施形態では、各ゾーンは、材料輸送ユニット（図示せず）を介して少なくとも１つの他のゾーンに接続されている。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。

【０１７９】
具体的には、図６に図示される一実施形態では、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ＢＰＵ６０６、冷却器６１４、ならびに炭素回収ユニット６１６を含む。図６の冷却器６１４は、ＢＰＵ６０６の外側にあり、ＢＰＵ６０６内に存在する冷却ゾーン６１０に追加されていることを理解されたい。

【０１８０】
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ＢＰＵ６０６との間に任意選択の乾燥機を含む。様々な実施形態では、ＢＰＵ６０６は、複数のゾーンを含む。図６では、ＢＰＵ６０６は、熱分解ゾーン６０８および冷却ゾーン６１０を含む。ＢＰＵ６０６はまた、少なくとも凝縮性蒸気および非凝縮性ガス６１２を含む、複数のゾーン６０８、６１０に物質を追加し、それらから様々な物質を除去するための少なくとも複数の入口および出口を含む。以下で論じられ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つ以上がＢＰＵ６０６によって密閉されていることを理解されたい。

【０１８１】
ここで、図７を参照すると、一実施形態のシステム７００が図示され、論じられる。システム７００は、材料供給システム７０２、予熱器７０６、熱分解反応器７０８、冷却器７１４、および炭素回収ユニット７１６を含む単一反応器システムを含む。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

乾燥機７０４を含む。図７で分かるように、一実施形態の熱分解反応器７０８は、熱分解反応器７０８から物質を出力するための少なくとも１つのガス入口７１０および少なくとも１つの出口７１２を含む。様々な実施形態では、出口７１２を通して出力される物質は、凝縮性蒸気および／または非凝縮性ガスを含む。熱分解反応器７０８は、本明細書で詳細に論じられていない１つ以上のゾーンを含むことができることを理解されたい。様々な実施形態では、システム７００は、熱分解反応器７０８に加えて、１つ以上の反応器を含む。

【０１８２】

ここで、図８を参照すると、一実施形態の単一反応器、複数ゾーンＢＰＵシステム８００が図示され、論じられる。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ＢＰＵ８０８、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。上で論じられた実施形態と同様に、図８はまた、材料供給システム８０２とＢＰＵ８０８との間に位置する任意選択の乾燥機８０４を含む。乾燥機８０４からの水分８０６は、乾燥プロセス中に除去されることを理解されたい。図８はまた、ＢＰＵ８０８の外側で、材料濃縮ユニット８１８の前に任意選択の冷却器８１６を含む。以下でより詳細に論じられるように、材料濃縮ユニット８１８は、ＢＰＵからの凝縮性蒸気および非凝縮性ガスを運ぶＢＰＵ８０８のガス出口８１４と連通している。図８に図示される様々な実施形態は、材料濃縮ユニット８１８から分離した炭素回収ユニット８２０を含むことを理解されたい。上で論じられたように、様々な実施形態では、図８の炭素回収ユニット８２０は、濃縮された材料が材料濃縮ユニット８１８に続いて貯蔵され、炭素回収ユニット８２０が材料をさらに濃縮しない適切な容器である。

【０１８３】

様々な実施形態では、任意選択のプロセスガスヒーター８２４が、システムに配置され、ＢＰＵ８０８に取り付けられていることを理解されたい。様々な実施形態では、ＢＰＵ８０８からの蒸気または他のオフガスは、空気、天然ガス、および窒素のいずれか１つ以上の外部供給源とともに、任意選択のプロセスガスヒーター８２４に入力される。以下で論じられるように、様々な実施形態では、プロセスガスヒーター８２４からの空気放出は、熱またはエネルギー回収システムとして乾燥機８０４に入力される。

【０１８４】

ここで、図９を参照すると、一実施形態のシステム９００のＢＰＵ９０８が図示され、論じられる。ＢＰＵ９０８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ＢＰＵ９０８はまた、ゾーン９０４、９１０、９１４のうちの１つ以上と連通している少なくとも１つのガス入口９０６のゾーンのうちの１つと連通している材料供給システム９０２を含む。様々な実施形態では、以下で論じられるように、ゾーンのうちの１つは、一実施形態では、物質、凝縮性蒸気、および／または非凝縮性ガスを出力するための少なくとも１つの出口９１２も含む。様々な実施形態では、ゾーンのうちの１つは、システム９００から高度な炭素を出力するための出口も含む。

【０１８５】

図９は、予熱ゾーン９０４に接続されているガス入口９０６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み合わせへの入口を含むことを理解されたい。同様に、ガス状出口９１２は、熱分解ゾーン９１０から来るが、様々な実施形態は、３つのゾーンの任意の組み合わせのうちの１つ以上からの出口を含むことを理解されたい。以下で論じられるように、企図される様々な実施形態は、ＢＰＵ内の入力および出力を含む：例えば、熱分解ゾーン９１０の出口は、次いで、予熱ゾーン９０４に入力される。図示の実施形態では、ＢＰＵ中の反応器のそれぞれは、上で論じられたように、材料供給システムを介して互いに接続されていることを理解されたい。

【０１８６】

様々な実施形態では、ＢＰＵ９０８の予熱ゾーン９０４は、バイオマスを「衝撃」しない方法でバイオマス９０２（または別の炭素含有原料）を供給するために構成され、これ

は、細胞壁を破壊し、蒸気およびガスへの固相の高速分解を開始する。一実施形態では、予熱ゾーン９０４は、穏やかな熱分解と考えることができる。

【０１８７】

様々な実施形態では、ＢＰＵ９０８の熱分解ゾーン９１０は、一次反応ゾーンとして構成され、予熱された材料は、ガスおよび凝縮性蒸気を放出するために熱分解化学を受け、高炭素反応中間体である固体材料をもたらす。バイオマス成分（主にセルロース、ヘミセルロース、およびリグニン）は、分解して蒸気を作製し、これは細孔を貫通するか、または新しいナノ細孔を作製することによって漏れる。後者の効果は、多孔質および表面積の作製に貢献する。

【０１８８】

様々な実施形態では、ＢＰＵ９０８の冷却ゾーン９１４は、高炭素反応中間体を受容し、固体を冷却するように構成される、すなわち、冷却ゾーン９１４は、熱分解ゾーン９１０よりも低い温度になる。冷却ゾーン９１４では、化学的性質および大量輸送が複雑になる可能性がある。様々な実施形態では、二次反応は、冷却ゾーン９１４で生じる。気相にある炭素－－含有成分は、追加の固定炭素を形成し、かつ／または炭素に吸着することができる。したがって、高度な炭素９１６は、単に処理ステップの固体の脱気された残留物ではなく、炭素を形成することができる有機蒸気（例えば、タール）の分解などによって気相から堆積された追加の炭素を含む。

【０１８９】

ここで、図１０～１３を参照すると、システムの様々な複数の反応器の実施形態が図示され、論じられる。実施形態のそれぞれと同様に、システムは、以下でより詳細に論じられるように、任意選択の脱気装置および任意選択の乾燥機を含む。図１０を参照すると、システム１０００は、材料供給システム１００２、熱分解反応器１０１２、冷却反応器１０１８、冷却器１０２０、および炭素回収ユニット１０２２を含む。以下でさらに論じられるように、ガス源１０１６は、熱分解反応器１０１２および冷却反応器１０１８の一方または両方にガスを入力するように構成される。様々な実施形態では、熱分解反応器は、少なくとも凝縮性蒸気および／または非凝縮性ガスを出力するための出口を含む。様々な実施形態では、炭素回収ユニット１０２２は、システム１０００から多孔質炭素を出力するための出口１０２４を含む。

【０１９０】

少なくとも図１０～１３に図示される様々な実施形態では、図示されるシステムは、任意選択の脱気装置および任意選択の乾燥機を含むことを理解されたい。例えば、破線で表される図１０で分かるように、任意選択の脱気装置１００４は、材料供給システム１００２と熱分解反応器１００２との間のシステム１０００に接続されている。同様に、乾燥機１００６は、材料供給システム１００２と熱分解反応器１０１２との間のシステム１０００に接続されている。様々な実施形態では、乾燥機１００６および脱気装置１００４はまた、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、乾燥機、および熱分解反応器を通る任意の数の異なる経路をたどることができるように、互いに接続されている。いくつかの実施形態では、材料は、任意選択の脱気装置１００４および乾燥機１００６のうちの１つのみを通過することを理解されたい。

【０１９１】

いくつかの実施形態では、図１０を参照して、高炭素生物由来薬剤を製造するためのプロセスは、以下のバイオマスを含む炭素含有原料を提供するステップと、任意選択で、原料を乾燥させて、原料内に含有される水分の少なくとも一部を除去するステップと、任意選択で、原料を脱気して、存在する場合、原料内に含有される間隙内酸素の少なくとも一部を除去するステップと、実質的に不活性な気相の存在下で、少なくとも約１０分間および約２５０℃～約７００℃から選択される少なくとも１つの温度で、原料を熱分解して、高温の熱分解された固体、凝縮性蒸気、および非凝縮性ガスを生成するステップと、凝縮性蒸気の少なくとも一部および非凝縮性ガスの少なくとも一部を、高温の熱分解された固体から分離するステップと、高温の熱分解された固体を冷却して、低温の熱分解された固

体を生成するステップと、低温の熱分解された固体の少なくとも一部を含む高炭素生物由来薬剤を回収するステップと、を含む。

【０１９２】

ここで、図１１を参照すると、一実施形態の複数反応器システム１１００が図示されている。上で論じられ、図１０に図示されている実施形態と同様に、この実施形態は、材料供給システム１１０２、熱分解反応器１１１２、冷却反応器１１１８、および炭素回収ユニット１１２４を含む。図１１の図示の実施形態では、冷却器１１２０は、任意選択であり、材料濃縮ユニット１１２２は、任意選択の冷却器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、別個の炭素回収ユニット１１２４に続く前に、材料を濃縮し、これは材料をさらに濃縮しても、しなくてもよいことを理解されたい。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機１１０６が、材料供給システム１１０２と熱分解反応器１１１２との間に配置されている。図示の実施形態では、熱分解反応器１１１２はまた、凝縮性蒸気および非凝縮性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出口１１１４を含む。

【０１９３】

様々な実施形態は、最終製品の炭素含有量を濃縮するために、冷却された炭素が炭素含有種を含む環境に供される別個の材料濃縮ユニット８１８、１１２２を含むことによって、追加の炭素形成の概念を拡張する。このユニットの温度が熱分解温度よりも低い場合、追加の炭素は、追加の固定炭素ではなく、吸着された炭素質種の形態であると予想される。

【０１９４】

ここで、図１４を参照すると、一実施形態の単一反応器バイオマス処理ユニット１４００が図示されている。ユニット１４００は、原料１４０２が供給されるホッパー１４０４を備える。ホッパー１４０４は、任意選択で、原料１４０２を反応器１４１２に搬送する前に、反応器オフガス（例えば、蒸気流１４１４）および／または添加剤および／または外部供給源１４６２から原料１４０２へのガスの添加および／または混合を可能にするように構成される。活性炭１４２６は、反対側の端で出る前に、反応器１４１２を通って機械的に搬送される。蒸気、窒素、二酸化炭素、またはそれらの組み合わせ１４５２は、バイオマス経路と比較して向流方式で反応器１４１２に導入される。蒸気流１４１４は、反応器１４１２から少なくとも部分的に除去され、任意選択で、ホッパー１４０４に供給され、次いで熱酸化装置１４２４に供給される。熱交換器１４５４は、熱酸化装置の放出からの熱を、窒素および／または二酸化炭素を含むことができるガス流１４５８を加熱することを可能にする。ガス流１４５８またはその一部は、経路１４６０を介して反応器１４１２に、および／または任意選択で、反応器１４１２（図示せず）に入る前に原料１４０２に再循環される。オフガス１４５６は、例えば、スタックを通して、標準的な方法に従って廃棄することができる。

【０１９５】

ここで、図１５を参照すると、一実施形態の２反応器バイオマス処理ユニット１５００が図示されている。ユニット１５００は、図１４に関して上記した処理ユニット１４００と実質的に同様に構成された第１のマルチゾーン反応器ユニット１５１２Ａを備える。しかしながら、この実施形態では、反応器１５１２Ａによって製造された生物由来活性炭１５２６Ａの少なくとも一部は、ホッパー１５０４に供給され、次いで経路１５０２を介して第２の反応器１５１２Ｂに供給される。第１の反応器１５１２Ａ、熱酸化器１５２４、および熱交換器１５５４によって製造された、任意選択で熱酸化され、任意選択で調整された蒸気流１５６０の少なくとも一部が、向流で第２の反応器１５１２Ｂに供給される。任意選択で、第２の反応器１５１２Ｂからのオフガスの少なくとも一部は、経路１５７２を介して再循環されて、第２の反応器１５１２Ｂを間接的に加熱する。あるいは、または加えて、熱として再循環されないオフガスの部分は、経路１５５６Ｂを介して、例えば、スタックによって廃棄することができる。生物由来活性炭生成物は、経路１５２６Ｂを介して第２の反応器１５１２Ｂを出る。

【０１９６】
以下で詳細に説明するように、任意の特定の反応器中に存在する１つ以上の相の中間入力および出力（パージまたはプローブ）流、様々な質量およびエネルギーリサイクルスキーム、プロセスのどこにでも導入され得る様々な添加剤、生成物の分布を調整するための反応条件および分離条件の両方を含むプロセス条件の調整可能性などに関して、多数のオプションが存在する。ゾーンまたは反応器固有の入力および出力流により、ＦＴＩＲサンプリングおよび動的プロセス調整などを通じて、優れたプロセス監視および制御が可能になる。
【０１９７】
本開示は、高速熱分解とは異なり、かつ従来の低速熱分解とも異なる。固定炭素の割合が高い組成物を含む、本開示における高品質の炭素材料は、開示されたプロセスおよびシステムから得られ得る。
【０１９８】
例示的な使用
シリコン製品は、多孔質炭素およびある形態の二酸化ケイ素を炉中で使用して製造することができる。一般に、シリコン製造炉に導入される二酸化ケイ素は、比較的大きい必要がある（例えば、テニスボールサイズ）。シリカフュームおよび生シリコン（川の岩石）は、どちらも、製品が炉中で電極に向かって「沈む」ことを可能にするより大きなカーボンロッドに組み合わされた場合にのみ、シリコン製造炉で使用することができる。原料は、基本的に川の岩石である。十分な純度および有用なサイズの両方である川の岩石の供給は限定される。この問題を克服する組成物が本明細書に開示される。
【０１９９】
驚くべきことに、本発明者らは、（１）本明細書に記載の組成物が、シリコン製造炉、例えば、電気アーク炉および水中アーク炉でこれまで使用することができたものよりも高い純度および／または小さな（より安価な）二酸化ケイ素源の使用を可能にし、（２）高密度化された組成物中の炭素と二酸化ケイ素との近接は、シリコンへのより効率的な変換をもたらし（したがって、高密度化によって実現されるより近接は、重要な構造的側面である）、かつ（３）組成物は、それらのより高い純度（より高い純度は、重要な構造的側面である）のために、組成物を使用して製造される任意の最終的なシリコン製品の全体的な品質を改善することを見出した。
【０２００】
本明細書に記載の実施例および実施形態は、例示のみを目的としており、特許請求される発明の範囲を限定することを意図するものではないことが理解される。本明細書に記載の実施例および実施形態に照らして様々な修正または変更が当業者に提案され、本出願の趣旨および範囲ならびに添付の特許請求の範囲内に含まれることも理解される。本明細書で引用されたすべての刊行物、特許、および特許出願は、すべての目的のためにその全体が参照により本明細書に組み込まれる。
【０２０１】
本明細書で引用されるすべての刊行物、特許、および特許出願は、あたかも各刊行物、特許、または特許出願が具体的かつ個別に本明細書に記載されているかのように、その全体が参照により本明細書に組み込まれる。
【０２０２】
上記の方法およびステップが特定の順序で生じる特定の事象を示す場合、当業者は、特定のステップの順序を変更することができ、そのような変更が本開示の変形に従うことを認識するであろう。さらに、特定のステップは、可能な場合は並行プロセスで同時に実行することも、または順次実行することもできる。
【０２０３】
本開示のいくつかの変形は、少なくとも部分的には、複数の反応器または単一反応器内の複数のゾーンは、熱分解からの炭素収率および生成物品質を最適化すると同時に、原料の変動および製品要件に対する柔軟性および調整可能性を維持するように設計され、動作

させることができる。

【０２０４】

上記の説明は、生物由来多孔質炭素の潜在的な用途に関していかなる方法でも制限するものとして解釈されるべきではない。生物由来多孔質炭素のガス流への注入は、石炭火力発電所、バイオマス火力発電所、金属処理プラント、原油精製所、化学プラント、ポリマープラント、パルプおよび製紙プラント、セメントプラント、廃棄物焼却炉、食品加工プラント、ガス化プラント、ならびに合成ガスプラントに由来するガス流または液体流における汚染物質排出の制御に有用であり得る。

【実施例】

【０２０５】

実施例１．二酸化ケイ素生物由来多孔質炭素組成物の調製－一般的な方法。

木質バイオマス（赤松おがくず）をホッパーに入れ、任意選択で乾燥機に搬送し、そこで木材中の水分を１５％未満に減らし、次いで、バイオマスを本明細書に記載の反応器システムに搬送し、そこでバイオマスを約３０分間、摂氏約６５０度に加熱し、主にＣＯ２およびＨ２Ｏを含んだガス流で活性化した。次いで、多孔質炭素を反応器から排出し、Ｎ２およびＨ２０で冷却し、ミキサーに搬送し、そこで２５重量％の二酸化ケイ素を導入し、多孔質炭素と約５分間混合した。次いで、混合二酸化ケイ素生物由来多孔質炭素組成物を押出機に搬送し、そこで約０．２５インチ×１インチのペレットに押出成形し、次いでこれを乾燥機に送り、約８パーセント未満の水分まで乾燥させた。

【０２０６】

具体的な実施形態が例示を目的として本明細書で説明されてきたが、本発明の範囲から逸脱することなく様々な修正が行われ得ることも理解されよう。したがって、本発明は、添付の特許請求の範囲による場合を除いて限定されない。

【０２０７】

段落Ａ．乾燥ベースで、少なくとも約５０重量％の総炭素、最大で約５重量％の水素、最大で約１重量％の窒素、最大で約０．５重量％のリン、最大で約０．２重量％の硫黄、最大で約０．０２重量％のチタン、最大で約０．５％のカルシウム、最大で約０．１％のアルミニウム、および二酸化ケイ素を含み、総炭素が、生物由来炭素を含む、高炭素生物由来薬剤組成物。

【０２０８】

段落Ｂ．乾燥ベースで、少なくとも約５０重量％の総炭素、最大で約５重量％の水素、最大で約１重量％の窒素、最大で約０．５重量％のリン、最大で約０．２重量％の硫黄、最大で約０．０２重量％のチタン、最大で約０．５％のカルシウム、最大で約０．１％のアルミニウム、および二酸化ケイ素を含み、二酸化ケイ素が、川の岩石内に含まれ、総炭素が、生物由来炭素を含む、高炭素生物由来薬剤組成物。

【０２０９】

段落Ｃ．乾燥ベースで、少なくとも約５０重量％の総炭素、最大で約５重量％の水素、最大で約１重量％の窒素、最大で約０．５重量％のリン、最大で約０．２重量％の硫黄、最大で約０．０２重量％のチタン、最大で約０．５％のカルシウム、最大で約０．１％のアルミニウム、および二酸化ケイ素を含み、二酸化ケイ素が、シリカフューム内に含まれ、総炭素が、生物由来炭素を含む、高炭素生物由来薬剤組成物。

【０２１０】

段落Ｄ．二酸化ケイ素が、川の岩石内に含まれる、パラＡの高炭素生物由来薬剤組成物。

【０２１１】

段落Ｅ．二酸化ケイ素が、シリカフューム内に含まれる、パラＡの高炭素生物由来薬剤組成物。

【０２１２】

段落Ｆ．少なくとも約６５重量％の総炭素を含む、パラＡ～Ｅのいずれか１つの高炭素生物由来薬剤組成物。

【０２１３】

段落Ｇ．少なくとも約７０重量％の総炭素を含む、パラＡ～Ｆのいずれか１つの高炭素生物由来薬剤組成物。
【０２１４】
段落Ｈ．少なくとも約９５重量％の総炭素を含む、パラＡ～Ｇのいずれか１つの高炭素生物由来薬剤組成物。
【０２１５】
段落Ｉ．少なくとも約１５重量％の二酸化ケイ素を含む、パラＡ～Ｈのいずれか１つの高炭素生物由来薬剤組成物。
【０２１６】
段落Ｊ．少なくとも約２５重量％の二酸化ケイ素を含む、パラＡ～Ｊのいずれか１つの高炭素生物由来薬剤組成物。
【０２１７】
段落Ｋ．少なくとも約１重量％の二酸化ケイ素を含む、パラＡ～Ｊのいずれか１つの高炭素生物由来薬剤組成物。
【０２１８】
段落Ｌ．高炭素生物由来薬剤組成物が、押出成形されている、パラＡ～Ｋのいずれか１つの高炭素生物由来薬剤組成物。
【０２１９】
段落Ｍ．高炭素生物由来薬剤組成物が、高密度化されている、パラＡ～Ｌのいずれか１つの高炭素生物由来薬剤組成物。
【０２２０】
段落Ｎ．高炭素生物由来薬剤組成物が、ペレット形状である、パラＡ～Ｍのいずれか１つの高炭素生物由来薬剤組成物。
【０２２１】
段落Ｏ．高炭素生物由来薬剤組成物が、少なくとも約０．６４ｃｍ（０．２５インチ）×約２．５ｃｍ（１．０インチ）～最大で約５．１ｃｍ（２．０インチ）×約１５ｃｍ（６．０インチ）の寸法を有する、パラＡ～Ｎのいずれか１つの高炭素生物由来薬剤組成物。
【０２２２】
段落Ｐ．高炭素生物由来薬剤組成物が、約５６０～約７２０ｋｇ／ｍ^3（３５～４５ポンド／立方フィート）のかさ密度を有する、パラＡ～Ｏのいずれか１つの高炭素生物由来薬剤組成物。
【０２２３】
段落Ｑ．高炭素生物由来薬剤組成物が、少なくとも約３００のヨウ素価を有する、パラＡ～Ｐのいずれか１つの高炭素生物由来薬剤組成物。
【０２２４】
段落Ｒ．乾燥ベースで、少なくとも約５０重量％の総炭素、最大で約５重量％の水素、最大で約１重量％の窒素、最大で約０．５重量％のリン、最大で約０．２重量％の硫黄、最大で約０．０２重量％のチタン、最大で約０．５％のカルシウム、最大で約０．１％のアルミニウム、および少なくとも約１５重量％の二酸化ケイ素を含み、二酸化ケイ素が、川の岩石内に含まれ、総炭素が、生物由来炭素を含み、かつ高炭素生物由来薬剤組成物が、高密度化されており、少なくとも約０．６４ｃｍ（０．２５インチ）×約２．５ｃｍ（１．０インチ）の寸法を有するペレット形状であり、約５６０～約７２０ｋｇ／ｍ^3（３５～４５ポンド／立方フィート）のかさ密度を有する、高炭素生物由来薬剤組成物。
【０２２５】
段落Ｓ．乾燥ベースで、少なくとも約５０重量％の総炭素、最大で約５重量％の水素、最大で約１重量％の窒素、最大で約０．５重量％のリン、最大で約０．２重量％の硫黄、最大で約０．０２重量％のチタン、最大で約０．５％のカルシウム、最大で約０．１％のアルミニウム、および少なくとも約１５重量％の二酸化ケイ素を含み、二酸化ケイ素が、シリカフューム内に含まれ、総炭素が、生物由来炭素を含み、かつ高炭素生物由来薬剤組成物が、高密度化されており、少なくとも約０．６４ｃｍ（０．２５インチ）×約２．５ｃ

ｍ（１．０インチ）の寸法を有するペレット形状であり、約５６０～約７２０ｋｇ／ｍ^3（３５～４５ポンド／立方フィート）のかさ密度を有する、高炭素生物由来薬剤組成物。

【０２２６】

段落Ｔ．高炭素生物由来薬剤を製造するためのプロセスであって、前記プロセスが、乾燥バイオマスを含む炭素含有原料を提供することと、予熱ゾーンにおいて、実質的に不活性なガスの存在下で、少なくとも約５分間および約８０℃～約５００℃から選択される予熱温度で、前記原料を予熱することと、熱分解ゾーンにおいて、実質的に不活性なガスの存在下で、少なくとも約１０分間および約２５０℃～約７００℃から選択される熱分解温度で、前記原料を熱分解して、高温の熱分解された固体、凝縮性蒸気、および非凝縮性ガスを生成することと、前記凝縮性蒸気の少なくとも一部および前記非凝縮性ガスの少なくとも一部を、前記高温の熱分解された固体から分離することと、冷却ゾーンにおいて、前記実質的に不活性なガスの存在下で、少なくとも約５分間および前記熱分解温度よりも低い冷却温度で、前記高温の熱分解された固体を冷却して、温かい熱分解された固体を生成することと、前記冷却ゾーンから分離した冷却器において、前記温かい熱分解された固体を冷却して、低温の熱分解された固体を生成することと、前記低温の熱分解された固体の少なくとも一部を含む高炭素生物由来薬剤を回収することと、を含み、二酸化ケイ素を前記プロセスに導入することをさらに含む、プロセス。

【０２２７】

段落Ｕ．前記原料を予熱する前に、前記原料を乾燥させて、存在する場合、前記原料内に含有される水分の少なくとも一部を除去することをさらに含む、パラＴのプロセス。

【０２２８】

段落Ｖ．前記原料を予熱する前に、前記原料を脱気して、存在する場合、前記原料内に含有される分子状酸素の少なくとも一部を除去することをさらに含む、パラＴまたはＵのプロセス。

【０２２９】

段落Ｗ．二酸化ケイ素を導入することが、シリカフュームを導入することを含む、パラＴ～Ｖのいずれか１つのプロセス。

【０２３０】

段落Ｘ．二酸化ケイ素を導入することが、川の岩石を導入することを含む、パラＴ～Ｗのいずれか１つのプロセス。

【０２３１】

段落Ｙ．高密度化をさらに含む、パラＴ～Ｘのいずれか１つのプロセス。

【０２３２】

段落Ｚ．高炭素生物由来薬剤を加圧、結合、ペレット化、押出成形、または凝集させることをさらに含む、パラＴ～Ｙのいずれか１つのプロセス。

本件出願は、以下の態様の発明を提供する。

（態様１）

高炭素生物由来薬剤組成物であって、乾燥ベースで、
少なくとも約５０重量％の総炭素、
最大で約５重量％の水素、
最大で約１重量％の窒素、
最大で約０．５重量％のリン、
最大で約０．２重量％の硫黄、
最大で約０．０２重量％のチタン、
最大で約０．５％のカルシウム、
最大で約０．１％のアルミニウム、および
二酸化ケイ素を含み、
前記総炭素が、生物由来炭素を含む、高炭素生物由来薬剤組成物。

（態様２）

高炭素生物由来薬剤組成物であって、乾燥ベースで、

少なくとも約５０重量％の総炭素、
最大で約５重量％の水素、
最大で約１重量％の窒素、
最大で約０．５重量％のリン、
最大で約０．２重量％の硫黄、
最大で約０．０２重量％のチタン、
最大で約０．５％のカルシウム、
最大で約０．１％のアルミニウム、および
二酸化ケイ素を含み、
前記二酸化ケイ素が、川の岩石内に含まれ、
前記総炭素が、生物由来炭素を含む、高炭素生物由来薬剤組成物。

（態様３）
高炭素生物由来薬剤組成物であって、乾燥ベースで、
少なくとも約５０重量％の総炭素、
最大で５重量％の水素、
最大で１重量％の窒素、
最大で約０．５重量％のリン、
最大で約０．２重量％の硫黄、
最大で約０．０２重量％のチタン、
最大で約０．５％のカルシウム、
最大で約０．１％のアルミニウム、および
二酸化ケイ素を含み、
前記二酸化ケイ素が、シリカフューム内に含まれ、
前記総炭素が、生物由来炭素を含む、高炭素生物由来薬剤組成物。

（態様４）
前記二酸化ケイ素が、川の岩石内に含まれる、態様１に記載の高炭素生物由来薬剤組成物。

（態様５）
前記二酸化ケイ素が、シリカフューム内に含まれる、態様１に記載の高炭素生物由来薬剤組成物。

（態様６）
少なくとも約６５重量％の総炭素を含む、態様１～５のいずれか一項に記載の高炭素生物由来薬剤組成物。

（態様７）
少なくとも約７０重量％の総炭素を含む、態様１～６のいずれか一項に記載の高炭素生物由来薬剤組成物。

（態様８）
少なくとも約９５重量％の総炭素を含む、態様１～７のいずれか一項に記載の高炭素生物由来薬剤組成物。

（態様９）
少なくとも約１５重量％の二酸化ケイ素を含む、態様１～７のいずれか一項に記載の高炭素生物由来薬剤組成物。

（態様１０）
少なくとも約２５重量％の二酸化ケイ素を含む、態様１～６のいずれか一項に記載の高炭素生物由来薬剤組成物。

（態様１１）
少なくとも約１重量％の二酸化ケイ素を含む、態様１～８のいずれか一項に記載の高炭素生物由来薬剤組成物。

（態様１２）
前記高炭素生物由来薬剤組成物が、押出成形されている、態様１～１１のいずれか一項

に記載の高炭素生物由来薬剤組成物。
（態様１３）
前記高炭素生物由来薬剤組成物が、高密度化されている、態様１～１２のいずれか一項に記載の高炭素生物由来薬剤組成物。
（態様１４）
前記高炭素生物由来薬剤組成物が、ペレット形状である、態様１～１３のいずれか一項に記載の高炭素生物由来薬剤組成物。
（態様１５）
前記高炭素生物由来薬剤組成物が、少なくとも約０．６４ｃｍ（０．２５インチ）×約２．５ｃｍ（１．０インチ）～最大で約５．１ｃｍ（２．０インチ）×約１５ｃｍ（６．０インチ）の寸法を有する、態様１～１４のいずれか一項に記載の高炭素生物由来薬剤組成物。
（態様１６）
前記組成物が、約５６０～約７２０ｋｇ／ｍ^3（３５～４５ポンド／立方フィート）のかさ密度を有する、態様１～１５のいずれか一項に記載の高炭素生物由来薬剤組成物。
（態様１７）
前記高炭素生物由来薬剤組成物が、少なくとも約３００のヨウ素価を有する、態様１～３のいずれか一項に記載の高炭素生物由来薬剤組成物。
（態様１８）
高炭素生物由来薬剤組成物であって、乾燥ベースで、
少なくとも約５０重量％の総炭素、
最大で約５重量％の水素、
最大で約１重量％の窒素、
最大で約０．５重量％のリン、
最大で約０．２重量％の硫黄、
最大で約０．０２重量％のチタン、
最大で約０．５％のカルシウム、
最大で約０．１％のアルミニウム、および
少なくとも約１５重量％の二酸化ケイ素を含み、
前記二酸化ケイ素が、川の岩石内に含まれ、
前記総炭素が、生物由来炭素を含み、
前記高炭素生物由来薬剤組成物が、高密度化されており、少なくとも約０．６４ｃｍ（０．２５インチ）×約２．５ｃｍ（１．０インチ）の寸法を有するペレット形状であり、かつ約５６０～約７２０ｋｇ／ｍ^3（３５～４５ポンド／立方フィート）のかさ密度を有する、高炭素生物由来薬剤組成物。
（態様１９）
高炭素生物由来薬剤組成物であって、乾燥ベースで、
少なくとも約５０重量％の総炭素、
最大で約５重量％の水素、
最大で約１重量％の窒素、
最大で約０．５重量％のリン、
最大で約０．２重量％の硫黄、
最大で約０．０２重量％のチタン、
最大で約０．５％のカルシウム、
最大で約０．１％のアルミニウム、および
少なくとも約１５重量％の二酸化ケイ素を含み、
前記二酸化ケイ素が、シリカフューム内に含まれており、
前記総炭素が、生物由来炭素を含み、
前記高炭素生物由来薬剤組成物が、高密度化されており、少なくとも約０．６４ｃｍ（０．２５インチ）×約２．５ｃｍ（１．０インチ）の寸法を有するペレット形状であり、

かつ約５６０～約７２０ｋｇ／ｍ^3（３５～４５ポンド／立方フィート）のかさ密度を有する、高炭素生物由来薬剤組成物。

（態様２０）

高炭素生物由来薬剤を製造するためのプロセスであって、前記プロセスが、

乾燥バイオマスを含む炭素含有原料を提供することと、

予熱ゾーンにおいて、実質的に不活性なガスの存在下で、少なくとも約５分間および約８０℃～約５００℃から選択される予熱温度で、前記原料を予熱することと、

熱分解ゾーンにおいて、高温の熱分解された固体、凝縮性蒸気、および非凝縮性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分間および約２５０℃～約７００℃から選択される熱分解温度で、前記原料を熱分解することと、

前記凝縮性蒸気の少なくとも一部および前記非凝縮性ガスの少なくとも一部を、前記高温の熱分解された固体から分離することと、

冷却ゾーンにおいて、温かい熱分解された固体を生成するために、前記実質的に不活性なガスの存在下で、少なくとも約５分間および前記熱分解温度よりも低い冷却温度で、前記高温の熱分解された固体を冷却することと、

前記冷却ゾーンから分離した冷却器において、低温の熱分解された固体を生成するために、前記温かい熱分解された固体を冷却することと、

前記低温の熱分解された固体の少なくとも一部を含む高炭素生物由来薬剤を回収することと、を含み、

前記プロセスが、二酸化ケイ素を前記プロセスに導入することをさらに含む、プロセス。

（態様２１）

前記原料を予熱する前に、存在する場合、前記原料内に含有される水分の少なくとも一部を除去するために、前記原料を乾燥させることをさらに含む、態様２０に記載のプロセス。

（態様２２）

前記原料を予熱する前に、存在する場合、前記原料内に含有される分子状酸素の少なくとも一部を除去するために、前記原料を脱気することをさらに含む、態様２０または２１に記載のプロセス。

（態様２３）

二酸化ケイ素を導入することが、シリカフュームを導入することを含む、態様２０～２２のいずれか一項に記載のプロセス。

（態様２４）

二酸化ケイ素を導入することが、川の岩石を導入することを含む、態様２０～２３のいずれか一項に記載のプロセス。

（態様２５）

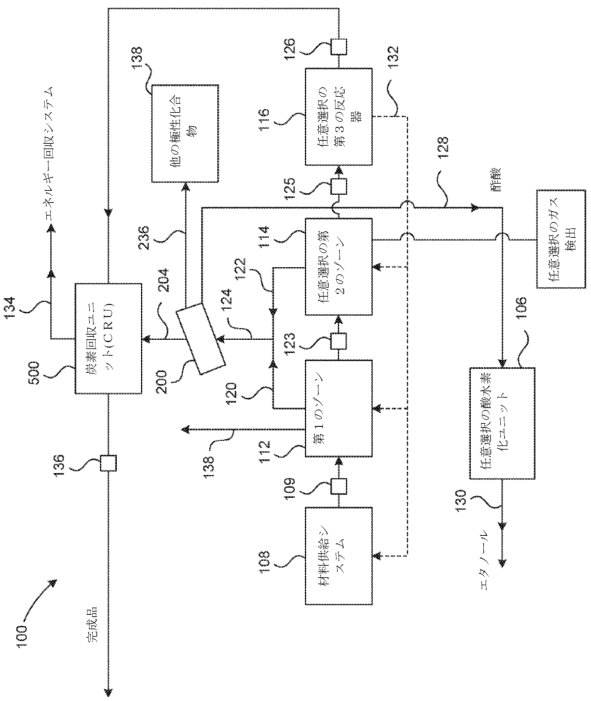
高密度化をさらに含む、態様２０～２４のいずれか一項に記載のプロセス。

（態様２６）

前記高炭素生物由来薬剤を加圧、結合、ペレット化、押出成形、または凝集させることをさらに含む、態様２０～２５のいずれか一項に記載のプロセス。

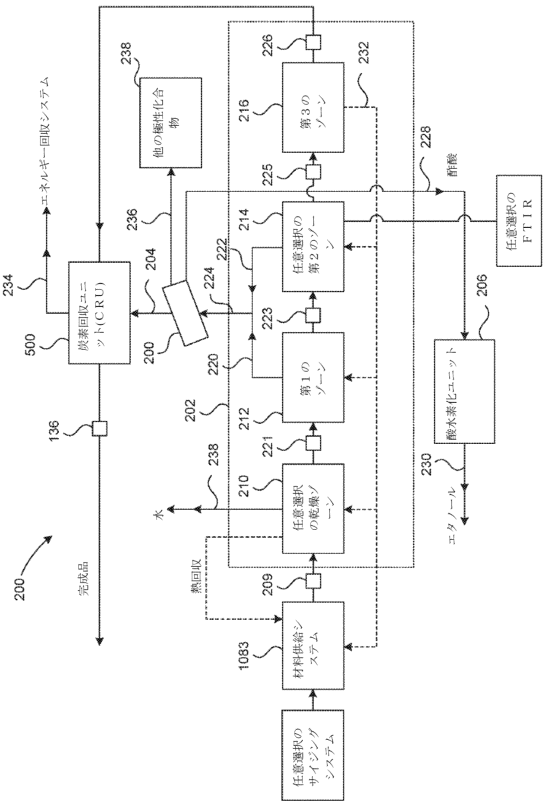
【図面】

【図１】



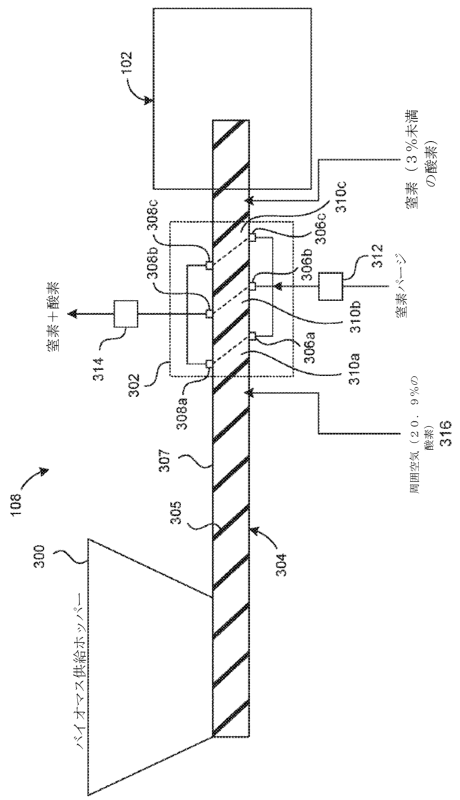
炭素回収ユニット(CRU)
エネルギー回収システム
他の極性化合物
任意選択の第３の反応器
任意選択の第２のゾーン
第１のゾーン
材料供給システム
任意選択の酸水素化ユニット
任意選択のガス検出
酢酸
エタノール
完成品

【図２】



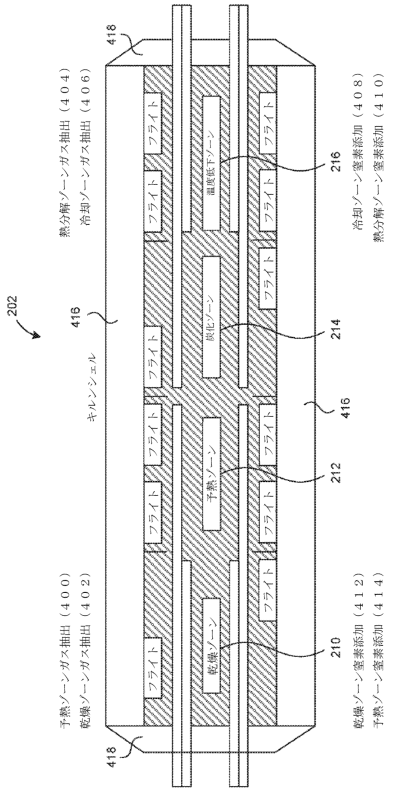
炭素回収ユニット(CRU)
エネルギー回収システム
他の極性化合物
第３のゾーン
任意選択の第２のゾーン
第１のゾーン
任意選択の乾燥ゾーン
材料供給システム
任意選択のサイジングシステム
任意選択のFTIR
酸水素化ユニット
酢酸
エタノール
水
熱回収
完成品

【図３】



窒素＋酸素
窒素（３％未満の酸素）
窒素パージ
周囲空気（２０．９％の酸素）
バイオマス供給ホッパー

【図４】



熱分解ゾーンガス抽出（４０４）
冷却ゾーンガス抽出（４０６）
冷却ゾーン窒素添加（４０８）
熱分解ゾーン窒素添加（４１０）
予熱ゾーンガス抽出（４００）
乾燥ゾーンガス抽出（４０２）
乾燥ゾーン窒素添加（４１２）
予熱ゾーン窒素添加（４１４）
キルンシェル
フライト
温度低下ゾーン
炭化ゾーン
予熱ゾーン
乾燥ゾーン

【図５】

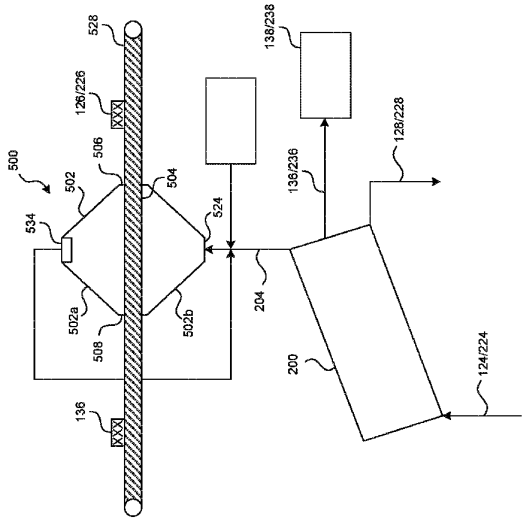
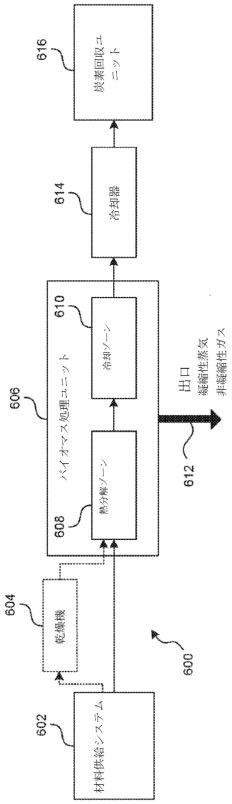
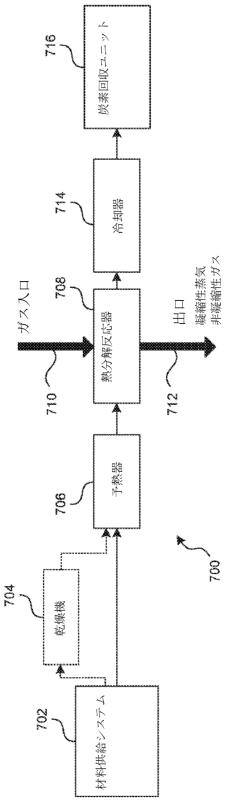


FIG. 5

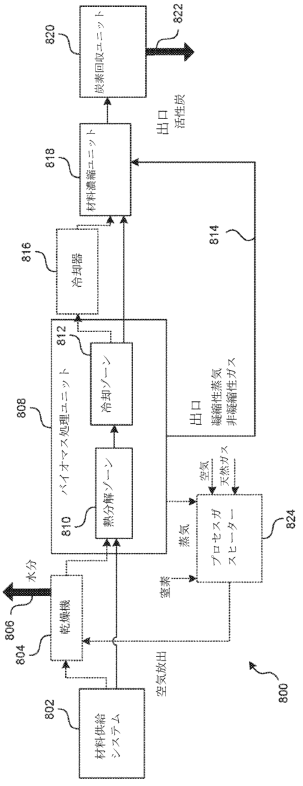
【図６】



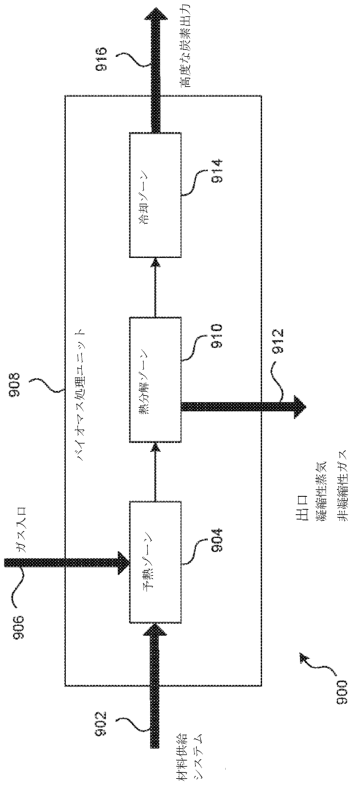
【図７】



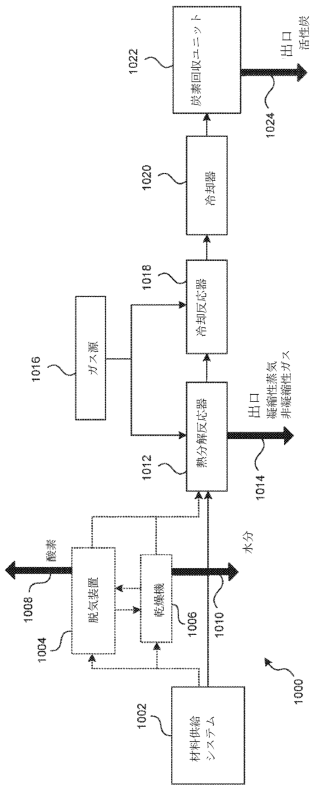
【図８】



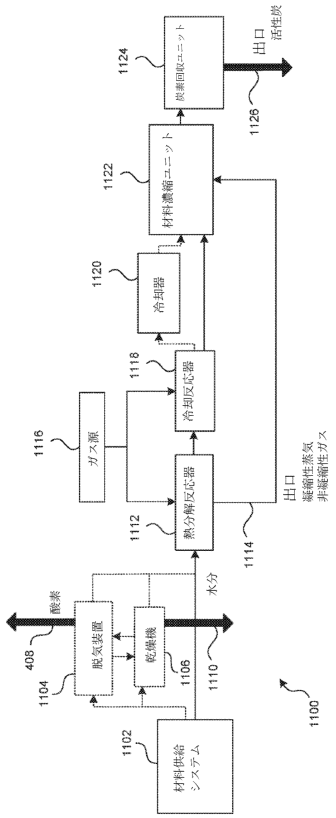
【図９】



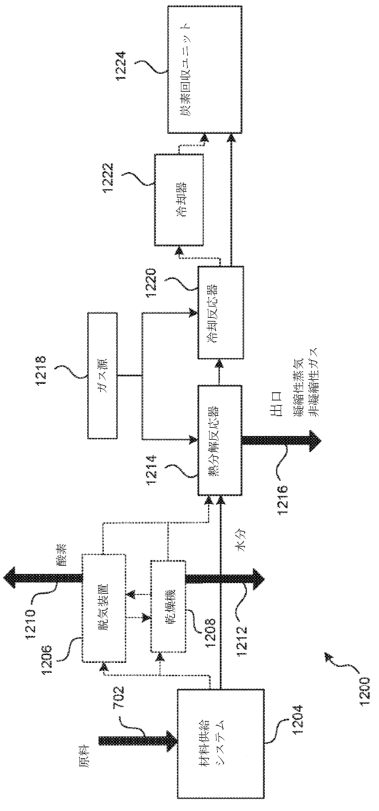
【図１０】



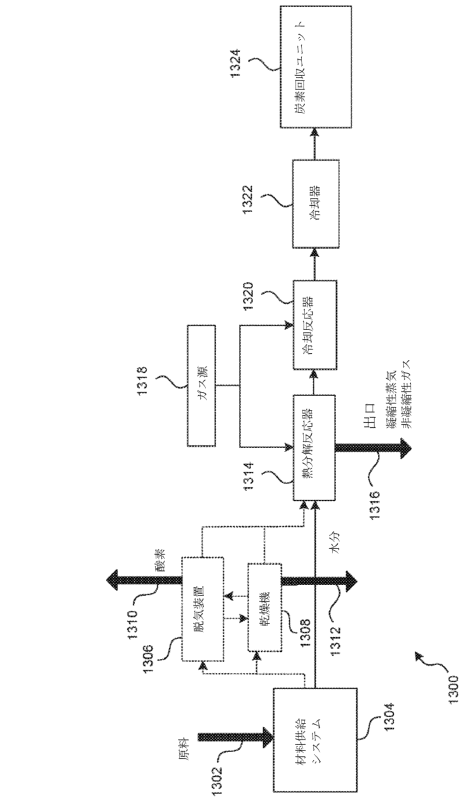
【図１１】



【図１２】



【図１３】



【図１４】

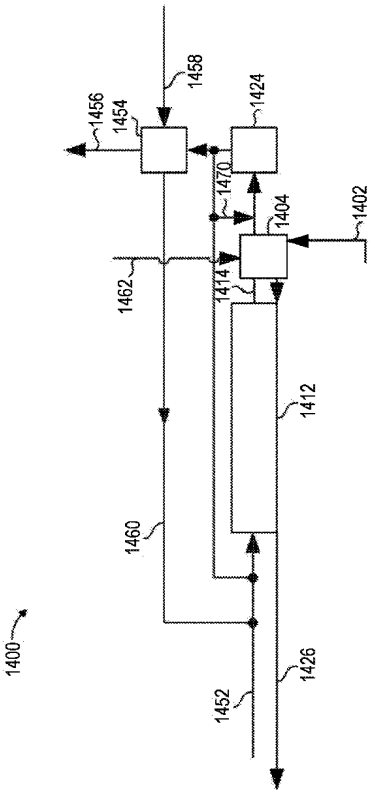


FIG. 14

【図１５】

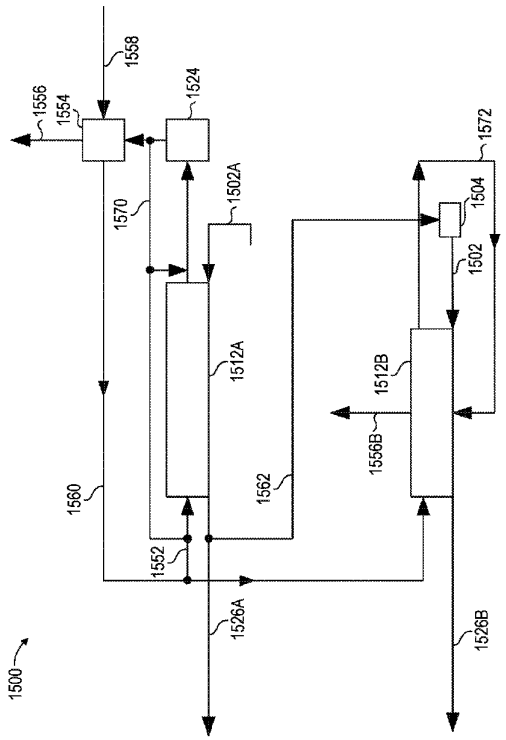


FIG. 15

フロントページの続き

(72)発明者　ダスティン スラック
アメリカ合衆国 ミネソタ州 ５５１２８ オークデール イメーション ウェイ １ シー／オー カーボン テクノロジー ホールディングス， エルエルシー

審査官　磯部 香

(56)参考文献　特開昭５６－１４００２２（ＪＰ，Ａ）
国際公開第２０１７／０４９０９０（WO，Ａ１）
特公昭５０－００８０１５（ＪＰ，Ｂ１）
特表２０１４－５１６３７７（ＪＰ，Ａ）
特開２０１３－０８２５８８（ＪＰ，Ａ）
特開昭５５－１３６１１６（ＪＰ，Ａ）
米国特許出願公開第２０１５／０１２６３６２（ＵＳ，Ａ１）

(58)調査した分野　(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｃ０１Ｂ　３２／３２４