

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7428472号
(P7428472)

(45)発行日 令和6年2月6日(2024.2.6)

(24)登録日 令和6年1月29日(2024.1.29)

(51)国際特許分類		F I	
C 0 1 B	32/348 (2017.01)	C 0 1 B	32/348
B 0 1 J	20/20 (2006.01)	B 0 1 J	20/20 A
B 0 1 J	20/30 (2006.01)	B 0 1 J	20/30
B 0 3 C	1/00 (2006.01)	B 0 3 C	1/00 B
B 0 3 C	1/01 (2006.01)	B 0 3 C	1/01
請求項の数 10 (全114頁) 最終頁に続く			
(21)出願番号	特願2018-240932(P2018-240932)	(73)特許権者	517405781
(22)出願日	平成30年12月25日(2018.12.25)		カーボン テクノロジー ホールディング
(62)分割の表示	特願2015-511634(P2015-511634)		ス, エルエルシー
原出願日	平成25年5月7日(2013.5.7)		アメリカ合衆国, ニューヨーク州 1 0
(65)公開番号	特開2019-77609(P2019-77609A)		0 3 6, ニューヨーク, 1 1 フロア,
(43)公開日	令和1年5月23日(2019.5.23)		ウエスト 4 6 番 ストリート 1 6, シ
審査請求日	平成31年1月22日(2019.1.22)		ー/オー サントン キャピタル パート
審判番号	不服2021-5583(P2021-5583/J1)	(74)代理人	100097456
審判請求日	令和3年4月30日(2021.4.30)		弁理士 石川 徹
(31)優先権主張番号	61/737,514	(72)発明者	ジェームス エー. メネル
(32)優先日	平成24年12月14日(2012.12.14)		アメリカ合衆国 ミネソタ州 5 5 1 1 0
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)	(72)発明者	デルウッド ドラル ロード 6
(31)優先権主張番号	61/643,741		ダニエル ジェイ. デスペン
	最終頁に続く		アメリカ合衆国 ミネソタ州 5 5 4 0 1
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 生物起源の活性炭ならびにそれを作製および使用する方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

エネルギーを生成するための方法であって、
(a)燃料及び生物起源の活性炭組成物を含む炭素含有供給原料混合物を提供する工程であって、該燃料が少なくとも1つの汚染物又はその前駆体を含む、前記工程、と、
(b)ガス相排出流が発生したときに、該生物起源の活性炭組成物が該少なくとも1つの汚染物の少なくとも一部を吸着し、これにより、汚染物吸着活性炭粒子が生成されることに基づいて、該炭素含有供給原料混合物を酸化して、これにより、エネルギー、及び排出が減少された前記少なくとも1つの汚染物を含むガス相排出流を発生させる工程を含む、前記方法。

【請求項 2】

前記炭素含有供給原料が、バイオマスを含むか、又は前記炭素含有供給原料が、石炭を含む、請求項 1 記載の方法。

【請求項 3】

前記炭素含有供給原料が、化石燃料、又はバイオマスと該化石燃料の混合物を含み、任意に、該炭素含有供給原料が、石炭、油頁岩、原油、アスファルト、原油処理からの固体、これらの組合せ、又はこれらの熱的に改質された形態、又はこれらの化学的に改質された形態を含む、請求項 1 又は 2 記載の方法。

【請求項 4】

前記少なくとも1つの汚染物が、水銀、ホウ素、セレン、ヒ素、これらの化合物、これ

らの塩、及びこれらの混合物からなる群から選択される金属を含む、請求項 1～3 のいずれか一項記載の方法。

【請求項 5】

前記少なくとも 1 つの汚染物が、有害な大気汚染物質又は揮発性有機化合物を含む、請求項 1～4 のいずれか一項記載の方法。

【請求項 6】

前記少なくとも 1 つの汚染物が、窒素酸化物、一酸化炭素、二酸化炭素、硫化水素、二酸化硫黄、三酸化硫黄、メタン、エタン、エチレン、オゾン、アンモニア、及びこれらの組み合わせからなる群から選択される非凝縮性ガスを含む、請求項 1～5 のいずれか一項記載の方法。

10

【請求項 7】

前記生物起源の活性炭組成物が、酸、塩基、塩、金属、金属酸化物、金属水酸化物、金属ハロゲン化物、ヨウ素、ヨウ素化合物、及びこれらの組み合わせからなる群から選択される添加物を含む、請求項 1～6 のいずれか一項記載の方法。

【請求項 8】

前記添加物が、マグネシウム、マンガン、アルミニウム、ニッケル、鉄、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、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、フルオライト、フルオロスパー、ベントナイト、酸化カルシウム、石灰、水酸化ナトリウム、水酸化カリウム、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、有機酸、ヨウ素、ヨウ素化合物、及びこれらの組み合わせからなる群から選択される、請求項 7 記載の方法。

20

【請求項 9】

前記生物起源の活性炭組成物が、少なくとも約 5,000 BTU/lb、少なくとも約 6,000 BTU/lb、少なくとも約 7,000 BTU/lb、少なくとも約 8,000 BTU/lb、少なくとも約 9,000 BTU/lb、少なくとも約 10,000 BTU/lb、少なくとも約 11,000 BTU/lb、少なくとも約 12,000 BTU/lb、又は少なくとも約 12,500 BTU/lb の熱価を有し、ここで、該生物起源の活性炭組成物が、5,000 BTU/lb の最小の熱価を有する、請求項 1～8 のいずれか一項記載の方法。

【請求項 10】

前記汚染物吸着活性炭粒子を熱酸化し、これによって、該汚染物吸着活性炭粒子を再生し、再生された汚染物吸着活性炭粒子を生成することを含み、任意に、該再生された汚染物吸着活性炭粒子を燃焼することを更に含む、請求項 1～9 のいずれか一項記載の方法。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

優先権の主張

本国際特許出願は、2012 年 5 月 7 日出願の米国仮特許出願第 61/643,741 号、2012 年 11 月 2 日出願の米国仮特許出願第 61/721,827 号、および 2012 年 12 月 14 日出願の米国仮特許出願第 61/737,514 号の優先権の利益を主張するものであり、これらはそれぞれ、参照によりその全体が本明細書に組み込まれる。

40

【0002】

本開示は、概して、生物起源の活性炭の生成のためのプロセス、システム、および装置、生物起源の活性炭、ならびに排出制御を含む生物起源の活性炭の使用に関する。

【背景技術】

【0003】

活性炭は、最初に 20 世紀初めに商業的に生成され、最初は糖を脱色するために、後に水から味と匂いを除去するために使用された。粒状活性炭は、最初にガスマスクのために開発され、後に溶媒回収および空気浄化等の様々なさらなる目的のために使用されている。活性炭を生成するためのプロセスは、概して大きなエネルギー入力を必要とし、低収率という欠点がある。多くのプロセスは、炭素質原材料の熱分解、その後の熱分解固体の活

50

性化といった2つのはっきりと異なるステップを必要とする。熱分解は、典型的には、低酸素環境下で炭素質基質を直接加熱することを伴う。活性化は、概して、熱分解固体の表面積を増加させるために蒸気または二酸化炭素の適用を伴う。

【発明の概要】

【0004】

一実施形態において、本開示は、乾燥ベースで、約55重量%以上の全炭素、約15重量%以下の水素、および約1重量%以下の窒素を含む生物起源の活性炭組成物を提供し、前述の活性炭組成物は、約500よりも高いヨウ素価（Iodine Number）を特徴とし、任意に、前述の組成物は、外部から印加された磁場に応答する。

【0005】

別の実施形態において、本開示は、乾燥ベースで、約55重量%以上の全炭素、約15重量%以下の水素、および約1重量%以下の窒素を含む生物起源の活性炭組成物を提供し、前述の活性炭組成物は、約500よりも高いヨウ素価を特徴とし、任意で、前述の炭素の少なくとも一部は、グラフェンの形態で存在する。

【0006】

別の実施形態において、本開示は、乾燥ベースで、約55重量%以上の全炭素、約15重量%以下の水素、約1重量%以下の窒素、および約0.0001重量%～約5重量%の鉄を含む生物起源の活性炭組成物を提供し、前述の炭素の少なくとも一部は、グラフェンの形態で存在し、前述の活性炭組成物は、約500よりも高いヨウ素価を特徴とし、前述の組成物は、外部から印加された磁場に応答する。

【0007】

別の実施形態において、本開示は、乾燥ベースで、約55重量%以上の全炭素、約15重量%以下の水素、約1重量%以下の窒素、および約0.1重量%～約5重量%の鉄を含む生物起源の活性炭組成物を提供し、前述の活性炭組成物は、約500よりも高いヨウ素価を特徴とし、前述の組成物は、外部から印加された磁場に応答する。

【0008】

別の実施形態において、本開示は、乾燥ベースで、約55重量%以上の全炭素、約15重量%以下の水素、および約1重量%以下の窒素を含む生物起源の活性炭組成物を提供し、前述の活性炭組成物は、約500よりも高いヨウ素価を特徴とし、前述の炭素の少なくとも一部は、グラフェンの形態で存在する。

【0009】

別の実施形態において、本開示は、約500よりも高いヨウ素価を特徴とする生物起源のグラフェン含有生成物を提供する。

【0010】

別の実施形態において、本開示は、グラフェンを含む組成物を提供し、前述のグラフェンは、乾燥ベースで、約55重量%以上の全炭素、約15重量%以下の水素、および約1重量%以下の窒素を含む生物起源の活性炭組成物に由来し、前述の炭素の少なくとも一部は、グラフェンの形態で存在する。

【0011】

別の実施形態において、本開示は、生物起源の活性炭を生成するための連続プロセスを提供し、前述のプロセスは、（a）バイオマスを含む炭素含有供給原料を提供することと、（b）任意に前述の供給原料を乾燥させて、前述の供給原料から水分の少なくとも一部を除去することと、（c）1つ以上の間接的に加熱された反応帯域において、前述の供給原料を、実質的に不活性のガスを含む蒸気流および水または二酸化炭素のうちの少なくとも一方を含む活性化剤と機械的に向流的に接触させて、固体、凝縮性蒸気、および非凝縮性ガスを発生させることと（前述の凝縮性蒸気および前述の非凝縮性ガスは前述の蒸気流に入る）、（d）前述の反応帯域から前述の蒸気流の少なくとも一部を除去して、分離された蒸気流を発生させることと、（e）前述の分離された蒸気流またはその熱的に処理された形態の少なくとも一部を、ステップ（c）の前に前述の供給原料に、かつ／または前述の反応帯域（複数可）のガス入口に再循環させることと、（f）生物起源の活性炭とし

10

20

30

40

50

て前述の反応帯域（複数可）から前述の固体の少なくとも一部を回収することを含む。

【0012】

別の実施形態において、本開示は、生物起源の活性炭を生成するための連続プロセスを提供し、前述のプロセスは、（a）バイオマスを含む炭素含有出発供給原料を提供することと、（b）任意に前述の炭素含有供給原料を乾燥させて、それから水分の少なくとも一部を除去することと、（c）1つ以上の間接的に加熱された反応帯域において、前述の供給原料機械的に運搬し、前述の供給原料を、実質的に不活性のガスを含む蒸気流および水または二酸化炭素のうちの少なくとも一方を含む活性化剤と向流的に接触させて、固体、凝縮性蒸気、および非凝縮性ガスを発生させることと（前述の凝縮性蒸気および前述の非凝縮性ガスは前述の蒸気流に入る）、（d）前述の反応帯域から前述の蒸気流の少なくとも一部を除去して、分離された蒸気流を発生させることと、（e）外部源からの炭素含有液体または蒸気流を、ステップ（c）の前に前述の供給原料に、かつ／または前述の反応帯域（複数可）のガス入口に導入することと、（f）生物起源の活性炭として前述の反応帯域（複数可）から前述の固体の少なくとも一部を回収することを含む。

10

【0013】

別の実施形態において、本開示は、グラフェン含有の生物起源の活性炭を生成するための連続プロセスを提供し、前述のプロセスは、（a）バイオマスを含む炭素含有出発供給原料を提供することと、（b）任意に前述の炭素含有供給原料を乾燥させて、前述の炭素含有供給原料から水分の少なくとも一部を除去することと、（c）1つ以上の間接的に加熱された反応帯域において、前述の供給原料を機械的に運搬し、前述の供給原料を、実質的に不活性のガスを含む蒸気流および水または二酸化炭素のうちの少なくとも一方を含む活性化剤と向流的に接触させて、固体、凝縮性蒸気、および非凝縮性ガスを発生させることと（前述の凝縮性蒸気および前述の非凝縮性ガスは前述の蒸気流に入る）、（d）前述の反応帯域から前述の蒸気流の少なくとも一部を除去して、分離された蒸気流を発生させることと、（e）前述の分離された蒸気流またはその熱的に処理された形態の少なくとも一部を、ステップ（c）の前に前述の供給原料に、かつ／または前述の反応帯域（複数可）のガス入口に再循環させることと、（f）前述の反応帯域（複数可）から前述の固体の少なくとも一部を回収することを含む、前述の固体は、グラフェン含有の生物起源の活性炭を含む。

20

【0014】

別の実施形態において、本開示は、グラフェン含有の生物起源の活性炭を生成するための連続プロセスを提供し、前述のプロセスは、（a）バイオマスを含む炭素含有出発供給原料を提供することと、（b）任意に前述の炭素含有供給原料を乾燥させて、前述の供給原料から水分の少なくとも一部を除去することと、（c）1つ以上の間接的に加熱された反応帯域において、前述の供給原料を機械的に運搬し、前述の供給原料を、実質的に不活性のガスを含む蒸気流および水または二酸化炭素のうちの少なくとも一方を含む活性化剤と向流的に接触させて、固体、凝縮性蒸気、および非凝縮性ガスを発生させることと（前述の凝縮性蒸気および前述の非凝縮性ガスは前述の蒸気流に入る）、（d）前述の反応帯域から前述の蒸気流の少なくとも一部を除去して、分離された蒸気流を発生させることと、（e）前述の分離された蒸気流またはその熱的に処理された形態の少なくとも一部を、ステップ（c）の前に前述の供給原料に、かつ／または前述の反応帯域（複数可）のガス入口に再循環させて、前述の固体中の炭素の表面積を増加させることと、（f）生物起源の活性炭として前述の反応帯域（複数可）から前述の固体の少なくとも一部を回収することを含む、前述の生物起源の活性炭は、乾燥ベースで、約55重量%以上の全炭素、約15重量%以下の水素、および約1重量%以下の窒素を含み、前述の生物起源の活性炭の少なくとも一部は、グラフェンの形態で存在し、前述の生物起源の活性炭組成物は、約500よりも高いヨウ素価を特徴とし、前述の生物起源の活性炭は、外部から印加された磁場に応答する。

30

40

【0015】

別の実施形態において、本開示は、ガス相排出流から少なくとも1つの汚染物を減少さ

50

せるか、または除去する方法を提供し、前述の方法は、（a）少なくとも1つの汚染物を含むガス相排出流を提供することと、（b）ガス相排出流を、添加物および生物起源の活性炭組成物を含む活性炭粒子と接触させて、汚染物吸着粒子を発生させることと、（c）前述のガス相排出流から前述の汚染物吸着粒子の少なくとも一部を分離して、汚染物が減少したガス相排出流を生成することとを含む。

【0016】

別の実施形態において、本開示は、生物起源の活性炭組成物を用いて水銀排出を減少させる方法を提供し、前述の方法は、（a）水銀を含むガス相排出流を提供することと、（b）ガス相排出流を、鉄または鉄含有化合物を含む生物起源の活性炭組成物を含む活性炭粒子と接触させて、水銀吸着炭素粒子を発生させることと、（c）静電気沈殿を用いて前述のガス相排出流から前述の水銀吸着炭素粒子の少なくとも一部を分離して、水銀が減少したガス相排出流を生成することとを含む。

10

【0017】

別の実施形態において、本開示は、エネルギーを生成するためのプロセスを提供し、（a）生物起源の活性炭組成物を含む炭素含有供給原料を提供することと、（b）前述の炭素含有供給原料を酸化して、エネルギーおよび少なくとも1つの汚染物を含むガス相排出流を発生させることとを含み、前述の生物起源の活性炭組成物は、少なくとも1つの汚染物の少なくとも一部を吸着させる。

【0018】

別の実施形態において、本開示は、生物起源の活性炭組成物を用いて液体を精製する方法を提供し、前述の方法は、（a）少なくとも1つの汚染物を含む液体を提供することと、（b）前述の液体を、添加物および生物起源の活性炭組成物を含む活性炭粒子と接触させて、汚染物吸着炭素粒子および汚染物が減少した液体を発生させることとを含む。

20

【0019】

別の実施形態において、本開示は、液体から硫黄汚染物の少なくとも一部を除去する方法を提供し、前述の方法は、（a）硫黄汚染物を含む液体を提供することと、（b）前述の液体を、添加物および生物起源の活性炭組成物を含む活性炭粒子と接触させることとを含み、ステップ（b）後、活性炭粒子の少なくとも一部は、硫黄汚染物を含む。

【0020】

別の実施形態において、本開示は、水中の硫酸塩の濃度を低減させるプロセスを提供し、前述のプロセスは、（a）硫酸塩を含む水量または水流を提供することと、（b）前述の水を、添加物および生物起源の活性炭組成物を含む活性炭粒子と接触させることとを含む。

30

【0021】

別の実施形態において、本開示は、ガス相排出流から硫黄汚染物を除去する方法を提供し、前述の方法は、（a）少なくとも1つの硫黄汚染物を含むガス相排出流を提供することと、（b）ガス相排出流を、添加物および生物起源の活性炭組成物を含む活性炭粒子と接触させることと、（c）ステップ（b）後に前述のガス相排出流から前述の活性炭粒子の少なくとも一部を分離することとを含む。

【0022】

別の実施形態において、本開示は、ガスまたは液体から1つ以上の汚染物を減少させるか、または除去する方法を提供し、前述の方法は、（a）1つ以上の汚染物を含有するガスまたは液体流を提供することと、（b）前述のガスまたは液体流を、乾燥ベースで、約55重量%以上の全炭素、約15重量%以下の水素、および約1重量%以下の窒素、ならびに少なくとも約500のヨウ素価を含む生物起源の活性炭組成物と接触させることとを含み、前述の組成物は、外部から印加された磁場に応答する。

40

【0023】

別の実施形態において、本開示は、ガスまたは液体から1つ以上の汚染物を減少させるか、または除去する方法を提供し、前述の方法は、（a）1つ以上の汚染物を含有するガスまたは液体流を提供することと、（b）前述のガスまたは液体流を、乾燥ベースで、約

50

55重量%以上の全炭素、約15重量%以下の水素、および約1重量%以下の窒素、ならびに少なくとも約500のヨウ素価を含む生物起源の活性炭組成物と接触させることとを含む、前述の炭素の少なくとも一部は、グラフェンの形態で存在する。

【0024】

別の実施形態において、本開示は、液体またはガスから汚染物を減少させるか、または除去する方法を提供し、前述の方法は、(a) 乾燥ベースで、約55重量%以上の全炭素、約15重量%以下の水素、および約1重量%以下の窒素を含む生物起源の活性炭組成物を得ることと(前述の炭素の少なくとも一部はグラフェンの形態で存在する)、(b) 任意に前述の生物起源の活性炭組成物から前述のグラフェンを分離することと、(c) 前述の液体またはガスを、分離された形態で、または前述の生物起源の活性炭組成物の一部として前述のグラフェンと接触させることとを含む。

10

【0025】

別の実施形態において、本開示は、グラフェンを使用する方法を提供し、前述の方法は、(a) 乾燥ベースで、約55重量%以上の全炭素、約15重量%以下の水素、および約1重量%以下の窒素を含む生物起源の活性炭組成物を得ることと(前述の炭素の少なくとも一部はグラフェンの形態で存在する)、(b) 任意に前述の生物起源の活性炭組成物から前述のグラフェンを分離することと、(c) 接着剤、封止剤、被覆剤、塗料、インク、複合材料、触媒、触媒支持体、電池電極、燃料電池電極、グラフェンベースの回路もしくはメモリシステム、エネルギー貯蔵材料もしくはデバイス、スーパーキャパシタ、静電気消散用シンク、電子もしくはイオン輸送用の材料もしくはデバイス、高帯域通信システム、赤外線センサ、化学センサ、生物学的センサ、電子ディスプレイ、ボルタ電池、またはグラフェンエアロゲル中で、分離された形態で、または前述の生物起源の活性炭組成物の一部として前述のグラフェンを使用することとを含む。

20

【図面の簡単な説明】

【0026】

【図1】本開示のシステムの多反応器の実施形態を示す。

【0027】

【図2】本開示のシステムの単一反応器、多帯域の実施形態を示す。

【0028】

【図3】本開示に関連した使用に好適なゼロ酸素連続供給機構の一実施形態を示す。

30

【0029】

【図4】本開示に関連した使用に好適な単一反応器、多帯域バイオマス処理ユニットの別の実施形態を示す。

【0030】

【図5】本開示に関連した使用に好適な炭素回収ユニットの一実施形態を示す。

【0031】

【図6】任意に乾燥器を有する本開示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。

【0032】

【図7】任意に乾燥器およびガス入口を有する本開示の熱分解反応器システムの実施形態を示す。

40

【0033】

【図8】ガス入口および任意に冷却器を有する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。

【0034】

【図9】任意に乾燥器および脱気器、ならびに不活性ガス入口を有する本開示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。

【0035】

【図10】任意に乾燥器および脱気器、ならびに不活性ガス入口を有する本開示の多反応器システムの実施形態を示す。

50

【0036】

【図11】任意に乾燥器および冷却器、ならびに材料濃縮ユニットを有する本開示の多反応器システムの実施形態を示す。

【0037】

【図12】任意に乾燥器、脱気器、冷却器、および不活性ガス入口を有する本開示の多反応器システムの実施形態を示す。

【0038】

【図13】任意に乾燥器および脱気器、不活性ガス入口、ならびに冷却器を有する本開示の多反応器システムの実施形態を示す。

【0039】

【図14】本開示に従う生物起源の活性炭中の磁性粒子の分散を示す。

【0040】

【図15】本開示に従って調製された鉄ハロゲン化物添加物が磁石に引き付けられた状態の生物起源の活性炭を示す。

【0041】

【図16】本開示に従う生物起源の活性炭のプラグを通過したときの経時的なガス成分濃度の変化を示す。

【0042】

【図17】本開示に従う生物起源の活性炭のプラグの経時的な二酸化炭素の吸着を示す。

【0043】

【図18】本開示の一実施形態に従って生成された生物起源の活性炭生成物の固定炭素含有量に対する保持時間の影響を図解するグラフを示す。

【0044】

【図19】本開示の一実施形態に従って生成された生物起源の活性炭生成物の固定炭素含有量に対する熱分解温度の影響を図解するグラフを示す。

【0045】

【図20】本開示の一実施形態に従って生成された生物起源の活性炭生成物の固定炭素含有量に対するバイオマス粒径の影響を図解するグラフを示す。

【0046】

【図21】生物起源の活性炭を生成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。

【0047】

【図22】生物起源の活性炭を生成するための本開示の二反応器型バイオマス処理ユニットの実施形態を示す。

【0048】

【図23】2029のヨウ素価を有する例示の活性炭の透過電子顕微鏡写真である。暗色の曲線部分は、グラフェン結晶子である。

【0049】

【図24】2029のヨウ素価を有する例示の活性炭の透過電子顕微鏡写真である。暗色の曲線部分は、グラフェン結晶子である。

【0050】

【図25】2029のヨウ素価を有する活性炭の透過電子顕微鏡写真である。画像を横切る並行線は、グラフェンの原子的に薄い層である。

【0051】

【図26】2029のヨウ素価を有する活性炭の透過電子顕微鏡写真である。暗色の曲線部分は、グラフェン結晶子である。

【0052】

【図27】716のヨウ素価を有する活性炭の透過電子顕微鏡写真である。画像を横切る並行線は、グラフェンの原子的に薄い層である。

【0053】

10

20

30

40

50

【図 28】 716 のヨウ素価を有する活性炭の透過電子顕微鏡写真である。画像を横切る並行線は、グラファイト内のグラフェンの原子的に薄い層である。

【0054】

【図 29】 716 のヨウ素価を有する活性炭の透過電子顕微鏡写真である。下方中央の略正方形の物体は、図 28 を縮小表示したものである。より薄色の領域は、小さいグラフェン結晶子を含む。

【0055】

【図 30】 716 のヨウ素価を有する活性炭の透過電子顕微鏡写真である。中央左側の小さい暗色の四角形物体は、図 28 および 29 のグラファイト断片である。より薄色の領域は、小さいグラフェン結晶子を示す。

【0056】

【図 31】 806 のヨウ素価を有する活性炭の透過電子顕微鏡写真である。画像を横切る並行線は、グラフェンの原子的に薄い層であり、より短い曲線部分は、グラフェン結晶子である。

【発明を実施するための形態】

【0057】

本発明を実施するための形態は、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、適応例、変形例、代替案、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、添付の図面とともに本開示の以下の詳細な説明を参照することにより当業者により明らかになる。

【0058】

本明細書および添付の特許請求の範囲で使用されるとき、単数形「a」、「an」、および「the」は、内容が別途明確に示さない限り、複数指示対象を含む。別途定義されない限り、本明細書で使用されるすべての技術および科学用語は、本開示が属する当業者によって一般に理解される意味と同一の意味を有する。

【0059】

別途示されない限り、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、成分の濃度等を表すすべての数字は、すべての事例において「約」という用語によって修飾されると理解されるべきである。したがって、そうでないと指示しない限り、以下の明細書および添付の特許請求の範囲で説明される数値パラメータは、近似値であり、少なくとも特定の分析技術に応じて変化し得る。

【0060】

この目的のために、「生物起源」は、数ヶ月、数年、または数十年の時間規模で再生可能な炭素等の元素を含有する材料（供給原料、生成物、または中間体にかかわらず）を意味するよう意図される。非生物起源の材料は、再生不能であり得るか、あるいは数世紀、何千年、何百万年、またはさらに長期間の地質年代尺度の時間規模で再生可能であり得る。生物起源の材料が生物起源の源および非生物起源の源の混合物を含み得ることに留意されたい。

【0061】

この目的のために、「試薬」は、その最も広い意味において材料を意味するよう意図されおり、試薬は、燃料、化学物質、材料、化合物、添加物、ブレンド成分、溶媒等であり得る。試薬は、化学反応を引き起こすか、またはそれに関与する化学試薬であるとは限らない。試薬は、化学反応物であっても化学反応物でなくてもよく、反応において消費されても消費されなくてもよい。試薬は、特定の反応への化学触媒であり得る。試薬は、試薬が添加され得る材料の機械的、物理的、または流体力学的特性の調整を引き起こし得るか、またはそれに関与し得る。例えば、試薬は、金属に導入されて、金属にある強度特性を与え得る。試薬は、化学分析または物理試験における使用に十分な純度（本文脈において、典型的には炭素純度）の物質であり得る。

【0062】

グラフェンは、二次元ハニカム格子に高密度に充填された炭素原子の単層であり、他の

10

20

30

40

50

次元のグラファイト状の材料の基本的な構成成分である。グラフェンは、例えば、包まれてゼロ次元フラーレンになるか、巻かれて一次元ナノチューブになるか、または積み重ねられて三次元グラファイトになり得る。すなわち、グラフェンは、原子状炭素の単層であるが、任意の数の層（１、２、３、４、５、６、７、８、９、１０、またはそれ以上等）がグラフェン含有試料の任意の特定の部分に存在し得る。本明細書で使用されるとき、「グラフェン」は、必ずしも平らではないが典型的に平面であり、単層のグラフェンであり、かつ多層のグラフェンある関連した sp^2 グラファイト状同素体を含むその形態のうちのいずれかのグラフェンを指す。一実施形態において、グラフェンは、六角形配置の sp^2 結合炭素原子の１原子の厚さの平面シートである。別の実施形態において、グラフェンは、ハニカム結晶格子において六角形配置の sp^2 結合炭素原子の１原子の厚さの平面シートである。別の実施形態において、グラフェンは、約 0.142 nm の長さの炭素-炭素結合を有する。文脈が別途示さない限り、グラフェンへのすべての言及は、単層ならびに多層の炭素原子を正確に含む。また、グラフェンへのすべての言及は、「生物起源のグラフェン」と同義であると思なされるべきである。

10

【００６３】

生物起源の活性炭は、生物起源の活性炭を生成するために利用される最初の供給原料と比較して比較的高い炭素含有量を有する。本明細書で提供される生物起源の活性炭は、バイオマスの典型的な炭素含有量が約 $50\text{ 重量}\%$ を超えないため、通常、その重量の約半分以上を超える重量の炭素を含有する。より典型的であるが、供給原料の組成に応じて、生物起源の活性炭は、少なくとも $55\text{ 重量}\%$ 、少なくとも $60\text{ 重量}\%$ 、少なくとも $65\text{ 重量}\%$ 、少なくとも $70\text{ 重量}\%$ 、少なくとも $75\text{ 重量}\%$ 、少なくとも $80\text{ 重量}\%$ 、 $85\text{ 重量}\%$ 、少なくとも $90\text{ 重量}\%$ 、少なくとも $95\text{ 重量}\%$ 、少なくとも $96\text{ 重量}\%$ 、少なくとも $97\text{ 重量}\%$ 、少なくとも $98\text{ 重量}\%$ 、少なくとも $99\text{ 重量}\%$ の炭素を含有する。

20

【００６４】

前述にもかかわらず、「生物起源の活性炭」という用語は、実用的な目的のために、様々な実施形態において、本開示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説明するために本明細書で利用される。炭素含有量、または任意の他の濃度の制限は、その用語自体に帰属するべきでなく、むしろ特定の実施形態およびその等価物を参照することによってのみ帰属するものとする。例えば、開示されるプロセスに供される非常に少ない初期炭素含有量を有する出発材料が、出発材料と比較して炭素が高度に濃縮されているが（炭素の高収率）、それにもかかわらず炭素が比較的小さい（炭素の低純度）（約 $50\text{ 重量}\%$ 以下の炭素を含む）生物起源の活性炭を生成し得ることが理解される。

30

【００６５】

「熱分解（Pyrolysis）」および「熱分解する（pyrolyze）」は、概して、炭素質材料の熱分解（thermal decomposition）を指す。熱分解において、燃焼を完了するのに必要とされる酸素の約 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% 以下等の材料の燃焼を完了するのに必要とされる酸素よりも少ない酸素が存在する。いくつかの実施形態において、熱分解は、酸素の不在下で行われる。

【００６６】

熱分解中に生じ得る例示の変化には、以下のうちのいずれかが含まれる：（i）熱源からの熱伝導が供給原料内の温度を増加させる；（ii）このより高い温度での一次熱分解反応の開始が揮発物を放出し、炭化物を形成する；（iii）より冷たい固体に対する熱い揮発物の流れが熱い揮発物とより冷たい熱分解されていない供給原料との間の熱伝導をもたらす；（iv）供給原料のより冷たい部分における揮発物のうちのいくつかの凝縮、その後の二次反応がタールを生成し得る；（v）自己触媒二次熱分解反応が進む一方で、一次熱分解反応が競合して同時に生じる；（vi）さらなる熱分解、再形成、水-ガスシフト反応、フリーラジカル再結合、および／または脱水も生じ得、これらは滞留時間、温度、および圧力プロファイルの関数である。

40

【００６７】

50

熱分解は、供給原料を少なくとも部分的に脱水し得る。様々な実施形態において、熱分解は、供給原料から水の約50%超、約75%超、約90%超、約95%超、約99%超、または99%超を除去する。

【0068】

上述のように、本開示のいくつかの変形例は、多反応器または単一反応器内の多帯域が、熱分解によって炭素の収率および生成物の品質を最適化しながら、供給原料の変形例および生成物の要件の柔軟性および適応性を維持する方法で設計され、かつ動作し得るといった発見を少なくともある程度前提としている。

【0069】

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反応を達成するように選択される。バイオマス構造に含まれる細胞壁の実質的な保存が潜在的な利益であり、これは、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、またはすべてを保持し得ることを意味する。この潜在的利益を最大限に生かすために、細胞壁を機械的に破壊しないか、またはさもなければバイオマス粒子を小さい微粒子に変換する装置を利用することができる。様々な反応器の構造は、以下のプロセスの記述の後に論じられる。

【0070】

さらに、供給原料が、木材チップまたはペレット等の製粉または寸法決定された供給原料である場合、供給原料が慎重に製粉または寸法決定されることが望ましくあり得る。最初の慎重な処理は、天然の供給原料源（例えば、木）に存在する強度および細胞壁の完全性を保存する傾向がある。これは、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、またはすべてを保持すべきである場合にも重要であり得る。

【0071】

様々な実施形態において、木質供給原料の維管束構造を保存して生物起源の活性炭生成物により高い強度をもたらすための措置が講じられる。例であって制限なく、様々な実施形態において、供給原料は、長期間、例えば、1時間以上、約2時間以上、約3時間以上、約4時間以上、約5時間以上、約6時間以上、約7時間以上、約8時間以上、約9時間以上、約10時間以上、約11時間以上、約12時間以上、約13時間以上、約14時間以上、約15時間以上、約16時間以上、約17時間以上、約18時間以上、約19時間以上、約20時間以上、約21時間以上、約22時間以上、約23時間以上、または約24時間以上の期間にわたって供給原料を乾燥させることによって調製され、供給原料の維管束構造を破壊することなく水およびガスがバイオマスを出ることを可能にする。様々な実施形態において、数分間または数時間にわたる熱分解（例えば、フラッシュ熱分解とは対照的に）中の緩徐に進行する発熱率を用いることによって、供給原料の維管束構造を破壊することなく水およびガスがバイオマスを出ることを可能にする。例であって制限なく、熱分解ステップ中の温度上昇率は、約1℃/分～約40℃/分の範囲、例えば、約1℃/分、約2℃/分、約4℃/分、約5℃/分、約10℃/分、約15℃/分、約20℃/分、約25℃/分、約30℃/分、約35℃/分、または約40℃/分であり得る。いくつかの実施形態において、温度上昇は予熱帯域で生じ、予熱された供給原料を生成する。いくつかの実施形態において、温度上昇は予熱帯域で主にまたは完全に生じ、予熱された供給原料を生成する。いくつかの実施形態において、予熱された供給原料の温度は、予熱分解帯域で上昇する。いくつかの実施形態において、温度上昇は、炭化帯域または熱分解帯域で少なくとも部分的に生じる。いくつかの実施形態において、温度上昇は、炭化帯域または熱分解帯域で主にまたは完全に生じる。いくつかの実施形態において、予熱帯域、予熱分解帯域、炭化帯域、または熱分解帯域は、熱分解中に温度を最初の低い温度から最終的なより高い温度まで経時的に上昇させるように構成される。いくつかの実施形態において、温度上昇は、経時的に線形または実質的に線形である。いくつかの実施形態において、温度上昇率は、予熱、予熱分解、および／または炭化もしくは熱分解中の温度が、予熱、予熱分解、および／または炭化もしくは熱分解ステップの少なくとも一部において少なくとも部分的に非線形、例えば、対数的または実質的に対数的であるように、経時的に増加または減少する。様々な実施形態において、乾燥または熱分解の前に添加物を用いて

10

20

30

40

50

、熱分解中に供給原料の維管束構造を損傷し得るガス形成を減少させる。様々な実施形態において、熱分解の前に、乾燥させた供給原料は、木材を破碎し、かつその強度を低下させる湿った木材のチップ化または剪断等の他の寸法決定手法よりも木材の維管束構造に対して破壊性が低くなるように設計されたのこぎりまたは他の切断デバイスを用いて寸法決定される。そのような実施形態において、生物起源の活性炭生成物は、そのような方法で調製されていない匹敵する生物起源の活性炭生成物よりも高い強度指数（例えば、CSR値）を有する。

【0072】

様々な実施形態において、供給原料は、バイオマスを製粉することによって調製されて、実質的に均一の大きさおよび実質的に均一の形状である複数のバイオマス断片を形成される。例であって制限なく、バイオマスを処理して、略均一の粒径（例えば、メッシュサイズ）のおがくずを生成することができる。あるいは、バイオマスを処理して、実質的に均一の寸法を有するチップ（例えば、約1インチ×約1/2インチ×約1/8インチの断片）を生成することができる。他の実施形態では、供給原料は、バイオマスを製粉することによって調製されて、実質的に均一の幅および深さ寸法または直径を有する長さの材料（例えば、木棒、木板、または木ダボ）を形成することができる。関連実施形態において、実質的に均一の幅および深さまたは直径を有する長さの材料をさらに製粉して、実質的に均一の長さの供給原料断片を生成し、実質的に均一の大きさおよび形状を有する供給原料材料をもたらすことができる。例えば、均一の直径（例えば、約1-1/8インチ）を有する木たばは、実質的に均一の長さ（例えば、約1.5インチ）の断片に切断され得る。結果として生じる供給原料断片は、実質的に均一の形状（円筒）および実質的に均一の大きさ（直径約1-1/8インチ×長さ約1.5インチ）を有する。いくつかの実施形態において、実質的に均一の形状および大きさの断片からなる供給原料から調製された生物起源の活性炭生成物は、実質的に非均一の形状および/または大きさの供給原料断片から調製された匹敵する生物起源の活性炭生成物よりも高い質量収率で生成される。

【0073】

ここで概して図1~13を参照して、本開示のいくつかの例示の多反応器の実施形態のブロックフロー図が図解される。それぞれの図は、以下で順に論じられる。図1~13が本開示のすべての企図された実施形態ではなく、いくつかの例示の実施形態を表すことを理解されたい。以下で論じられるように、様々な図解されてないさらなる実施形態ならびに本明細書で論じられるいくつかの成分および特徴の組み合わせも企図される。以下の考察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うちのいずれかは、独立した反応器であり得るか、またはあるいは単一反応器内で、BPUは、複数の帯域を含み得るか、またはこれらの組み合わせであり得る。これらの図がそれぞれ異なる代替実施形態を図解するが、本開示におけるすべての他の考察を、図解される実施形態および図解されていない実施形態のそれぞれに適用することができることを理解されたい。

【0074】

ここで概して図1を参照して、本開示の多反応器の実施形態のブロックフロー図が図解される。この実施形態は、2個~複数の異なる反応器が利用され得る。3個の反応器が図解の実施形態に示されるが、任意の異なる数の反応器を使用してもよい。一実施形態において、それぞれの反応器は、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。一実施形態において、材料輸送ユニット304は、雰囲気および温度条件を制御する。

【0075】

図解される実施形態において、バイオマス等の原材料109は、任意に乾燥させられ、システム外で寸法決定され、任意に材料供給システム108を用いて低酸素雰囲気下で第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、かつ図3で図解されるように、材料供給システム108は、システムにおける周辺空気中の酸素レベルを約3%以下に低減させる。原材料109は、酸素レベルが第1の反応器内で低減した後、封入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。一実施形態において、原

材料輸送ユニットは、カプセル封入されたジャケットまたはスリーブを含み、これを通して、反応器からの蒸気およびオフガスは、バイオマスを予熱するために直接送られて使用されるか、またはプロセスガス加熱器および／もしくは熱交換器に送られた後にバイオマスを予熱もしくは熱分解するために送られて使用されるかのいずれかである。

【0076】

図解される実施形態において、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。

【0077】

以下でより詳細に論じられるように、一実施形態において、第1の反応器112は、システム内の任意の他の反応器に接続されるように構成され、廃熱132を回収し、好適な廃熱回収システムを介してエネルギーを保存する。一実施形態において、第1の反応器112内で放出された廃熱を用いて、システム内またはシステム外で原材料109を乾燥させるように構成された蒸熱ビンまたは別の適切な加熱機構を動作させる。様々な実施形態において、実質的に加熱された不活性ガス等の廃熱の他の副生成物をシステムの他の箇所を用いて、プロセスの任意の時点で材料をさらに濃縮することができる。

【0078】

図解される実施形態において、バイオマス109は、第1の反応器112に入り、そこで温度は、約周辺温度～約150℃の範囲から約100℃～約200℃の温度まで上昇する。一実施形態において、第1の反応器112の温度は、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、加熱されると同時に、バイオマス123からオフガス120を捕獲および排出するための出力機構を含み得る。一実施形態において、オフガス120は、任意の後の使用のために抽出される。様々な実施形態において、BPU102内の様々な帯域に用いられる加熱源は、電気またはガスである。一実施形態において、BPU102の様々な反応器に用いられる加熱源は、ユニット102の他の反応器または外部源からの廃ガスである。様々な実施形態において、熱は、間接的である。

【0079】

第1の反応器112の予熱後、材料輸送ユニット304は、予熱された材料123を通して任意の第2の反応器114に入る。一実施形態において、反応器114は、反応器112と同一である。一実施形態において、反応器114が反応器112とは異なる場合、材料輸送ユニット304は、高温蒸気密封システム（例えば、エアロック）を介して第2の反応器114を貫通し、これは、ガスが漏れるのを防ぐと同時に材料輸送ユニット304が第2の反応器を貫通することを可能にする。一実施形態において、第2の反応器114の内部は、約100℃～約600℃または約200℃～約600℃の温度まで加熱される。別の実施形態において、第2の反応器114は、炭化されると同時に、予熱された材料123から放出されたガス122を捕獲および排出するために、第1の反応器102に類似した出力ポートを含む。一実施形態において、ガス122は、任意の後の使用のために抽出される。図解の一実施形態において、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が合わせられて、1つのガス流124になる。炭化されると、炭化バイオマス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。この場合もやはり、第3の反応器は、112または114と同一の反応器であり得るか、または異なり得る。

【0080】

一実施形態において、生物起源の活性炭生成物125が第3の反応器116に入るとき、炭化バイオマス125は、上述のように、規定の温度範囲まで（能動的または受動的に）冷却されて炭化バイオマス126を形成する。一実施形態において、炭化バイオマス125の温度は、実質的に不活性の雰囲気条件下で第3の反応器内で低下する。別の実施形態において、第3の反応器は、さらなる水冷却機構で炭化バイオマス125を冷却する。炭化バイオマス126が酸素化された空気に曝露されても自発的に燃焼しない程度まで第3の反応器116内で冷却してもよいことを理解されたい。そのような一実施形態におい

10

20

30

40

50

て、第3の反応器116は、炭化バイオマスの温度を200℃未満まで低下させる。一実施形態において、第3の反応器は、炭化バイオマスを攪拌し、かつ均一に冷却するための混合器（図示されず）を含む。冷却が水もしくは他の液体で直接的または間接的のいずれかで生じ得るか、冷却が空気もしくは他の冷却したガスでも直接的または間接的のいずれかで生じ得るか、または上述の任意の組み合わせであり得ることを理解されたい。

【0081】

いくつかの実施形態において（図示されず）、1つ以上のさらなる冷却器または冷却機構が炭化バイオマスの温度をさらに低下させるために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において、冷却器は、材料輸送システムに沿って他の反応器112、114、116とは別である。いくつかの実施形態において、冷却器は、反応器の後に続く。いくつかの実施形態において、冷却器は、反応器112、114、116と同一であり得る。他の実施形態では、冷却器は、例えば、水もしくは他の液体で直接的または間接的のいずれかで冷却するか、または他のガスで直接的または間接的に冷却するか、または上述の組み合わせである、ネジ、オージェ、コンベヤ（具体的には、一実施形態において、ベルトコンベヤ）、ドラム、スクリーン、パン、向流ベッド、垂直塔、ジャケット付きパドル、冷却ネジ、またはこれらの組み合わせである。様々な実施形態において、冷却器は、水噴霧、冷却不活性ガス流、液体窒素、または周辺空気（着火温度未満の場合）を含み得る。水噴霧によって発生するフラッシュ蒸気を捕獲するか、または飽和蒸気が導入されて炭化バイオマスによって加熱されるときに発生する過熱された蒸気を捕獲することによってこのステップから熱が回収され得ることを理解されたい。

【0082】

図1および5で図解されるように、ガス相分離器ユニット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の排出ポートに接続される。複数の出力のうちの1つは、炭素回収ユニット104に接続され、複数の出力のうちの別の1つは、収集機器、または酸水素化ユニット106もしくは蒸留塔等のさらなる処理機器に接続される。様々な実施形態において、ガス相分離器は、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を生成する。様々な実施形態において、凝縮可能物は、エネルギー回収（134）（例えば、乾燥器、反応器、もしくはプロセスガス加熱器内で）、または他の炭素濃縮のいずれかのために用いられ得る。様々な実施形態において、凝縮不能物（例えば、CO）は、エネルギー回収（134）のために（例えば、乾燥器、反応器、もしくはプロセスガス加熱器内で）、プロセスにおける不活性ガスとして（例えば、脱気ユニット、反応器、BPU、もしくは以下でより詳細に論じられる冷却器内で）、または炭素濃縮のために用いられ得る。

【0083】

様々な実施形態において、凝縮物128は、酢酸、メタノール、およびフルフラール等の極性化合物を含む。別の実施形態において、ガス相分離器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、例えば、一酸化炭素、テルペン、メタン、二酸化炭素等を含む。一実施形態において、ガス相分離器は、分別塔を備える。一実施形態において、酢酸は、ライン128を介して任意の酸水素化ユニットに送られる。別の実施形態において、メタノールおよび／またはフルフラールは、任意のさらなるライン（複数可）136を介して蒸留／処理ユニット138に送られる。

【0084】

様々な実施形態において、以下で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の材料濃縮ユニット内で濃縮される。いくつかのそのような実施形態において、炭素回収ユニットが、炭化材料を貯蔵するための容器であり、別の材料濃縮ユニットが、ガスが導入されて材料を濃縮するユニットであることを理解されたい。

【0085】

図解される実施形態において、炭素回収ユニット500は、炭化バイオマス126も濃

10

20

30

40

50

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の反応器を出て、炭素回収ユニット５００に入る。様々な実施形態において、図５でより詳細に図解される入力５２４も含む。一実施形態において、濃縮ガス２０４は、炭素回収ユニットに指向されて生物起源の活性炭生成物１２６と合わせられ、高炭素の生物起源の活性炭生成物１３６を作成する。別の実施形態において、外部源からの炭素濃縮ガスも炭素回収ユニットに指向されて炭化バイオマス１２６と合わせられ、生成された最終的な高炭素の生物起源の活性炭生成物にさらなる炭素を添加する。様々な実施形態において、炭化バイオマス１２６は、温度が低下した炭化バイオマスである。図解的に、システム１００は、材木加工設備付近に共設置され得、材木加工設備からの炭素濃縮ガスは、外部源からのガスとして使用され得る。

10

【００８６】

ここで概して図２を参照して、本開示の単一反応器、多帯域の実施形態のブロックフロー図が図解される。図解される実施形態において、バイオマス等の原材料２０９は、任意に既述の材料供給システム１０８を用いて低酸素雰囲気下で反応器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辺空気中の酸素レベルを約３％以下に低減させる。原材料２０９は、酸素レベルが低減した後、封入された材料輸送ユニット３０４内のＢＰＵ２０２に入る。一実施形態において、材料輸送ユニットは、カプセル封入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２００からの蒸気およびオフガスが送られ、使用されて、バイオマスを予熱する。

20

【００８７】

図解される実施形態において、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の任意の乾燥帯域２１０に移動する。一実施形態において、任意の乾燥帯域２１０は、原材料を加熱して、予熱帯域２１２に渡される前に水および他の水分を除去する。一実施形態において、任意の乾燥帯域２１０の内部は、約周辺温度～約１５０℃の温度まで加熱される。原材料２０９から除去された水２３８または他の水分は、例えば、任意の乾燥帯域２１０から排出され得る。別の実施形態において、任意の乾燥帯域は、蒸気および蒸気が抽出されるように適合される。別の実施形態において、任意の乾燥帯域からの蒸気および蒸気は、任意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、任意の乾燥帯域から抽出された蒸気または蒸気は、材料供給システムを有する好適な廃熱回収システムにおいて使用され得る。一実施形態において、材料供給システムで使用される蒸気および蒸気が原材料を予熱する一方で、酸素レベルは、材料供給システムにおいてパージされる。別の実施形態において、バイオマスは、反応器外で乾燥させられ、反応器は、乾燥帯域を含まない。

30

【００８８】

以下でより詳細に論じられるように、一実施形態において、任意の乾燥帯域２１０は、冷却帯域２１６に接続されるように構成され、廃熱２３２を回収し、好適な廃熱回収システムを介してエネルギーを保存する。一実施形態において、冷却帯域２１６内で放出された廃熱を用いて、任意の乾燥帯域２１０内で原材料２０９を乾燥させるように構成された加熱機構を動作させる。所望の時間乾燥させた後、乾燥したバイオマス２２１は、任意の乾燥帯域２１０を出て、予熱帯域２１２に入る。

40

【００８９】

図解される実施形態において、乾燥したバイオマス２２１は、第１の（予熱）帯域２１２に入り、そこで温度は、約周辺温度～約１５０℃の範囲から約１００℃～約２００℃の温度範囲まで上昇する。一実施形態において、第１の／予熱帯域２１２の温度は、２００℃を超えない。予熱帯域２１２が熱すぎるか、または十分に熱くない場合、乾燥したバイオマス２２１が第２の帯域２１４に入る前に誤って処理され得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、予熱帯域２１２は、予熱されると同時に、乾燥したバイオマス２２１からオフガス２２０を捕獲および排出するための出力機構を含み得る。別

50

の実施形態において、オフガス２２０は、任意の後の使用のために抽出される。様々な実施形態において、ＢＰＵ２０２内の様々な帯域に用いられる加熱源は、電気またはガスである。一実施形態において、ＢＰＵ２０２の様々な帯域に用いられる加熱源は、ユニット２０２の他の帯域または外部源からの廃ガスである。様々な実施形態において、熱は、間接的である。

【００９０】

予熱帯域２１２後、材料輸送ユニット３０４は、予熱された材料２２３を通過し、第２の（熱分解）帯域２１４に入る。一実施形態において、材料輸送ユニット３０４は、高温蒸気密封システム（エアロック等（図示されず））を介して第２の／熱分解帯域を貫通し、これは、ガスが漏れるのを防ぐ（または最小限に抑える）と同時に、材料輸送ユニット３０４が高温熱分解帯域を貫通することを可能にする。一実施形態において、熱分解帯域２１４の内部は、約１００℃～約６００℃または約２００℃～約５００℃の温度まで加熱される。別の実施形態において、熱分解帯域２１４は、炭化されると同時に、予熱されたバイオマス２２３から放出されたガス２２２を捕獲および排出するために、予熱帯域２１２に類似した出力ポートを含む。一実施形態において、ガス２２２は、任意の後の使用のために抽出される。図解の一実施形態において、予熱帯域２１２からのオフガス２２０および熱分解帯域２１４からのオフガス２２２が合わせられて、１つのガス流２２４になる。炭化されると、炭化バイオマス２２５は、第２の／熱分解帯域２１４を出て、第３の／温度低下または冷却帯域２１６に入る。

【００９１】

一実施形態において、炭化バイオマス２２５が冷却帯域２１６に入るとき、炭化バイオマス２２５は、上述のように、約２０℃～２５℃（約室温）の規定の温度範囲まで冷却されて温度が低下した炭化バイオマス２２６になる。様々な実施形態において、ＢＰＵ２０２は、複数の冷却帯域を含む。一実施形態において、冷却帯域２１６は、炭化バイオマスを２００℃未満まで冷却する。一実施形態において、冷却帯域は、材料を攪拌し、かつ均一に冷却するための混合器を含む。様々な実施形態において、複数の冷却帯域のうちの１つ以上は、ＢＰＵ２０２外に存在する。

【００９２】

図２および５で図解されるように、ガス相分離器ユニット２００は、少なくとも１つの入力および複数の出力を含む。この図解の実施形態において、少なくとも１つの入力は、ＢＰＵ２０２の第１の／予熱帯域２１２および第２の／熱分解帯域２１４の排出ポートに接続される。複数の出力のうちの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たもの）に接続され、複数の出力のうちの別の１つは、収集機器または酸水素化ユニット２０６もしくは蒸留塔等のさらなる処理機器に接続される。様々な実施形態において、ガス相分離器は、第１の／予熱帯域２１２および第２の／熱分解帯域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を生成する。一実施形態において、凝縮物２２８は、酢酸、メタノール、およびフルフラール等の極性化合物を含む。一実施形態において、ガス相分離器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。一実施形態において、ガス相分離器は、分別塔を備える。一実施形態において、酢酸は、ライン２２８を介して任意の酸水素化ユニット２０６に送られる。別の実施形態において、メタノールおよび／またはフルフラールは、任意のさらなるライン（複数可）２３６を介して蒸留／処理ユニット２３８に送られる。

【００９３】

図解される実施形態において、炭化バイオマスは、材料移動ユニット３０４に沿って冷却反応器／帯域を出て、炭素回収ユニット５００に入る。様々な実施形態において、図５でより詳細に図解され、かつ上で論じられるように、炭素回収ユニット５００は、ガス相分離器２００に接続される入力５２４も含む。一実施形態において、濃縮ガス２０４は、炭素回収ユニット５００に指向されて生物起源の活性炭生成物２２６と合わせられ、高炭素の生物起源の活性炭生成物１３６を作成する。別の実施形態において、外部源からの炭素濃縮ガスも炭素回収ユニット５００に指向されて生物起源の活性炭生成物２２６と合わ

10

20

30

40

50

せられ、さらなる炭素を生物起源の活性炭生成物に添加する。様々な実施形態において、参照 234 で炭素回収ユニット 500 から引き出されたガスは、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において任意に使用される。同様に、様々な実施形態において、BPU 202 の 1 つ以上の帯域から引き出されたガスは、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において任意に使用される。図解的に、システム 200 は、材木加工設備付近に共設置され得、材木加工設備からの炭素濃縮ガスは、外部源からのガスとして使用され得る。

【0094】

ここで概して図 3 を参照して、本開示の材料供給システムの一実施形態が図解される。上述のように、原材料が処理されるときに原材料を包囲する周辺空気中の高い酸素レベルは、原材料の望ましくない燃焼または酸化をもたらし得、これは、最終生成物の量および質を低下させる。一実施形態において、材料供給システムは、クローズドシステムであり、原材料を包囲する空気から酸素をパージするように構成された 1 つ以上の多岐管を含む。一実施形態において、約 0.5 % ～ 約 1.0 % の酸素レベルは、予熱、熱分解／炭素化、および冷却のために使用される。クローズド材料供給システムの第一目標が、酸素レベルを約 3 % 以下、約 2 % 以下、約 1 % 以下、または約 0.5 % 以下まで低下させることであることを理解されたい。酸素レベルが低下した後、バイオマスは、材料供給システムに沿って BPU に移動する。様々な実施形態において、回収されたプロセスエネルギーを用いた不活性ガスの予熱、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が、システムの効率をより高めることを理解されたい。

【0095】

いくつかの実施形態において、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において、BPU からの熱分解材料は、さらなる熱分解のために別個のさらなる反応器に供給され、そこで加熱された不活性ガスが導入されて、より高い固定炭素レベルを有する生成物を作成する。様々な実施形態において、二次プロセスは、容器、例えば、ドラム、タンク、バレル、ビン、トート、パイプ、布袋、プレス、またはロールオフ容器内で行われ得る。様々な実施形態において、最終容器は、炭化バイオマスの移動のためにも使用され得る。いくつかの実施形態において、不活性ガスは、BPU から抽出され、かつプロセスガス加熱器内で燃焼したガスから熱を導き出す熱交換器を介して加熱される。

【0096】

図 3 に見られるように、クローズド材料供給システム 108 は、原材料供給ホッパー 300、材料輸送ユニット 304、および酸素パージ多岐管 302 を含む。

【0097】

一実施形態において、原材料供給ホッパー 300 は、生であるか、または寸法決定された／乾燥したバイオマス 109 / 209 を受容するように構成された任意の好適な空気開放容器または空気閉鎖容器である。原材料供給ホッパー 300 は、材料輸送ユニット 304 と動作可能に接続し、これは、一実施形態において、駆動源で動作可能に回転するネジまたはオージェシステムである。一実施形態において、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 が、ネジまたはオージェ 305 が好適な封入物 307 に封入されるように作られることを理解されたい。一実施形態において、封入物 307 は、実質的に円筒形である。様々な実施形態において、材料供給システムは、ネジ、オージェ、コンベヤ、ドラム、スクリーン、シュート、ドロップチャンバ、空気運搬デバイス（回転式エアロックまたはダブルもしくはトリプルフラップエアロックを含む）を含む。

【0098】

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、オージェまたはネジ 305 が回転し、原材料 109 / 209 を酸素パージ多岐管 302 に向かって移動させる。原材料 109 / 209 が酸素パージ多岐管 302 に到達すると、材料輸送ユニット 304 内の原材料 109 / 209 間の周辺空気が約 20.9 %

の酸素を含むことを理解されたい。様々な実施形態において、酸素パージ多岐管 302 は、材料輸送ユニット 304 に近接して、またはその周囲に配置される。一実施形態の酸素折り畳み (oxygen fold) 多岐管内で、材料輸送ユニット 304 の封入物 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。

【0099】

酸素パージ多岐管 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。様々な実施形態において、酸素パージ多岐管 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、様々な実施形態において、酸素パージ多岐管 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。一実施形態において、ガス入口ライン 312 が不活性ガスをガス入口ポート 310a、310b、310c にポンプ注入するように構成されることを理解されたい。そのような一実施形態において、不活性ガスは、酸素を実質的に含有しない窒素である。一実施形態において、不活性ガスは、バイオマスに向流して流れる。

【0100】

理解されるように、封入された材料輸送ユニット 304 への不活性ガス 312 の導入は、封入されたシステムから周辺空気を押し出す。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、酸素を豊富に含んだ周辺空気の量は、出口ポート 308a から押し出される。この時点で、約 2% 酸素、約 1% 以下の酸素、約 0.5% 以下の酸素、または約 0.2% 以下の酸素といった所望のレベルが達成されない場合があることを理解されたい。したがって、様々な実施形態において、封入されたシステム内の原材料 109 を包囲する空気から必要量の酸素をパージするために不活性ガス 312 のさらなる注入が行われるべきである。一実施形態において、第 2 のガス入口ポート 310b は、第 1 のガス入口ポート 310a での注入後に不活性ガス 312 を封入されたシステムにポンプ注入し、それにより封入されたシステムからより多くの残りの酸素をパージする。不活性ガス 312 を 1 回または 2 回注入して酸素 314 をパージした後、より少ない酸素といった所望のレベルが達成され得ることを理解されたい。一実施形態において、2 回の不活性ガス注入後に所望の酸素レベルが依然として達成されない場合、ガス入口 310c での不活性ガス 312 の第 3 の注入が、ガス出口 308c で封入された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。所望の場合、さらなる入口／出口も組み込まれ得る。様々な実施形態において、酸素レベルは、材料供給システム全体を通して監視されて、不活性ガス注入の量および位置の較正を可能にする。

【0101】

一代替実施形態において、反応器から回収された熱、蒸気、およびガスは、供給システムに指向され、そこでそれらはジャケット内に封入され、供給材料との直接接触から分離されるが、反応器に導入する前に供給材料を間接的に加熱する。

【0102】

一代替実施形態において、反応器の乾燥帯域から回収された熱、蒸気、およびガスは、供給システムに指向され、そこでそれらはジャケット内に封入され、供給材料との直接接触から分離されるが、反応器に導入する前に供給材料を間接的に加熱する。

【0103】

一実施形態のガス入口ポート 310a、310b、310c、およびそれぞれ対応するガス出口ポート 308a、308b、308c が、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ることを理解されたい。例えば、一実施形態において、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 内のオージェ 305 のピッチにほぼ相当する量によって材料輸送ユニット 304 上でオフセットされる。様々な実施形態において、原材料 109 / 209 を包囲する雰囲気

10

20

30

40

50

される。様々な実施形態において、酸素レベルは、材料供給システム全体を通して監視されて、不活性ガス注入の量および位置の較正を可能にする。

【0104】

一実施形態において、原材料109／209、およびその後乾燥させられたバイオマス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が、連続した材料輸送ユニット304に沿った反応器102（または複数の反応器）を通して移動することを理解されたい。別の実施形態において、この材料を運ぶ材料輸送ユニットは、プロセスの様々な段階で異なる。一実施形態において、反応器、帯域、または反応器を通して材料を移動させるプロセスは、連続的である。そのような一実施形態において、材料輸送ユニット304の速度は、材料が反応器（複数可）を通して移動するときに材料輸送ユニット304の動作が中断を要求しないように関連付けられた制御器および処理器によって適切に較正および計算される。

10

【0105】

別の実施形態において、反応器102または複数の反応器（112／114／116）に関連付けられた制御器は、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、任意のFTIR由来）、測定されたパラメータ、温度計、または反応器プロセスにおける他の好適な変形例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。様々な実施形態において、制御器および処理器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、またはガスセンサが、帯域／反応器内もしくはそれぞれの帯域／反応器間、または材料輸送ユニット304に沿った任意の好適な位置で統合され得ることを理解されたい。一実施形態において、制御器および処理器は、センサまたはゲージからの情報を用いて、BPU100／200の速度および効率を最適化する。一実施形態において、反応器102または複数の反応器（112／114／116）に関連付けられた制御器は、材料輸送ユニット304を動作させるように構成される。一実施形態において、反応器102または複数の反応器（112／114／116）に関連付けられた制御器は、材料輸送ユニット304またはこれらの反応器のうちのいずれか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。一実施形態において、制御器は、様々なセンサによって測定された1つ以上の読み取り値に基づいて、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入力、および材料輸送ユニット内の材料に適用される熱を調整するように構成される。

20

30

【0106】

ここで図2および4を参照して、BPU102の一実施形態が図解される。図4のBPU202のグラフ表示が図2のBPU202に実質的に対応することを理解されたい。様々な実施形態において、BPU202がキルンシェルに封入されて、反応器プロセスに必要とされる豊富な量の熱を制御および操作することも理解されたい。図4に見られるように、一実施形態において、BPU202のキルンシェルは、4つの帯域210、212、214、および216を包囲するいくつかの断熱チャンバ（416、418）を含む。一実施形態において、キルンは、4つの分離された帯域を含む。様々な実施形態において、BPU202の4つの帯域210、212、214、および216はそれぞれ、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、そのような一実施形態のそれぞれの帯域内で、入口フライトおよび出口フライトは、帯域に出入りする供給材料、ガス、および熱の流れの制御を調整することができるように構成される。不活性空気の供給量は、入口フライトに導入され得、パージされた空気は、対応する出口フライトから抽出され得る。様々な実施形態において、BPU202内の帯域の出口フライトのうちの1つ以上は、BPU内の他の入口フライトまたは出口フライトのうちの1つ以上に接続される。

40

【0107】

一実施形態において、原材料209が材料供給システム108において脱酸素化された後、BPU202に、具体的には、4つの帯域の第1の帯域、任意の乾燥帯域210に導入される。図4に見られるように、乾燥帯域は、入口フライト422bおよび出口フライト

50

ト 4 2 0 a を含む。一実施形態において、乾燥帯域は、約 8 0 °C ～ 約 1 5 0 °C の温度に加熱されて、原材料 2 0 9 から水または他の水分を除去する。その後、バイオマスは、第 2 の帯域または予熱帯域 2 1 2 に移動し、ここでバイオマスは上述のように予熱される。

【 0 1 0 8 】

別の実施形態において、任意に乾燥させられ、かつ予熱された材料は、第 3 の帯域または炭化帯域に移動する。一実施形態において、炭化は、約 2 0 0 °C ～ 約 7 0 0 °C、例えば、約 2 0 0 °C、約 2 1 0 °C、約 2 2 0 °C、約 2 3 0 °C、約 2 4 0 °C、約 2 5 0 °C、約 2 6 0 °C、約 2 7 0 °C、約 2 8 0 °C、約 2 9 0 °C、約 3 0 0 °C、約 3 1 0 °C、約 3 2 0 °C、約 3 3 0 °C、約 3 4 0 °C、約 3 5 0 °C、約 3 6 0 °C、約 3 7 0 °C、約 3 8 0 °C、約 3 9 0 °C、約 4 0 0 °C、約 4 1 0 °C、約 4 2 0 °C、約 4 3 0 °C、約 4 4 0 °C、約 4 5 0 °C、約 4 6 0 °C、約 4 7 0 °C、約 4 8 0 °C、約 4 9 0 °C、約 5 0 0 °C、約 5 1 0 °C、約 5 2 0 °C、約 5 3 0 °C、約 5 4 0 °C、約 5 5 0 °C、約 5 6 0 °C、約 5 7 0 °C、約 5 8 0 °C、約 5 9 0 °C、約 6 0 0 °C、約 6 1 0 °C、約 6 2 0 °C、約 6 3 0 °C、約 6 4 0 °C、約 6 5 0 °C、約 6 6 0 °C、約 6 7 0 °C、約 6 8 0 °C、約 6 9 0 °C、または約 7 0 0 °C の温度で生じる。別の実施形態において、反応器 4 2 1 の炭化帯域は、炭化中に生成されたガスが抽出されることを可能にするように適合される。別の実施形態において、炭化中に生成されたガスは、任意の後の使用のために抽出される。一実施形態において、炭化温度は、メタン (CH₄) の生成を最小限に抑えるか、または排除し、かつ炭化バイオマスの炭素含有量を最大限に生かすように選択される。

【 0 1 0 9 】

別の実施形態において、炭化バイオマスは、温度低下帯域または冷却帯域 (第 3 の帯域) に移動し、受動的に冷却することを可能にするか、または能動的に冷却される。一実施形態において、炭化バイオマス固体は、室温の ± 1 0、2 0、3 0、または 4 0 °C の温度に冷却される。

【 0 1 1 0 】

様々な実施形態において、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 で図解される BPU の実施形態において、BPU は、複数のガス導入プローブ 4 0 8、4 1 0、4 1 2、および 4 1 4、ならびに複数のガス抽出プローブ 4 0 0、4 0 2、4 0 4、および 4 0 6 をさらに含む。様々な実施形態において、それぞれのガス導入プローブのうちの 1 つおよびそれぞれのガス抽出プローブのうちの 1 つが、複数の帯域 2 1 0、2 1 2、2 1 4、および 2 1 6 のうちの異なる 1 つに相当することを理解されたい。様々な代替実施形態において、BPU 2 0 2 が、複数の帯域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。

【 0 1 1 1 】

図解される実施形態において、乾燥帯域 2 1 0 は、ガス導入プローブ 4 1 2 およびガス抽出プローブ 4 0 2 に関連付けられる。一実施形態において、ガス導入プローブ 4 1 2 は、乾燥帯域 2 1 0 に窒素を導入し、ガス抽出プローブ 4 0 2 は、乾燥帯域 2 1 0 からガスを抽出する。様々な実施形態において、ガス導入プローブ 4 1 2 が乾燥帯域 2 1 0 にガス混合物を導入するように構成されることを理解されたい。一実施形態において、抽出されたガスは、酸素である。様々な実施形態において、上でより詳細に説明されるように、ガス抽出プローブ 4 0 2 が乾燥帯域 2 1 0 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。

【 0 1 1 2 】

図解される実施形態において、予熱帯域 2 1 2 は、ガス導入プローブ 4 1 4 およびガス抽出プローブ 4 0 0 に関連付けられる。一実施形態において、ガス導入プローブ 4 1 4 は、予熱帯域 2 1 2 に窒素を導入し、ガス抽出プローブ 4 0 0 は、予熱帯域 2 1 2 からガスを抽出する。様々な実施形態において、ガス導入プローブ 4 1 4 が予熱帯域 2 1 2 にガス混合物を導入するように構成されることを理解されたい。様々な実施形態において、ガス抽出プローブ 4 0 0 で抽出されたガスは、炭素濃縮オフガスを含む。一実施形態において

、上述のように、予熱帯域 2 1 2 および熱分解帯域 2 1 4 から抽出されたガスが、例えば、炭素回収ユニットで、プロセスの後半に材料に再導入されることを理解されたい。様々な実施形態において、反応器の帯域のうちのいずれかから抽出されたガスは、トリミング反応器でさらに熱分解するために乾燥器もしくはプロセスガス加熱器内でのエネルギー回収のために使用されるか、または炭素濃縮ユニット内で使用されるかのいずれかである。

【0 1 1 3】

図解される実施形態において、熱分解帯域 2 1 4 は、ガス導入プローブ 4 1 0 およびガス抽出プローブ 4 0 4 に関連付けられる。一実施形態において、ガス導入プローブ 4 1 0 は、熱分解帯域 2 1 4 に窒素を導入し、ガス抽出プローブ 4 0 4 は、熱分解帯域 2 1 4 からガスを抽出する。様々な実施形態において、ガス導入プローブ 4 1 0 が熱分解帯域 2 1 4 にガス混合物を導入するように構成されることを理解されたい。様々な実施形態において、ガス抽出プローブ 4 0 4 で抽出されたガスは、炭素濃縮オフガスを含む。一実施形態において、上述のように、熱分解帯域 2 1 4 から抽出された炭素濃縮ガスが使用され、プロセスの後半に材料に再導入されることを理解されたい。様々な実施形態において、以下でより詳細に説明されるように、予熱帯域 2 1 2 から抽出されたガス 4 0 0 および熱分解帯域 2 1 4 から抽出されたガス 4 0 4 は、材料に再導入される前に合わせられる。

【0 1 1 4】

図解される実施形態において、冷却帯域 1 1 6 は、ガス導入プローブ 4 0 8 およびガス抽出プローブ 4 0 6 に関連付けられる。一実施形態において、ガス導入プローブ 4 0 8 は、冷却帯域 1 1 6 に窒素を導入し、ガス抽出プローブ 4 0 6 は、冷却帯域 1 1 6 からガスを抽出する。様々な実施形態において、ガス導入プローブ 4 0 8 が冷却帯域 1 1 6 にガス混合物を導入するように構成されることを理解されたい。様々な実施形態において、上でより詳細に説明されるように、ガス抽出プローブ 4 0 6 が冷却帯域 1 1 6 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。

【0 1 1 5】

上述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が、上述の制御器および複数のセンサとともに動作して、それぞれの帯域に導入されるガスおよびそれぞれの帯域から抽出されるガスのレベルおよび濃度を調整するように構成されることを理解されたい。

【0 1 1 6】

様々な実施形態において、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できている。一実施形態において、ガス導入プローブおよびガス抽出プローブは、複数の開口部を含み、そこを通してガスが導入または抽出される。様々な実施形態において、複数の開口部は、入口およびガス抽出プローブの下方側に配置される。様々な実施形態において、複数の開口部はそれぞれ、各帯域内で実質的な長さにならって延在する。

【0 1 1 7】

一実施形態において、ガス導入プローブは、それぞれの帯域を通して B P U 2 0 2 の一側面から延在する。そのような一実施形態において、4 つのガス導入プローブはそれぞれ、B P U の一側面からそれぞれの各帯域まで延在する。様々な実施形態において、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において、4 つのガス導入プローブのそれぞれ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各帯域内にのみ配置されることを理解されたい。

【0 1 1 8】

例えば、図 4 を参照して、ガス導入プローブはそれぞれ、乾燥帯域の左側から帯域のうちのそれぞれ 1 つに延在し、4 つすべてのガス導入プローブは、乾燥帯域を通して移動し、乾燥帯域ガス導入プローブは、乾燥帯域内で終結する。残り 3 つのガス導入プローブはすべて、予熱帯域を通して移動し、予熱帯域ガス導入プローブは、予熱帯域内で終結する。残り 2 つのガス導入プローブは、熱分解帯域を通して移動し、熱分解帯域ガス導入プローブは、熱分解帯域内で終結する。冷却帯域ガス導入プローブは、冷却帯域に移動し、か

10

20

30

40

50

つ冷却帯域内で終結する唯一のガス導入プローブである。様々な実施形態において、ガス抽出プローブがこの例で説明されるガス導入プローブに類似して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がそれぞれ、BPUのいずれか一方の側面から始まることも理解されたい。

【0119】

様々な実施形態において、ガス導入プローブは、上の例で説明される多ポート構成によって使用される空間を節約するために互いに同心円状に配置される。そのような一実施形態において、4つの入口プローブ／ポートはそれぞれ、先の入口プローブ／ポートよりも小さい直径を有する。例えば、一実施形態において、乾燥帯域ガス導入プローブは、最大内径を有し、予熱帯域ガス導入プローブは、乾燥帯域入口プローブ／ポートの内径内に位置付けられ、その後、熱分解帯域ガス導入プローブが予熱帯域ガス導入プローブの内径内に位置付けられ、冷却帯域ガス導入プローブが熱分解帯域ガス導入プローブ内に位置付けられる。例示の一実施形態において、好適なコネクタは、BPU102外の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注入される空気を個別に制御する。

【0120】

そのような一実施形態において、上の例と同様に、乾燥帯域ガス導入プローブは、乾燥帯域内で終結し、他の3つのガス導入プローブは、予熱帯域に続く。しかしながら、同心円状の構成または実質的に同心円状の配置では、最も外側のガス導入プローブのみが、終結される前にそれぞれの帯域で曝露される。したがって、そのような一実施形態において、個別の帯域ガス導入は、互いに独立して効果的に制御される一方で、1つの連続したガス導入プローブラインのみを必要とする。同様の同心円状の構成または実質的に同心円状の構成が一実施形態において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。

【0121】

一実施形態において、それぞれの帯域または反応器は、個別の帯域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る。別の実施形態において、それぞれの帯域／反応器からのオフガスは、廃棄、分析、および／または後の使用のために分離したままである。様々な実施形態において、それぞれの反応器／帯域は、帯域／反応器内でガス形成を監視することができるFTIR等のガス検出システムを含有する。別の実施形態において、複数の帯域／反応器からのオフガスは、廃棄、分析、および／または後の使用のために合わせられ、様々な実施形態において、1つ以上の帯域／反応器からのオフガスは、プロセスガス加熱器に供給される。別の実施形態において、1つ以上の帯域／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。別の実施形態において、1つ以上の帯域／反応器からのオフガスは、炭素回収ユニットに導入する前にガス相分離器に供給される。一実施形態において、ガス相分離器は、分別塔を備える。当業者に既知の任意の分別塔が使用され得る。一実施形態において、オフガスは、好適な温度に加熱される標準の分別塔、または充填塔を用いて、非極性化合物および極性化合物に分離される。別の実施形態において、非極性化合物またはガス相分離器からの濃縮ガスは、任意の後の使用のために抽出され、様々な実施形態において、1つ以上の帯域／反応器からのオフガスは、プロセスガス加熱器に供給される。一実施形態において、予熱帯域／反応器、熱分解帯域／反応器、および任意に冷却帯域／反応器から抽出されたガスは、合わせられた流に抽出され、ガス相分離器に供給される。様々な実施形態において、帯域／反応器のうちの1つ以上は、ガスが合わせられた流に導入されるか否か、かつどの程度のガスが合わせられた流に導入されるかを制御するように構成される。

【0122】

上で論じられ、概して図5で図解されるように、BPU102／202からのオフガス124／224は、ガス相分離器200内に指向される。様々な実施形態において、オフガス124／224は、第2の／熱分解帯域／反応器114／214から抽出されたガス122／222またはいずれかのガス流のみと合わせられた第1の／予熱帯域／反応器112／212から抽出されたガス120を含む。オフガス124／224がガス相分離器

200に入ると、オフガス124/224は、極性化合物128/228/136/236および非極性ガス等の非極性化合物204に分離される。様々な実施形態において、ガス相分離器200は、既知の分別塔である。

【0123】

様々な実施形態において、合わせられたオフガス124/224から抽出された濃縮ガス204は、入力524を介してガス相分離器200から炭素回収ユニット500内に指向され、これが材料を濃縮する。上で論じられ、図8および11で図解されるように、様々な実施形態において、抽出されたガスが、最初に材料濃縮ユニットに導入され、その後、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で図解される実施形態において、材料濃縮は、炭素回収ユニット500で起こる。一実施形態において（図5）、ガス相分離器200は、複数の出力を含む。様々な実施形態において、ガス相分離器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、炭素回収ユニット500に濃縮ガス流を導入する。一実施形態において、濃縮ガス流の一部は、炭素回収ユニット500に指向され、別の一部は、スクラバまたは別の好適な精製装置に指向され、望ましくないガスを洗浄および廃棄する。様々な実施形態において、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に（例えば、プロセスガス加熱器において）、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）のいずれかで使用され得る。同様に、様々な実施形態において、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に（例えば、プロセスガス加熱器において）、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においてのいずれかで使用され得る。

【0124】

一実施形態において、ガス相分離器からの別の出力は、極性化合物を抽出し、それらを任意に凝縮して液体成分（複数の異なる液体部分を含む）にする。様々な実施形態において、液体は、水、酢酸、メタノール、およびフルフラールを含む。様々な実施形態において、出力された液体は、貯蔵されるか、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、一実施形態において出力された水を再利用して、システムの別の一部を加熱または冷却することができることを理解されたい。別の実施形態において、水が排出される。一実施形態において出力される酢酸、メタノール、およびフルフラールが、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たい。

【0125】

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筐体を備える。材料濃縮ユニットが炭素回収ユニットとは別である様々な実施形態において、材料濃縮ユニットが、図5の炭素回収ユニット500に関して論じられる特徴に類似した特徴を含むことを理解されたい。一実施形態において、炭素回収ユニットは、上部502aおよび下部502bを有する筐体502、反応器オフガスを運ぶように構成された筐体の下部の底部に位置する入口524、濃縮ガス流を運ぶように構成された筐体の上部の最上部に位置する出口534、筐体の上部と下部との間に画定された通路504、および通路に続く試薬を輸送するように構成された輸送システム528を備え、筐体は、試薬が反応器オフガスの少なくとも一部を吸着させるように成形される。様々な実施形態において、上部は、複数の出口を含み、下部は、複数の入口を含む。

【0126】

一実施形態において、筐体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を実質的に含まない。一実施形態において、筐体502は、凸状の角を実質的に含まない。別の実施形態において、筐体502は、渦または捕獲空気を生成することができる凸状の角を実質的に含まない。別の実施形態において、筐体502は、立方体、長方形角柱、楕円体、立体楕円体、回転楕円体、基部同士が付着した2つの円錐体、基部同士が付着した2つの正四面体、基部同士が付着した2つの長方形角錐体、または基部同士が付着した2つの二等辺三角柱様に実質的に成形される。

【0127】

一実施形態において、筐体 502 の上部 502 a および下部 502 b は、半楕円体、半長方形角柱、半立体楕円体、半回転楕円体、円錐体、正四面体、長方形角錐体、二等辺三角柱、または円形～長方形管移行部 (duct transition) 様にそれぞれ実質的に成形される。

【0128】

別の実施形態において、筐体 502 b の下部の底部に位置する入口 524 および筐体 502 a の上部の最上部に位置する出口 534 は、パイプと接続するように構成される。別の実施形態において、筐体 502 b の下部の最上部および筐体 502 a 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。別の実施形態において、筐体 502 b の下部の最上部と筐体 502 a 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。一実施形態において、輸送システム 528 の幅は、その高さである。

10

【0129】

一実施形態において、炭素回収ユニット 500 は、上部と下部との間に画定された通路、入口開口部 506、および出口開口部 508 を備える。一実施形態において、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。一実施形態において、輸送システム 528 は、濃縮ガスに少なくとも半透性または浸透性である。

【0130】

一実施形態において、入口開口部 506 は、ガスの漏れを減少させるために入口開口部密封機構を含み、出口開口部 508 は、ガスの漏れを減少させるために出口開口部密封機構を含む。一実施形態において、入口および出口開口部密封機構は、エアロックを備える。

20

【0131】

様々な実施形態において、炭素回収ユニットの筐体の下部 502 b は、狭い円形の底部接続開口部を有し、これは、ガス流 204 の輸送のためにガス相分離器 200 に接続される。様々な実施形態において、炭素回収ユニット 500 の筐体の下部 502 b の最上部は、実質的に長方形であり、狭い円形の底部接続開口部の幅よりも実質的に広い。一実施形態において、下部が、円形の底部開口部から長方形の最上部開口部まで移行することを理解されたい。一実施形態において、下部の長方形の最上部開口部の幅は、約 6 フィートである (コンベヤシステムの方に沿って)。様々な実施形態において、炭素回収ユニット 500 の上部は、下部と実質的に同様に成形される。一実施形態において、上部の下方開口部の幅は、下部の最上部開口部よりも広い。一実施形態において、上部の長方形の下方開口部の幅は、約 6.5 フィートである (コンベヤシステムの方に沿って)。一実施形態において、この上部は、活性化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獲するように構成される。

30

【0132】

様々な実施形態において、炭素回収ユニットの下部の形状が、生物起源の活性炭生成物 126 / 226 を運ぶコンベヤのより広い表面積にわたるガス 204 の遅延および分散を支援することを理解されたい。様々な実施形態において、炭素回収ユニット 500 の下部 502 b および上部 502 a の正確な形状は、ガス相分離器パイプからのガス分散の角度に依存する。様々な実施形態において、ガスが、垂直から 5 ~ 30 度のフレア範囲でポンプ注入されるときに、自然に膨張する傾向があることを理解されたい。一実施形態において、フレア角度は、約 15 度である。空気の捕獲または渦の形成を防ぐために、炭素回収ユニットの下部が可能な限り少ない数の折り目および角で構築されることを理解されたい。

40

【0133】

一実施形態において、炭素回収ユニット 500 は、上述のガス相分離器 200、ならびに BPU 102 / 202 に接続するように構成される。様々な実施形態において、炭素回収ユニット 500 は、冷却反応器 / 帯域 216 / 116 の出力、または BPU 102 / 202 の最後の冷却帯域もしくは BPU の外部に接続される。一実施形態において、冷却反応器 / 帯域 116 / 216 の出力は、BPU 102 / 202 で処理された生物起源の活性

50

炭生成物を含む。一実施形態において、生物起源の活性炭生成物 1 2 6 / 2 2 6 は、好適な輸送システムに沿って炭素回収ユニット 5 0 0 に入る。様々な実施形態において、炭素回収ユニットの上部および底部は、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。一実施形態において、輸送システムは、多孔質またはメッシュ材料で構築され、それらは、ガスがそれらを通過することを可能にするように構成される。輸送システムが、炭素回収ユニット 5 0 0 の開口部を通過し、その後、炭素回収ユニットの出口開口部を通過するように構成されることを理解されたい。いくつかの実施形態において、炭素回収ユニットへの／からの入口および出口は、エアロックまたは別の好適な密封機構で適切に密封され、ガスがコンベヤ開口部を通して漏れるのを防ぐ。様々な実施形態において、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に（例えば、プロセスガス加熱器において）、または不活性ガスとして（例えば、脱気ユニット、反応器、B P U、もしくは冷却器において）のいずれかで使用され得る。同様に、様々な実施形態において、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に（例えば、プロセスガス加熱器において）に、不活性ガスとして（例えば、脱気ユニット、反応器、B P U、もしくは冷却器において）、または二次回収ユニットにおいてのいずれかで使用され得る。

【 0 1 3 4 】

様々な実施形態において、プロセスは、冷却反応器／帯域 1 1 6 / 2 1 6 からの好適な放電機構を用いて最初に生物起源の活性炭生成物 1 2 6 / 2 2 6 を冷却帯域 1 1 6 / 2 1 6 から輸送システムに出力することによって動作する。一実施形態において、生物起源の活性炭生成物 1 2 6 / 2 1 6 は、輸送システムの幅全体に広がって、材料の積み重ねまたは集束を最小限に抑え、ガス吸収のために表面積を最大限に生かす。生物起源の活性炭生成物 1 2 6 / 2 1 6 が堆積し、輸送システムへと好適に広がった時点で、様々な実施形態において、輸送システムは、上述の下部と最上部との間に画定される炭素回収ユニット 1 0 4 の開口部を通して生物起源の活性炭生成物 1 2 6 / 2 1 6 を輸送する。炭素回収ユニット 1 0 4 において、生物起源の活性炭生成物 1 2 6 / 2 1 6 は、ガス相分離器 2 0 0 から炭素回収ユニット 1 0 4 の下部にパイプ輸送されたガスを吸着させる。生物起源の活性炭生成物が非極性ガスで濃縮された後、生物起源の活性炭生成物が高炭素の生物起源の活性炭生成物になることを理解されたい。様々な実施形態において、高炭素の生物起源の活性炭生成物は、本明細書に開示のプロセスの最終生成物であり、炭素回収ユニット 1 0 4 から好適な貯蔵または後処理装置に輸送される。

【 0 1 3 5 】

一実施形態において、濃縮ガス 2 0 4 がコンベヤおよび生物起源の活性炭生成物 1 2 6 / 2 1 6 を通過した後、結果として生じるガスは、炭素回収ユニット 1 0 4 の上部で抽出される。様々な実施形態において、排出ガス 1 3 4 は、好適なスクラバ、スタック、または回収システムに運ばれる。いくつかの実施形態において、排出ガスは、二次炭素回収ユニットにおける使用を含むシステムにおける任意の再利用可能な資質に利用されるか、またはエネルギーに利用される。様々な実施形態において、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に（例えば、プロセスガス加熱器において）、または不活性ガスとして（例えば、脱気ユニット、反応器、B P U、もしくは冷却器において）のいずれかで使用され得る。同様に、様々な実施形態において、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に（例えば、プロセスガス加熱器において）に、不活性ガスとして（例えば、脱気ユニット、反応器、B P U、もしくは冷却器において）、または二次回収ユニットにおいてのいずれかで使用され得る。

【 0 1 3 6 】

生物起源の活性炭生成物 1 2 6 / 2 1 6 が豊富な量の炭素を含み、炭素が非極性ガスへの吸着を非常に好むことを理解されたい。濃縮ガス流 2 0 4 が、テルペン、一酸化炭素、二酸化炭素、およびメタン等の主に非極性のガスを含むことも理解されたい。様々な実施形態において、濃縮ガスがガス相分離器から炭素回収ユニットに指向されると、ガスの流量およびコンベヤの速度が監視および制御され、生物起源の活性炭生成物 1 2 6 / 2 1 6 中の非極性ガスの最大吸収を確実にする。別の実施形態において、高エネルギーの有機化

合物は、バイオマスの炭化中に溶出され、かつガス相分離器 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。様々な実施形態において、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、さらなる添加物でさらに濃縮される。

【0137】

以下でより詳細に論じられるように、様々な実施形態において、炭素回収ユニット内の生物起源の活性炭生成物 126 / 216 の滞留時間は制御され、生物起源の活性炭生成物 126 / 216 の組成ならびにガス流および組成物に基づいて変化する。一実施形態において、生物起源の活性炭生成物は、1つ以上の炭素回収ユニットを2回以上通過する。様々な実施形態において、ガス相分離器からの濃縮空気の出出力および炭素回収ユニット 104 からの排出空気の出出力は、さらなる炭素回収ユニットに転用または分岐され得るか、あるいはこのプロセスで用いるエネルギーまたは不活性ガスのためにさらに精製または使用される。

10

【0138】

より概して図6～13を参照して、本開示の様々な実施形態が図解され、論じられる。図6～13に関して以下で論じられる様々な実施形態および代替案が上述の図1～5の実施形態に適用され、逆の場合も同様であることを理解されたい。

【0139】

ここで具体的に図6を参照して、この実施形態は、2つ～2つより多い複数の異なる帯域を有する単一反応器を含むBPUを利用し得る。2つの帯域が図解の実施形態に示されているが、任意の異なる数の帯域を用いてもよい。一実施形態において、それぞれの帯域は、材料輸送ユニット（図示されず）を介して少なくとも1つの他の帯域に接続される。一実施形態において、材料輸送ユニットは、雰囲気および温度条件を制御する。

20

【0140】

具体的に図6で図解される一実施形態において、システム600は、材料供給システム602、熱分解帯域608および冷却帯域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がBPU606の外部にあり、BPU606内に存在する冷却帯域610の追加物であることを理解されたい。

【0141】

様々な実施形態において、システム600は、材料供給システム602とBPU606との間に任意の乾燥器を含む。様々な実施形態において、BPU606は、複数の帯域を含む。図6において、BPU606は、熱分解帯域608および冷却帯域610を含む。BPU606は、少なくとも凝縮性蒸気および非凝縮性ガス612を含む物質を複数の帯域608、610に添加し、かつ様々な物質を複数の帯域608、610から除去するために、少なくとも複数の入口および出口も含む。以下で論じられる様々な実施形態において、複数の帯域608または610のうちの1つ以上がBPU606によって封入されることを理解されたい。

30

【0142】

ここで図7を参照して、一実施形態のシステム700が図解され、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。様々な実施形態において、システム700は、材料供給システム702および予熱器706との間に任意の乾燥器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器708は、少なくとも1つのガス入口710および熱分解反応器708から物質を出力するための少なくとも1つの出口712を含む。様々な実施形態において、出口712を通して出力された物質は、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が1つ以上の帯域（本明細書において詳細に論じられない）を含み得ることを理解されたい。様々な実施形態において、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。

40

【0143】

50

ここで図 8 を参照して、一実施形態の単一反応器、多帯域 B P U システム 8 0 0 が図解され、論じられる。システム 8 0 0 は、材料供給システム 8 0 2、熱分解帯域 8 1 0 および冷却帯域 8 1 2 を有する B P U 8 0 8、材料濃縮ユニット 8 1 8、ならびに炭素回収ユニット 8 2 0 を含む。上述の実施形態と同様に、図 8 は、材料供給システム 8 0 2 と B P U 8 0 8 との間に位置付けられる任意の乾燥器 8 0 4 も含む。乾燥器 8 0 4 からの水分 8 0 6 が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、B P U 8 0 8 の外部および材料濃縮ユニット 8 1 8 の前に任意の冷却器 8 1 6 も含む。以下でより詳細に論じられるように、材料濃縮ユニット 8 1 8 は、B P U 8 0 8 のガス出口 8 1 4 と連通しており、B P U から凝縮性蒸気および非凝縮性ガスを運ぶ。図 8 で図解される様々な実施形態が材料濃縮ユニット 8 1 8 から分離した炭素回収ユニット 8 2 0 を含むことを理解されたい。上述のように、様々な実施形態において、図 8 の炭素回収ユニット 8 2 0 は、材料濃縮ユニット 8 1 8 の後に濃縮材料が貯蔵される適切な容器であり、炭素回収ユニット 8 2 0 は、材料をさらに濃縮しない。

10

【0144】

様々な実施形態において、任意のプロセスガス加熱器 8 2 4 が、システム内に配置され、B P U 8 0 8 に取り付けられることを理解されたい。様々な実施形態において、B P U 8 0 8 からの蒸気または他のオフガスは、空気、天然ガス、および窒素のうちのいずれか 1 つ以上の外部源に加えて、任意のプロセスガス加熱器 8 2 4 に入力される。以下で論じられるように、様々な実施形態において、プロセスガス加熱器 8 2 4 からの空気排出物は、熱またはエネルギー回収システムとして乾燥器 8 0 4 に入力される。

20

【0145】

ここで図 9 を参照して、一実施形態のシステム 9 0 0 の B P U 9 0 8 が図解され、論じられる。B P U 9 0 8 は、複数の帯域：予熱帯域 9 0 4、熱分解帯域 9 1 0、および冷却帯域 9 1 4 を含む。一実施形態の B P U 9 0 8 は、帯域 9 0 4、9 1 0、9 1 4 のうちの 1 つと連通した材料供給システム 9 0 2、帯域 9 0 4、9 1 0、9 1 4 のうちの 1 つ以上と連通した少なくとも 1 つのガス入口 9 0 6 も含む。様々な実施形態において、以下で論じられるように、帯域のうちの 1 つは、物質、一実施形態において、凝縮性蒸気および／または非凝縮性ガスを出力するために少なくとも 1 つの出口 9 1 2 も含む。様々な実施形態において、帯域のうちの 1 つは、システム 9 0 0 から高度な炭素を出力するための出口も含む。

30

【0146】

図 9 が予熱帯域 9 0 4 に接続されたガス入口 9 0 6 を示しているが、様々な実施形態がこれら 3 つの帯域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、ガス出口 9 1 2 が熱分解帯域 9 1 0 に由来するが、様々な実施形態がこれら 3 つの帯域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、B P U 内に入力および出力を含み、例えば、熱分解帯域 9 1 0 の出口は、その後、予熱帯域 9 0 4 への入力になる。図解される実施形態において、B P U 内の反応器がそれぞれ、上述のように、材料供給システムを介して互いに接続されることを理解されたい。

【0147】

様々な実施形態において、B P U 9 0 8 の予熱帯域 9 0 4 は、バイオマスに「衝撃を与えない」様式でバイオマス 9 0 2（または別の炭素含有供給原料）を供給するように構成され、これは、細胞壁を破裂させ、蒸気およびガスへの固相の高速分解を開始する。一実施形態において、予熱帯域 9 0 4 は、穏やかな熱分解と考えられ得る。

40

【0148】

様々な実施形態において、B P U 9 0 8 の熱分解帯域 9 1 0 は、一次反応帯域として構成され、ここで、予熱された材料は熱分解化学反応を経てガスおよび凝縮性蒸気を放出し、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、細孔を貫通するか、または新たなナノ細孔を作成することによって漏れる蒸気を分解および作成する。後者の効果は、多孔性および表面積の作

50

成に寄与する。

【0149】

様々な実施形態において、BPU908の冷却帯域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ており、すなわち、冷却帯域914の温度は、熱分解帯域910よりも低い。冷却帯域914において、化学反応および物質輸送は、複雑であり得る。様々な実施形態において、二次反応は、冷却帯域914で生じる。ガス相に存在する炭素含有成分が分解してさらなる固定炭素を形成し得、かつ／または炭素を吸着させるようになり得ることを理解されたい。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揮発化した残渣ではなく、むしろ、炭素を形成し得る有機蒸気（例えば、タール）の分解等によってガス相から堆積したさらなる炭素を含む。

10

【0150】

ここで図10～13を参照して、システムの様々な多反応器の実施形態が図解され、論じられる。それぞれの実施形態と同様に、システムは、以下でより詳細に論じられるように、任意の脱気器および任意の乾燥器を含む。図10を参照して、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のうち的一方または両方にガスを入力するように構成される。様々な実施形態において、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。様々な実施形態において、炭素回収ユニット1022は、システム1000から活性炭を出力するための出口1024を含む。

20

【0151】

少なくとも図10～13に図解される様々な実施形態において、図解されたシステムが任意の脱気器および任意の乾燥器を含むことを理解されたい。図10に見られるように、例えば、破線で表されるように、任意の脱気器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に接続される。同様に、乾燥器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に接続される。様々な実施形態において、材料供給システムからの材料が、材料供給システム、脱気器、乾燥器を通して熱分解反応器までの任意の数の異なる通路を流れることができるように、乾燥器1006および脱気器1004も互いに接続される。いくつかの実施形態において、材料が任意の脱気器1004および乾燥器1006のうちの1つのみを通過することを理解されたい。

30

いくつかの実施形態において、図10を参照して、生物起源の活性炭を生成するためのプロセスは、以下のステップを含む：

【0152】

(a) バイオマスを含む炭素含有供給原料を提供するステップと、

【0153】

(b) 供給原料を任意に乾燥させて、供給原料内に含まれる水分の少なくとも一部を除去するステップと、

【0154】

(c) 供給原料を任意に脱気して、いくらか存在する場合、供給原料内に含まれる格子間酸素の少なくとも一部を除去するステップと、

40

【0155】

(d) 実質的に不活性のガス相の存在下で供給原料を約250℃～約700℃から選択される少なくとも1つの温度で少なくとも10分間熱分解して、熱い熱分解固体、凝縮性蒸気、および非凝縮性ガスを発生させるステップと、

【0156】

(e) 熱い熱分解固体から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分離するステップと、

【0157】

50

(f) 熱い熱分解固体を冷却して、冷却された熱分解固体を発生させるステップと、
【0158】

(g) 冷却された熱分解固体の少なくとも一部を含む生物起源の活性炭を回収するステップ。

【0159】

ここで図11を参照して、一実施形態の多反応器システム1100が図解される。上で論じられ、かつ図10で図解され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の図解される実施形態において、冷却器1120は任意であり、材料濃縮ユニット1122は、任意の冷却器1120と炭素回収ユニット1124との間に配置される。様々な実施形態において、材料濃縮ユニット1122が、材料をさらに濃縮し得るか、または濃縮し得ない別個の炭素回収ユニット1124に続く前に材料を濃縮することを理解されたい。様々な実施形態において、任意の脱気器1104および任意の乾燥器1106は、材料供給システム1102と熱分解反応器1112との間に配置される。図解される実施形態において、熱分解反応器1112は、凝縮性蒸気および非凝縮性ガス等の物質を除去し、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も含む。

【0160】

様々な実施形態は、炭素含有種を含む冷却された炭素がある環境に供されて最終生成物の炭素含有量を濃縮する別個の材料濃縮ユニット818、1122を含めることによって、さらなる炭素形成の概念を拡大する。このユニットの温度が熱分解温度未満である場合、さらなる炭素がさらなる固定炭素ではなく吸着された炭素質種の形態であることが予想される。

【0161】

以下で詳細に説明されるように、任意の特定の反応器に存在する1つ以上の相の中間入力および出力（パージまたはブロー）流、様々な質量およびエネルギー再循環スキーム、プロセスのどこにでも導入され得る様々な添加物、生成物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能力等に関して多数の選択肢が存在する。帯域または反応器に特有の入力および出力流は、FTIRサンプリングおよび動的プロセス調整等によって良好なプロセス監視および制御を可能にする。

【0162】

本開示は、高速熱分解とは異なり、従来の低速熱分解とも異なる。高画分の固定炭素有する組成物を含む本開示における高品質の炭素材料は、本開示のプロセスおよびシステムから得られ得る。

【0163】

本開示の目的のために、「バイオマス」は、任意の生物起源の供給原料または生物起源の供給原料と非生物起源の供給原料の混合物と解釈されるべきである。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。本開示の方法および装置は、様々な種類、大きさ、および水分含有量の幅広い供給原料を収容し得る。

【0164】

バイオマスは、例えば、植物および植物由来の材料、植生、農業廃棄物、林業廃棄物、木くず、紙くず、動物由来の廃棄物、家禽由来の廃棄物、および都市固形廃棄物を含む。本開示のバイオマスを利用する様々な実施形態において、バイオマス供給原料は、木材収穫残分、針葉樹チップ、広葉樹チップ、木の枝、木の切り株、木節、葉、樹皮、おがくず、規格外製紙用パルプ、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、サトウキビバガス、スイッチグラス、ススキ、家畜糞尿、都市ごみ、都市下水、商業廃棄物、ブドウ搾汁かす、アーモンドの殻、ピーカンの殻、ココナツの殻、コーヒーの出がらし、草ペレット、干し草ペレット、木材ペレット、ボール紙、紙、炭水化物、プラスチック、および布から選択される1つ以上の材料を含み得る。当業者であれば、供給原料の選択肢が事実上無制限であることを容易に理解する。

【0165】

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）等のバイオマスではなく炭素含有供給原料、またはバイオマスおよび化石燃料の任意の混合物（バイオマス／石炭ブレンド物等）のためにも使用される。いくつかの実施形態において、生物起源の供給原料は、石炭、油頁岩、原油、アスファルト、または原油処理からの固体（石油コークス等）であるか、またはこれらを含む。供給原料は、廃タイヤ、再生プラスチック、再生紙、および他の廃棄物または再生材料を含み得る。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、電車、船舶、荷船、牽引トレーラー、または任意の他の車両もしくは運搬手段等の任意の既知の手段によって輸送可能である。

10

【0166】

特定の供給原料（複数可）の選択は、技術的に重要であると見なされないが、経済的なプロセスを好む傾向がある様式で実行される。典型的には、選択された供給原料にかかわらず、（いくつかの実施形態において）望ましくない材料を除去するスクリーニングが存在し得る。処理前に供給原料を任意に乾燥させてもよい。

【0167】

用いられる供給原料は、多種多様の粒径または形状に提供または処理され得る。例えば、供給材料は、微粉末、または微粒子と粗粒子の混合物であり得る。供給材料は、木材チップ等の大きい断片の材料の形態、または木材の他の形態（例えば、円形、円筒形、正方形等）であり得る。いくつかの実施形態において、供給材料は、結合剤等を用いて、一緒に押圧されたか、またはさもなければ結合された粒子のペレットもしくは他の凝集形態を含む。

20

【0168】

粒径減少が高価なエネルギー集約型のプロセスであることに留意されたい。熱分解材料は、著しく低いエネルギー入力で寸法決定され得、すなわち、供給原料ではなく生成物の粒径を減少させることにより、エネルギー効率がより高くなり得る。これは、プロセスが微細な出発材料を必要とせず、処理中に必ずしも任意の粒径減少が存在しないため、本開示における選択肢である。本開示は、非常に大きい断片の供給原料を処理する能力を提供する。とりわけ、いくつかの実施形態において、大きい断片が供給、生成、および販売されるように、活性炭生成物のいくつかの市場用途は、実際に大きい寸法（例えば、約数センチメートル）を要求する。必ずしも本開示のすべての実施形態ではないが、より小さく寸法決定することが、同様のプロセス条件下でより多くの固定炭素をもたらしており、小さく寸法決定された活性炭生成物および／またはより高い固定炭素含有量を典型的に要求するいくつかの用途において利用され得ることを理解されたい。

30

【0169】

円筒等の形態で構造的完全性を有する生物起源の最終炭素質活性炭生成物の生成が所望される場合、本開示において少なくとも2つの選択肢が存在する。最初に、このプロセスから生成された材料が収集され、その後、所望の形態にさらに機械的に処理される。例えば、生成物は、結合剤を用いて押圧またはペレット化される。第2の選択肢は、最終生成物に所望の大きさおよび／または形状を一般に保持する供給材料を利用し、かつ供給材料の基本構造を破壊しない処理ステップを用いることである。いくつかの実施形態において、供給物および生成物は、球体、円筒、または立方体等の同様の幾何学的形状を有する。

40

【0170】

プロセス全体を通して供給材料の近似形状を維持する能力は、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、高固定炭素材料のペレット化の問題を回避し、費用を節約する。

【0171】

様々な実施形態における出発供給材料には、理解されるように、一連の水分レベルが提供される。いくつかの実施形態において、供給材料は、すでに十分に乾燥しているため、熱分解前にさらに乾燥させる必要はない。典型的には、通常水分を含有するバイオマスの

50

商業的供給源を利用し、かつ熱分解反応器への導入前に乾燥ステップを介してバイオマスを供給することが望ましい。しかしながら、いくつかの実施形態において、乾燥させた供給原料が使用される。様々な実施形態において、任意のバイオマスがうまく働くが、材料がどのように成長したか、収穫されたか、灌漑されたか、材料種の選択、および炭素含有量といった要素が、プロセスおよびその生成物に影響を与え得ることを理解されたい。特に、様々な実施形態において、増殖時にわずかの肥料およびリンを使用することにより、金属作製により良好な特性がもたらされる。様々な実施形態において、収穫中の低衝撃剪断がより高い強度をもたらす。様々な実施形態において、より少ない灌漑およびより小さい年輪がより高い強度をもたらし得る。

【0172】

様々な実施形態において、添加物および／または触媒がBPUに含まれ、BPU内の温度プロファイルを選択して一酸化炭素よりも二酸化炭素の生成を促進して、最終生成物中により多くの固定炭素をもたらすことを理解されたい。

【0173】

熱分解反応器内に比較的低い酸素環境（例えば、ガス相中約10%、5%、3%、または1%の O_2 ）を提供することが望ましい。最初に、制御されていない燃焼は、安全上の理由のため、熱分解反応器内では回避されるべきである。 CO_2 へのある量的全炭素酸化が生じ得、発熱酸化によって放出される熱は、吸熱熱分解化学反応を支援し得る。合成ガスへの部分的酸化を含む大量の炭素酸化は、固体の炭素収率を減少させる。

【0174】

事実上、それぞれの反応器（複数可）またはBPUにおいて厳密に酸素を含まない環境を達成することは困難であり得る。この制限に取り組むことができ、いくつかの実施形態において、反応器（複数可）またはBPUは、ガス相中に分子酸素を実質的に含まない。反応器（複数可）またはBPU内に酸素がほとんどまたは全く存在しないことを確実にするために、供給材料が反応器（複数可）またはBPUに導入され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。供給原料中の空気を除去するか、または減少させるための様々な方法が存在する。

【0175】

いくつかの実施形態において、図10、11、12、および13に見られるように、吸着した酸素を除去し、かつ供給原料の細孔を貫通して細孔から酸素を除去することができる別のガスの存在下で、乾燥前または乾燥後に供給原料が運搬される脱気ユニットが利用される。21体積%未満の O_2 を有するほとんどのガスが様々な有効性で用いられ得る。いくつかの実施形態において、窒素が用いられる。いくつかの実施形態において、 CO および／または CO_2 が用いられる。窒素と少量の酸素の混合物等の混合物が用いられ得る。蒸気は脱気ガス中に存在し得るが、供給物質への相当量の水分の戻し添加は避けるべきである。脱気ユニットからの溶出物は、（雰囲気または排出処理ユニットに）パージされ得るか、または再循環させられ得る。

【0176】

原則として、脱気ユニットからの溶出物（またはその一部）は、固体から除去された酸素がこれから高度に希釈されるため、熱分解反応器自体に導入され得る。この実施形態において、脱気溶出ガスが向流構成で動作する場合に、脱気溶出ガスを反応器の最後の帯域に導入することが有利であり得る。

【0177】

様々な種類の脱気ユニットが用いられ得る。一実施形態において、乾燥が行われる場合、乾燥後の脱気は、可溶性酸素を存在する水分からスクラブ洗浄するステップを回避する。ある特定の実施形態において、乾燥ステップおよび脱気ステップが単一のユニット内に組み合わせられるか、またはある量の脱気が乾燥中に達成される。

【0178】

任意に乾燥させ、かつ任意に脱気させた供給材料は、熱分解反応器または複数の反応器に順番にまたは同時に導入される。様々な実施形態における材料供給システムは、例えば

10

20

30

40

50

、ネジ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用いて供給原料を導入する。いくつかの実施形態において、材料供給システムは、エアロックを組み込む。

【0179】

単一反応器（図6、3、または4等のもの）が用いられる場合、複数の帯域が存在し得る。2つ、3つ、4つ、またはそれ以上の帯域等の複数の帯域は、全体のプロセス性能を調整するために、温度、固体滞留時間、ガス滞留時間、ガス組成、流れパターン、および／または圧力の個別の制御を可能にし得る。

【0180】

上述のように、「帯域」への言及は、単一の物理的ユニット（図6、8、または9等のもの）、物理的に分離したユニット（図7および10～13等のもの）、またはこれらの任意の組み合わせ内に空間領域を含むと広く解釈されるべきである。BPUについて、そのBPU内の帯域の区別は、構造、例えば、BPU内のフライトの存在または熱を別個の帯域に提供するためのはっきりと異なる加熱素子に関連し得る。あるいは、またはさらに、様々な実施形態において、BPU内の帯域の区別は、少なくともはっきりと異なる温度、流体流れパターン、固体流れパターン、および反応の程度等の機能に関連する。単一バッチ反応器において、「帯域」は、空間ではなく時間における動作レジームである。様々な実施形態は、複数のバッチBPUの使用を含む。

【0181】

ある帯域から別の帯域への急激な遷移が必ずしも存在するわけではないことが理解される。例えば、予熱帯域と熱分解帯域との間の境界は、ある程度任意であり、ある量の熱分解は、予熱帯域の一部で起こり得、ある量の「予熱」は、熱分解帯域で起こり続け得る。帯域内の帯域境界を含むBPUにおける温度プロファイルは、典型的には連続している。

【0182】

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条件下で動作する予熱帯域304を用いる。様々な実施形態において、予熱帯域304の温度は、約80℃～約500℃、例えば、約300℃～約400℃である。様々な実施形態において、予熱帯域304の温度は、細胞壁を破裂させ、かつ蒸気およびガスへの固相の高速分解を開始するバイオマス材料に衝撃を与えるほど高くない。一般に高速またはフラッシュ熱分解として既知の熱分解は、本開示では避けられている。

【0183】

本明細書における帯域温度へのすべての言及は、非限定的な様式で、存在するバルク固体、またはガス相、または反応器もしくはBPU壁（プロセス側の）に適用され得る温度を含むと解釈されるべきである。それぞれの帯域において温度勾配が軸方向にも半径方向にも、かつ時間的にも存在することが理解される（すなわち、起動に応じて、または一過性のため）。したがって、帯域温度への言及は、実際の動力学に影響を与え得る平均温度または他の有効温度への言及であり得る。温度は、熱電対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または推定され得る。

【0184】

第2の帯域、または一次熱分解帯域は、熱分解または炭化条件下で動作する。熱分解帯域の温度は、約300℃、350℃、400℃、450℃、500℃、550℃、600℃、または650℃等の約250℃～約700℃から選択され得る。この帯域内で、予熱されたバイオマスは、熱分解化学反応を経てガスおよび凝縮性蒸気を放出し、高炭素反応中間体として相当量の固体材料を残す。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、細孔を貫通するか、または新たな細孔を作成することによって漏れる蒸気を分解および作成する。温度は、少なくとも熱分解帯域の滞留時間、ならびに供給原料の本質および生成物特性に依存する。

【0185】

冷却帯域が動作して、高炭素反応中間体を様々な程度に冷却する。様々な実施形態において、冷却帯域の温度は、熱分解帯域の温度よりも低い。様々な実施形態において、冷却

10

20

30

40

50

帯域の温度は、約 1 0 0 °C ~ 約 5 5 0 °C、例えば、約 1 5 0 °C ~ 約 3 5 0 °C から選択される。

【0186】

様々な実施形態において、化学反応は、冷却帯域で生じ続ける。様々な実施形態において、二次熱分解反応が冷却帯域で開始することを理解されたい。ガス相中に存在する炭素含有成分は、凝縮し得る（冷却帯域の温度低下のため）。しかしながら、温度は、十分に高いまま留まって、凝縮された液体からさらなる固定炭素を形成し得る反応（二次熱分解）を促進するか、または少なくとも吸着種と固定炭素との間に結合を形成する。起こり得る 1 つの例示の反応は、一酸化炭素から二酸化炭素と固定炭素への変換（ブドア反応）である。

10

【0187】

帯域の滞留時間は異なり得る。所望の量の熱分解のために、より高い温度が反応時間の減少を可能にし得、逆の場合も同様である。連続した B P U（反応器）における滞留時間は、体積流量で除した体積である。バッチ反応器における滞留時間は、反応温度まで加熱した後のバッチ反応時間である。

【0188】

多相 B P U において、複数の滞留時間が存在することを認識されたい。この文脈において、それぞれの帯域において、固相と蒸気相の両方の滞留時間（および滞留時間分布）が存在する。複数の帯域を用いる所与の装置のために、かつ所与のスループットとともに、帯域全体の滞留時間は、概して固体側で連結されるが、複数の入口および出口ポートが個々の帯域で利用される場合、滞留時間は、蒸気側で切り離され得る。様々な実施形態において、固体滞留時間と蒸気滞留時間は、切り離される。

20

【0189】

予熱帯域の固体滞留時間は、予熱温度に到達するのに必要とされる温度および時間に応じて、約 1 0 分間等の約 5 分間 ~ 約 6 0 分間から選択され得る。粒子の種類および大きさ、物理的装置、ならびに加熱パラメータに依存する熱伝導率は、固体を既定の予熱温度に到達させるのに必要な最小滞留時間を決定づける。

【0190】

熱分解帯域の固体滞留時間は、約 2 0 分間、3 0 分間、または 4 5 分間等の約 1 0 分間 ~ 約 1 2 0 分間から選択され得る。この帯域内の熱分解温度に応じて、必要な熱伝導後に炭化化学反応を起こすのに十分な時間が存在すべきである。約 1 0 分間未満の時間の場合、多くの量の非炭素元素を除去するために、温度は、例えば 7 0 0 °C を超える極めて高い温度である必要がある。この温度は、高速熱分解ならびに炭素自体に由来する蒸気およびガスの発生を促進するが、対象とする生成物が固定炭素である場合、これを避けるべきである。

30

【0191】

様々な実施形態の静的システムにおいて、平衡変換は、ある特定の時点で到達される。ある実施形態で見られるように、揮発物を連続して除去しながら蒸気が固体上を連続して流れるとき、平衡制約が除去されて、熱分解および脱揮発化を可能にし、反応速度がゼロに近づくまで継続し得る。時間がより長くても、残りの不応性固体を実質的に変化させる傾向はない。

40

【0192】

冷却帯域の固体滞留時間は、様々な実施形態において、約 3 0 分間等の約 5 分間 ~ 約 6 0 分間から選択され得る。この帯域内の冷却温度に応じて、炭素固体を所望の温度まで冷却するのに十分な時間が存在すべきである。冷却速度および温度は、炭素を冷却するのに必要な最小滞留時間を決定づける。さらなる時間は、ある量の二次熱分解が所望されない限り、望ましくない場合がある。

【0193】

上述のように、蒸気相の滞留時間は、別々に選択および制御され得る。予熱帯域の蒸気滞留時間は、約 1 分間等の約 0 . 1 分間 ~ 約 1 0 分間から選択され得る。熱分解帯域の蒸

50

気滞留時間は、約2分間等の約0.1分間～約20分間から選択され得る。冷却帯域の蒸気滞留時間は、約1.5分間等の約0.1分間～約15分間から選択され得る。短い蒸気滞留時間がシステムからの揮発物の高速掃引を促進する一方で、より長い蒸気滞留時間は、固相を有する蒸気相中の成分の反応を促進する。

【0194】

反応器の動作モードおよび全体のシステムは、連続的、半連続的、バッチ、またはこれらの任意の組み合わせもしくは変形例であり得る。いくつかの実施形態において、BPUは、連続した向流反応器であり、そこで固体および蒸気が実質的に反対の方向に流れる。BPUは、バッチでも動作し得るが、例えば、ガス相を定期的に導入し、かつバッチ容器からガス相を除去することによる蒸気の模擬向流流れを伴う。

10

【0195】

様々な流れパターンが所望または観察され得る。化学反応および同時分離が複数の帯域内に複数の相を伴うため、流体力学は、極めて複雑であり得る。典型的には、固体の流れがプラグ流れに近づき得る（半径方向寸法において十分に混合された）一方で、蒸気の流れは、完全に混合された流れに近づき得る（半径方向寸法および軸方向寸法の両方における高速輸送）。蒸気用の複数の入口および出口ポートが全体の混合に寄与し得る。

【0196】

それぞれの帯域における圧力は、別々に選択および制御され得る。それぞれの帯域の圧力は、独立して、約101.3 kPa（標準大気圧）等の約1 kPa～約3000 kPaから選択され得る。約大気圧以下の帯域圧力が所望されるときにガスを引き出すための真空ポートを含む複数のガス入口および出口が使用される場合、独立した帯域の圧力制御が可能である。同様に、多反応器システムにおいて、それぞれの反応器における圧力は、独立して選択および制御され得る。

20

【0197】

プロセスは、いくつかの実施形態において、大気圧で好都合に動作し得る。機械の簡潔さから安全性向上に及ぶ大気圧での動作に関連した多くの利点が存在する。ある特定の実施形態において、熱分解帯域は、約90 kPa、95 kPa、100 kPa、101 kPa、102 kPa、105 kPa、または110 kPaの圧力（絶対圧力）で動作する。

【0198】

真空動作（例えば、10～100 kPa）は、システムからの揮発物の高速掃引を促進する。オフガスが高圧動作に供給されるとき、より高い圧力（例えば、100～1000 kPa）が有用であり得る。上昇した圧力も、熱伝導、化学反応、または分離を促進するのに有用であり得る。

30

【0199】

熱い熱分解固体から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分離するステップは、反応器自体内で、またははっきりと異なる分離ユニットを用いて達成され得る。実質的に不活性の掃引ガスは、帯域のうちの1つ以上に導入され得る。その後、凝縮性蒸気および非凝縮性ガスは、掃引ガス内の帯域（複数可）から運ばれ、BPUを出る。

【0200】

掃引ガスは、例えば、N₂、Ar、CO、CO₂、H₂、H₂O、CH₄、他の軽質炭化水素、またはこれらの組み合わせであり得る。掃引ガスは、導入前に最初に予熱され得るか、または加熱源から得られる場合、おそらく冷却され得る。

40

【0201】

掃引ガスは、揮発性成分が凝縮し得るか、またはさらに反応し得る前に、システムからそれらを取り除くことによって揮発性成分をより完全に除去する。掃引ガスは、単に所与のプロセス温度での揮発化から得られる速度よりも速い速度で揮発物を除去することを可能にする。あるいは、掃引ガスの使用は、より温和な温度をある特定の量の揮発物を除去するために用いることを可能にする。掃引ガスが揮発物の除去を改善する理由として、分離機構が単に相対揮発度ではなく、むしろ掃引ガスによって支援される液体／蒸気相の解

50

放であることが挙げられる。掃引ガスは、所与の揮発性種を連続して枯渇させることによって、揮発化の物質移動限界を低減させるだけでなく、熱力学的限界も低減させて、より多くの揮発性種を蒸気化させて熱力学的平衡を得ることができる。

【0202】

高固定炭素を有する生成物を生成するために、その後の処理段階から揮発性有機炭素を充填したガスを除去することが重要である。除去なしでは、揮発性炭素は、熱分解固体を吸着させるか、または熱分解固体を吸収し、それにより所望され得る炭素のより純粋な形態を得るためにさらなるエネルギー（費用）を必要とし得る。蒸気を迅速に除去することによって、熱分解固体の多孔性が高められることも推測される。活性炭生成物等の様々な実施形態において、より高い多孔性が望ましい。

10

【0203】

ある特定の実施形態において、掃引ガスは、大気圧等の比較的低いプロセス圧力とともに、豊富な量の不活性ガスを必要とすることなく高速蒸気除去をもたらす。

【0204】

いくつかの実施形態において、掃引ガスは、供給原料の流れ方向に対して向流に流れる。他の実施形態では、掃引ガスは、供給原料の流れ方向に対して並流に流れる。いくつかの実施形態において、固体の流れパターンがプラグ流に近づく一方で、掃引ガスおよびガス相の流れパターンは、概して、1つ以上の帯域内で完全に混合された流れに近づく。

【0205】

掃引は、帯域のうちのいずれか1つ以上で行われ得る。いくつかの実施形態において、掃引ガスは、冷却帯域に導入され、冷却帯域および／または熱分解帯域から抽出される（生成された揮発物とともに）。いくつかの実施形態において、掃引ガスは、熱分解帯域に導入され、熱分解帯域および／または予熱帯域から抽出される。いくつかの実施形態において、掃引ガスは、予熱帯域に導入され、熱分解帯域から抽出される。これらまたは他の実施形態において、掃引ガスは、予熱帯域、熱分解帯域、および冷却帯域のそれぞれに導入され、これらの帯域のそれぞれから抽出される。

20

【0206】

いくつかの実施形態において、分離が実行される帯域（複数可）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帯域は、所望の場合、帯域間に配置される。例えば、熱分解帯域と冷却帯域との間に設置された分離ユニットが存在し得る。

30

【0207】

掃引ガスは、特に固体流が連続している場合、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動作する場合、掃引ガスは、ある特定の時間後、または定期的に導入されて、揮発物を除去し得る。熱分解反応が連続して動作する場合でさえも、掃引ガスは、所望の場合、好適な弁および制御物を用いて半連続してまたは定期的に導入され得る。

【0208】

揮発物含有掃引ガスは、1つ以上の帯域から出て、複数の帯域から得られた場合、合わせられ得る。その後、様々な蒸気を含む結果として生じるガス流は、上で論じられ、図8で図解されるように、空気排出物を制御するため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用いられ得る。いくつかの実施形態において、プロセスガス加熱器に天然ガスおよび空気が供給されて、その中に含まれる揮発物の実質的な破壊に十分な温度に到達する。

40

【0209】

プロセスガス加熱器の溶出物は、水、二酸化炭素、および窒素を含む高温ガス流である。この溶出物流は、所望の場合、直接パーズされて空気排出物になり得る。いくつかの実施形態において、廃熱回収ユニット等のプロセスガス加熱器の溶出物のエネルギー含有量が回収される。エネルギー含有量は、別の流（掃引ガス等）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、乾燥器または反応器等のプロセスの他の箇所のユニットを直接的または間接的に加熱するか、またはその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において、乾燥器の間接加熱（実用的な面）のために、本質的にす

50

すべてのプロセスガス加熱器の溶出物が用いられる。プロセスガス加熱器は、天然ガスではなく他の燃料を用い得る。

【0210】

炭素質材料の収率は、供給原料の種類およびプロセス条件を含む上述の要素によって異なり得る。いくつかの実施形態において、出発供給原料の割合としての固体の実質収率は、乾燥ベースで、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、またはケトン等の凝縮性蒸気と、一酸化炭素、水素、二酸化炭素、およびメタン等の非凝縮性ガスとの間で分かれる。存在する水を含む非凝縮性ガスと比較した凝縮性蒸気の相対量も、プロセス条件に依存する。いくつかの実施形態において、熱分解ステップ前の添加物の組み込みは、添加物が熱分解ステップ（例えばあったとしても）後に添加される同一のプロセスと比較して炭素質材料の収率を改善する。いくつかの実施形態において、添加物（例えば、ハロゲン含有添加物）は、バイオマスを湿らせるために添加され、かつ／またはバイオマスを乾燥させた後であるが、熱分解の前に、炭素質材料（例えば、生物起源の活性炭）の結果として生じる質量収率は、(i) いかなる時点でも添加されないか、または(ii) 熱分解後であるが、他の点では同一のプロセスによって添加された生物起源の活性炭によって生成された添加物の質量収率を超える。

10

【0211】

炭素バランスの観点では、いくつかの実施形態において、供給原料中の出発炭素の割合としての炭素の実質収率は、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において、炭素質材料は、出発供給原料中に含まれる炭素の約40%～約70%を含有する。残りの炭素は、さまざまな程度で、メタン、一酸化炭素、二酸化炭素、軽質炭化水素、芳香族、タール、テルペン、アルコール、酸、アルデヒド、またはケトンの形成をもたらす。

20

【0212】

代替実施形態において、これらの化合物のある一部は、炭素が豊富な固体と合わせられて、炭素および生成物のエネルギー含有量を濃縮する。これらの実施形態において、様々な蒸気を含む反応器からの結果として生じるガス流の一部またはすべては、少なくとも部分的に凝縮され、その後、冷却帯域および／または別個の冷却器から得られた冷却された熱分解固体を通る。これらの実施形態は、以下でより詳細に説明される。

30

【0213】

反応および冷却帯域（存在する場合）内での冷却後、炭素質固体は、冷却器に導入され得る。いくつかの実施形態において、固体が収集され、単に緩徐な速度で冷却する。炭素質固体が反応性であるか、または空気中で不安定な場合、不活性雰囲気を維持し、かつ／または固体を例えば、周辺温度等の約40℃以下の温度まで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において、急速に冷却するために水反応停止処理が用いられる。いくつかの実施形態において、流動床冷却器が用いられる。「冷却器」は、容器、タンク、パイプ、またはこれらの一部も含むと広く解釈されるべきである。様々な実施形態において、冷却器が、冷却ユニットまたは冷却反応器とははっきりと異なることを理解されたい。

40

【0214】

いくつかの実施形態において、プロセスは、温かい熱分解固体を蒸気で冷却するための冷却器を動作させ、それにより冷たい熱分解固体および過熱蒸気を発生させることを含み、乾燥は、少なくとも部分的に、冷却器から得られた過熱蒸気で実行される。任意に、冷却器は、最初に温かい熱分解固体を蒸気で冷却して第1の冷却器温度に到達させ、その後、空気で冷却して第2の冷却器温度に到達させるように動作し、第2の冷却器温度は、第1の冷却器温度よりも低く、空気の存在下における温かい熱分解固体の燃焼危険性の低下に関連している。

【0215】

周囲条件まで冷却した後、炭素質固体は、回収され、貯蔵され、別の動作場所に運搬さ

50

れ、別の場所に輸送されるか、またはさもなければ、配置され、取引されるか、または販売される。固体は、ユニットに供給されて、粒径を減少させ得る。製粉機、シュレッダー、グラインダー、粉碎機、ジェットミル、ピンミル、およびボールミルを含む様々な粒径減少ユニットが当技術分野において既知である。

【0216】

粒径に基づく分離のためのスクリーニングまたはいくつかの他の手段が含まれ得る。スクリーニングは、存在する場合、粉碎の上流または下流であり得る。スクリーニングされた材料の一部（例えば、大きい塊）は、粉碎ユニットに戻され得る。小粒子および大粒子は、別々の下流での使用のために回収され得る。いくつかの実施形態において、冷却された熱分解固体は、微粉化炭素もしくは活性炭生成物等の微粉末に製粉されるか、または強度を増加させる。

10

【0217】

様々な添加物は、本明細書に開示の任意のステップの前、最中、または後に、プロセス全体を通して導入され得る。添加物は、炭素収率または熱分解時間／温度等のプロセス性能を改善して所望の炭素純度を達成するように選択されたプロセス添加物、および生物起源の活性炭または試薬を組み込む下流生成物の1つ以上の特性を改善するように選択されたプロセス添加物に広く分類され得る。ある特定の添加物は、バイオマス供給原料の量と比較した生物起源の活性炭生成物の全体の収率等の強化されたプロセスおよび生成物特性を提供し得る。

【0218】

20

添加物は、全プロセス中の任意の好適な時点で添加され得る。例であって制限なく、添加物は、供給原料を乾燥させるステップの前、最中、または後；供給原料を脱気するステップの前、最中、または後；熱分解ステップの前、最中、または後；分離ステップの前、最中、または後；任意の冷却ステップの前、最中、または後；生物起源の活性炭回収ステップの前、最中、または後；微粉化ステップの前、最中、または後；寸法決定ステップの前、最中、または後；および／あるいは包装ステップの前、最中、または後に添加され得る。添加物は、供給原料供給設備、輸送トラック、荷降ろし機器、貯蔵ビン、コンベヤ（開放または閉鎖コンベヤを含む）、乾燥器、プロセス加熱器、もしくは任意の他のユニットで、またはこれらの上に組み込まれ得る。添加物は、添加物の導入に好適な手段を用いて、熱分解プロセス自体のどこにでも添加され得る。添加物は、所望の場合、炭化後、またはさらには微粉化後に添加され得る。

30

【0219】

したがって、本開示と一致する単一反応器バイオマス処理ユニットの一例が図21に示される。ユニット2100は、供給原料2102が供給されるホッパー2104を含む。ホッパー2104は、供給原料2102を反応器2112に運搬する前に供給原料2102への反応器オフガス（例えば、蒸気流2114）ならびに／または外部源2162からの添加物および／もしくはガスの添加および／または混合を可能にするように任意に構成される。活性炭2126は、反対側の端部を出る前に反応器2112を通して機械的に運搬される。蒸気、窒素、二酸化炭素、またはこれらの組み合わせ2152は、バイオマス通路に対して向流様式で反応器2112に導入される。蒸気流2114は、反応器2112から少なくとも部分的に除去され、ホッパー2104に、その後、熱酸化器2124に任意に供給される。熱交換器2154は、熱酸化器の排出物からの熱がガス流2158を加熱することを可能にし、このガス流2158は、窒素および／または二酸化炭素を含み得る。ガス流2158、またはその一部は、通路2160を介して反応器2112に、かつ／または反応器2112に入る前に任意に供給原料2102に再循環される（図示されず）。オフガス2156は、標準の方法に従って、例えば、スタックを通して廃棄され得る。

40

【0220】

図22に示される実施形態は、本開示と一致する二反応器型バイオマス処理ユニットを図解する。ユニット2200は、図21に関して上で説明された処理ユニット2100と

50

実質的に同様に構成された第1の多帯域反応器ユニット2212Aを含む。しかしながら、この実施形態において、反応器2212Aによって生成された生物起源の活性炭2226Aの少なくとも一部は、通路2202を介してホッパー2204に、その後、第2の反応器2212Bに供給される。第1の反応器2212A、熱酸化器2224、および熱交換器2254によって生成された任意に熱酸化され、かつ任意に調整された蒸気流2260の少なくとも一部は、第2の反応器2212Bに向流的に供給される。任意に、第2の反応器2212Bからのオフガスの少なくとも一部は、通路2272を介して再循環されて、第2の反応器2212B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一部は、例えばスタックによって通路2256Bを介して廃棄され得る。生物起源の活性炭生成物は、通路2226Bを介して第2の反応器2212Bを出る。

10

【0221】

これらまたは他の実施形態において、本開示は、生物起源の活性炭を生成するための連続プロセスを提供し、このプロセスは、

(a) バイオマスを含む出発炭素含有供給原料を提供することと

、

(b) 前述の供給原料を任意に乾燥させて、前述の供給原料から水分の少なくとも一部を除去することと、

(c) 1つ以上の間接的に加熱された反応帯域において、前述の供給原料を機械的に運搬し、前述の供給原料を、実質的に不活性のガスを含む蒸気流および水または二酸化炭素のうちの少なくとも一方を含む活性化剤と向流的に接触させて、固体、凝縮性蒸気、および非凝縮性ガスを発生させることと（前述の凝縮性蒸気および前述の非凝縮性ガスは前述の蒸気流に入る）、

20

(d) 前述の反応帯域から前述の蒸気流の少なくとも一部を除去して、分離された蒸気流を発生させることと、

(e) 前述の分離された蒸気流またはその熱的に処理された形態の少なくとも一部を、ステップ(c)の前に前述の供給原料に、かつ／または前述の反応帯域（複数可）のガス入口に再循環させることと、

(f) 生物起源の活性炭として前述の反応帯域（複数可）から前述の固体の少なくとも一部を回収することを含む。

30

【0222】

いくつかの実施形態において、供給原料内に含まれる水分の少なくとも一部を除去するためにステップ(b)が実行される。例えば、供給原料は、約8重量%または約4重量%以下の水分等の約12重量%以下の水分を含有するように乾燥させられ得る。ある特定の実施形態において、供給原料にはさらに水は添加されない。活性化剤は、最初から供給原料中に含まれる水分に由来する水を含み得る。

【0223】

いくつかの実施形態において、活性化剤は、水および二酸化炭素の両方を含む。水と二酸化炭素の比率は、固体の活性化を増加させるように最適化され得る。

【0224】

間接的に加熱された反応帯域のうちの少なくとも1つは、好ましくは、約700℃～約900℃から選択される反応温度で維持される。間接的に加熱された反応帯域のすべては、いくつかの実施形態において、約950℃以下の最高反応温度で維持される。

40

【0225】

いくつかの実施形態において、ステップ(d)は、反応帯域から凝縮性蒸気の少なくとも一部を除去することを含む。いくつかの実施形態において、ステップ(d)は、反応帯域から蒸気流のすべてを除去することを含む。

【0226】

いくつかの実施形態において、ステップ(e)は、反応帯域のガス入口に、かつ／またはステップ(c)の前に供給原料に、分離された蒸気流のうちの少なくとも一部を導入す

50

ることを含む。いくつかの実施形態において、ステップ（e）は、反応帯域のガス入口に、かつ／またはステップ（c）の前に供給原料に、分離された蒸気流のうちの少なくとも一部の熱的に処理された形態を導入することを含む。

【0227】

いくつかの実施形態において、ステップ（e）は、分離された蒸気流またはその熱的に処理された形態をさらに加熱することをさらに含む。いくつかの実施形態において、ステップ（e）は、分離された蒸気流またはその熱的に処理された形態のガス組成を調整することをさらに含む。ガス組成の調整は、水、二酸化炭素、窒素、および酸素からなる群から選択される1つ以上の種を導入することを含み得る。

【0228】

いくつかの実施形態において、調整されたガス組成は、0%～100%の水、例えば、約0%、約1%、約2%、約3%、約4%、約5%、約6%、約7%、約8%、約9%、約10%、約11%、約12%、約13%、約14%、約15%、約16%、約17%、約18%、約19%、約20%、約21%、約22%、約23%、約24%、約25%、約26%、約27%、約28%、約29%、約30%、約31%、約32%、約33%、約34%、約35%、約36%、約37%、約38%、約39%、約40%、約41%、約42%、約43%、約44%、約45%、約46%、約47%、約48%、約49%、約50%、約51%、約52%、約53%、約54%、約55%、約56%、約57%、約58%、約59%、約60%、約61%、約62%、約63%、約64%、約65%、約66%、約67%、約68%、約69%、約70%、約71%、約72%、約73%、約74%、約75%、約76%、約77%、約78%、約79%、約80%、約81%、約82%、約83%、約84%、約85%、約86%、約87%、約88%、約89%、約90%、約91%、約92%、約93%、約94%、約95%、約96%、約97%、約98%、約99%、または約100%の水を含む。

【0229】

いくつかの実施形態において、調整されたガス組成は、0%～100%の二酸化炭素、例えば、約0%、約1%、約2%、約3%、約4%、約5%、約6%、約7%、約8%、約9%、約10%、約11%、約12%、約13%、約14%、約15%、約16%、約17%、約18%、約19%、約20%、約21%、約22%、約23%、約24%、約25%、約26%、約27%、約28%、約29%、約30%、約31%、約32%、約33%、約34%、約35%、約36%、約37%、約38%、約39%、約40%、約41%、約42%、約43%、約44%、約45%、約46%、約47%、約48%、約49%、約50%、約51%、約52%、約53%、約54%、約55%、約56%、約57%、約58%、約59%、約60%、約61%、約62%、約63%、約64%、約65%、約66%、約67%、約68%、約69%、約70%、約71%、約72%、約73%、約74%、約75%、約76%、約77%、約78%、約79%、約80%、約81%、約82%、約83%、約84%、約85%、約86%、約87%、約88%、約89%、約90%、約91%、約92%、約93%、約94%、約95%、約96%、約97%、約98%、約99%、または約100%の二酸化炭素を含む。

【0230】

いくつかの実施形態において、調整されたガス組成は、0%～100%の窒素、例えば、約0%、約1%、約2%、約3%、約4%、約5%、約6%、約7%、約8%、約9%、約10%、約11%、約12%、約13%、約14%、約15%、約16%、約17%、約18%、約19%、約20%、約21%、約22%、約23%、約24%、約25%、約26%、約27%、約28%、約29%、約30%、約31%、約32%、約33%、約34%、約35%、約36%、約37%、約38%、約39%、約40%、約41%、約42%、約43%、約44%、約45%、約46%、約47%、約48%、約49%、約50%、約51%、約52%、約53%、約54%、約55%、約56%、約57%、約58%、約59%、約60%、約61%、約62%、約63%、約64%、約65%、約66%、約67%、約68%、約69%、約70%、約71%、約72%、約73%

、約 74 %、約 75 %、約 76 %、約 77 %、約 78 %、約 79 %、約 80 %、約 81 %
、約 82 %、約 83 %、約 84 %、約 85 %、約 86 %、約 87 %、約 88 %、約 89 %
、約 90 %、約 91 %、約 92 %、約 93 %、約 94 %、約 95 %、約 96 %、約 97 %
、約 98 %、約 99 %、または約 100 %の窒素を含む。

【0231】

いくつかの実施形態において、調整されたガス組成は、0 %～100 %の酸素、例えば、約 0 %、約 1 %、約 2 %、約 3 %、約 4 %、約 5 %、約 6 %、約 7 %、約 8 %、約 9 %、約 10 %、約 11 %、約 12 %、約 13 %、約 14 %、約 15 %、約 16 %、約 17 %、約 18 %、約 19 %、約 20 %、約 21 %、約 22 %、約 23 %、約 24 %、約 25 %、約 26 %、約 27 %、約 28 %、約 29 %、約 30 %、約 31 %、約 32 %、約 33 %、約 34 %、約 35 %、約 36 %、約 37 %、約 38 %、約 39 %、約 40 %、約 41 %、約 42 %、約 43 %、約 44 %、約 45 %、約 46 %、約 47 %、約 48 %、約 49 %、約 50 %、約 51 %、約 52 %、約 53 %、約 54 %、約 55 %、約 56 %、約 57 %、約 58 %、約 59 %、約 60 %、約 61 %、約 62 %、約 63 %、約 64 %、約 65 %、約 66 %、約 67 %、約 68 %、約 69 %、約 70 %、約 71 %、約 72 %、約 73 %、約 74 %、約 75 %、約 76 %、約 77 %、約 78 %、約 79 %、約 80 %、約 81 %、約 82 %、約 83 %、約 84 %、約 85 %、約 86 %、約 87 %、約 88 %、約 89 %、約 90 %、約 91 %、約 92 %、約 93 %、約 94 %、約 95 %、約 96 %、約 97 %、約 98 %、約 99 %、または約 100 %の酸素を含む。いくつかの実施形態において、調整されたガス組成は、約 16 %以下、約 14 %以下、約 12 %以下、約 10 %以下、約 8 %以下、約 6 %以下、約 4 %以下、または約 2 %以下の酸素を含む。

【0232】

分離された蒸気流またはその熱的に処理された形態は、合計約 1 重量%以下（約 0.1、0.2、0.5、または 0.8 重量%等）の一酸化炭素および V O C 含有量を含み得るか、または含むように調整され得る。ガス組成は、いくつかの実施形態において、少なくとも約 70 重量%、少なくとも約 75 %の窒素、少なくとも約 80 %の窒素、少なくとも約 85 %の窒素、少なくとも約 90 %の窒素、少なくとも約 95 %の窒素、または約 100 %の窒素を含有するように調整され得る。

【0233】

分離された蒸気流またはその熱的に処理された形態のうちの少なくとも一部は、第 1 の間接的に加熱された反応帯域に供給原料を機械的に供給するように構成された送達システムに導入され得る。そのような送達システムは、例えば、供給オージェまたはネジを含み得る。

【0234】

いくつかの実施形態において、活性化剤のうちの少なくとも一部は、分離された蒸気流またはその熱的に処理された形態に由来する。ステップ（e）は、固体中の炭素の収率を増加させ得る。さらに、ステップ（e）は、好ましくは、固体の表面積およびヨウ素価を増加させ得る。いくつかの実施形態において、ステップ（f）は、生物起源の活性炭として反応帯域から固体のすべてを回収することを含む。

【0235】

添加物は、ステップ（a）～（f）のうちの 1 つ以上の前、最中、または後に任意に導入され、添加物は、酸、塩基、塩、金属、金属酸化物、金属水酸化物、金属ハロゲン化物、ヨウ素、ヨウ素化合物、またはこれらの組み合わせから選択される。添加物は、マグネシウム、マンガン、アルミニウム、ニッケル、鉄、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、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、フルオライト、フルオロスパー、ベントナイト、酸化カルシウム、石灰、水酸化ナトリウム、水酸化カリウム、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、有機酸、ヨウ素、ヨウ素化合物、およびこれらの組み合わせからなる群から選択され得る。

【0236】

生物起源の活性炭は、少なくとも約500、1000、1500、または2000のヨウ素価を特徴とし得る。生物起源の活性炭は、少なくとも約1000m²/g、1500m²/g、2000m²/g、またはそれ以上の表面積を特徴とし得る。

【0237】

いくつかの実施形態において、生物起源の活性炭の少なくとも一部は、グラフェンの形態で存在する。生物起源の活性炭は、外部から印加された磁場に応答し得る。また、生物起源の活性炭は、出発炭素含有供給原料よりも高い電気伝導度および／または電気容量を有し得る。

【0238】

いくつかの実施形態において、生物起源の活性炭は、外部から印加された磁場に応答する。いくつかの実施形態において、生物起源の活性炭の磁性特性は、少なくとも部分的に、鉄等の磁性金属またはその化合物の存在に起因する。他の実施形態では、生物起源の活性炭は、鉄、鉄化合物、別の磁性金属もしくはその化合物、鉱石、半金属もしくはその化合物、またはそれ自体が外部から印加された磁場に応答する別の非グラフェン材料の存在にもかかわらず、外部から印加された磁場に応答する。すなわち、いくつかの実施形態において、生物起源の活性炭は、鉄、鉄化合物、別の磁性金属もしくはその化合物、鉱石、半金属もしくはその化合物、またはそれ自体が外部から印加された磁場に応答する別の非グラフェン材料の存在に起因し得る程度を超えて外部から印加された磁場に応答する。

【0239】

ある特定の実施形態において、プロセスは、二次元または三次元で基板上にグラフェンを成長させるために、反応器に分離された蒸気流またはその熱的に処理された形態のうちの少なくとも一部を導入することをさらに含む。そのようなプロセスにおいて、蒸気中に含まれる炭素は、基板（ケイ素等）上に堆積して、単層の炭素を形成する。基板は、層または三次元物体であり得る。

【0240】

外部源からの液体または蒸気流は、大きく異なり得る。例示の蒸気流は、CO、CO₂、CH₄、軽質炭化水素、タール等を含み得る。例示の液体流は、より重い炭化水素（オレフィンまたは芳香族を含む）、メタノール、エタノール、またはより重いアルコール、有機酸、アルデヒド等を含み得る。外部源は、例えば、隣接するか、または共設置された化学もしくは燃料プラントからのVOCオフガス流であり得る。液体／蒸気流のみならず外部源とシステム内で再循環されたガス、すなわち、分離された蒸気流またはその熱的に処理された形態の混合物も含む組み合わせも可能である。

【0241】

いくつかの実施形態において、本開示は、グラフェンを生成するための連続プロセスを提供し、このプロセスは、

【0242】

(a) バイオマスを含む出発炭素含有供給原料を提供することと

、

【0243】

(b) 前述の供給原料を任意に乾燥させて、前述の供給原料から水分の少なくとも一部を除去することと、

【0244】

(c) 1つ以上の間接的に加熱された反応帯域において、前述の供給原料を機械的に運搬し、前述の供給原料を、実質的に不活性のガスを含む蒸気流および水または二酸化炭素のうちの少なくとも一方を含む活性化剤と向流的に接触させて、固体、凝縮性蒸気、および非凝縮性ガスを発生させることと（前述の凝縮性蒸気および前述の非凝縮性ガスは前述の蒸気流に入る）、

【0245】

(d) 前述の反応帯域から前述の蒸気流の少なくとも一部を除去して、分離された蒸気流を発生させることと、

10

20

30

40

50

【0246】

(e) 前述の分離された蒸気流またはその熱的に処理された形態の少なくとも一部を、ステップ(c)の前に前述の供給原料に、かつ／または前述の反応帯域(複数可)のガス入口に再循環させることと、

【0247】

(f) グラフェンとして前述の反応帯域(複数可)から前述の固体の少なくとも一部を回収することを含む。

【0248】

いくつかの実施形態において、ステップ(f)で回収された固体は、グラフェン含有の生物起源の活性炭からなる。グラフェン含有の生物起源の活性炭は、存在する全炭素と比較して大きく異なるグラフェンの画分を含有し得る。例えば、生物起源の活性炭中のグラフェンとして存在する炭素と全炭素の質量(またはモル)比は、約0.0001～約1、例えば、約0.001、約0.005、約0.01、約0.005、約0.1、約0.15、約0.2、約0.25、約0.3、約0.4、約0.5、約0.6、約0.7、約0.8、約0.9、約0.95、またはそれ以上であり得る。

10

【0249】

グラフェン含有量が生物起源の活性炭全体にわたって必ずしも均一ではないことにも留意されたい。いくつかの実施形態において、(仮説によって制限されることなく)グラフェンが、熱分解された供給原料または熱分解する供給原料を通る炭素含有蒸気から成長し、グラフェンが、結果として生じる固体の表面に、またはその近くに主に存在し得ると考えられている。他の実施形態では、十分な熱および固体への物質輸送により、グラフェン形成が本質的に固体全体にわたって生じ得る。

20

【0250】

プロセスは、グラフェン含有の生物起源の活性炭からグラフェンを分離することをさらに含み得る。分離は、それぞれ、遠心分離機、磁気分離機、または静電気沈殿器等の機械的、磁氣的、または電気的手段によって達成され得る。

【0251】

いくつかの実施形態において、固体をさらに処理して、固体中のグラフェン含有量を増加させる。例えば、触媒は、グラフェン成長を高めるために導入され得る。固体は、別個のプロセスに導入されて、基板またはデバイス上にグラフェンを製作するか、または移動させることができる。

30

【0252】

いくつかの実施形態において、炭素の外部源は、表面積を増加させ、かつ／または炭素収率を増加させ、かつ／またはグラフェン含有量を増加させるために導入される。これらの実施形態のうちのいくつかにおいて、生物起源の活性炭を生成するための連続プロセスは、

【0253】

(a) バイオマスを含む出発炭素含有供給原料を提供することと、

【0254】

(b) 前述の供給原料を任意に乾燥させて、前述の供給原料から水分の少なくとも一部を除去することと、

40

【0255】

(c) 1つ以上の間接的に加熱された反応帯域において、前述の供給原料を機械的に運搬し、前述の供給原料を、実質的に不活性のガスを含む蒸気流および水または二酸化炭素のうちの少なくとも一方を含む活性化剤と向流的に接触させて、固体、凝縮性蒸気、および非凝縮性ガスを発生させることと(前述の凝縮性蒸気および前述の非凝縮性ガスは前述の蒸気流に入る)、

【0256】

(d) 前述の反応帯域から前述の蒸気流の少なくとも一部を

50

除去して、分離された蒸気流を発生させることと、

【0257】

(e) 前述の分離された蒸気流またはその熱的に処理された形態の少なくとも一部を、ステップ(c)の前に前述の供給原料に、かつ／または前述の反応帯域(複数可)のガス入口に再循環させることと、

【0258】

(f) 前述の反応帯域(複数可)から前述の固体の少なくとも一部を回収することとを含み、前述の固体は、グラフェン含有の生物起源の活性炭を含む。

【0259】

一実施形態において、グラフェン含有の生物起源の活性炭を生成するための連続プロセスは、

【0260】

(a) バイオマスを含む出発炭素含有供給原料を提供することと、

【0261】

(b) 前述の供給原料を任意に乾燥させて、前述の供給原料から水分の少なくとも一部を除去することと、

【0262】

(c) 1つ以上の間接的に加熱された反応帯域において、前述の供給原料を機械的に運搬し、前述の供給原料を、実質的に不活性のガスを含む蒸気流および水または二酸化炭素のうちの少なくとも一方を含む活性化剤と向流的に接触させて、固体、凝縮性蒸気、および非凝縮性ガスを発生させることと(前述の凝縮性蒸気および前述の非凝縮性ガスは前述の蒸気流に入る)、

【0263】

(d) 前述の反応帯域から前述の蒸気流の少なくとも一部を除去して、分離された蒸気流を発生させることと、

【0264】

(e) 前述の分離された蒸気流またはその熱的に処理された形態の少なくとも一部を、ステップ(c)の前に前述の供給原料に、かつ／または前述の反応帯域(複数可)のガス入口に再循環させることと、

【0265】

(f) 前述の反応帯域(複数可)から前述の固体の少なくとも一部を回収することとを含み、前述の固体は、グラフェン含有の生物起源の活性炭を含む。

【0266】

いくつかの実施形態において、プロセスは、ステップ(f)で回収された固体を処理して、グラフェン含有量を増加させることをさらに含む。いくつかの実施形態において、プロセスは、ステップ(f)で回収された固体の少なくとも一部を用いて、基板またはデバイス上にグラフェンを製作することをさらに含む。

【0267】

いくつかの実施形態において、グラフェンまたはグラフェン含有の生物起源の活性炭は、外部から印加された磁場に応答する。いくつかの実施形態において、グラフェンまたはグラフェン含有の生物起源の活性炭は、炭素含有供給原料を超える電気伝導度値および／または電気容量値を有する。

【0268】

いくつかの実施形態において、本開示は、グラフェン含有の生物起源の活性炭を生成するための連続プロセスを提供し、このプロセスは、

【0269】

(a) バイオマスを含む出発炭素含有供給原料を提供することと、

10

20

30

40

50

【0270】

(b) 前述の供給原料を任意に乾燥させて、前述の供給原料から水分の少なくとも一部を除去することと、

【0271】

(c) 1つ以上の間接的に加熱された反応帯域において、前述の供給原料を機械的に運搬し、前述の供給原料を、実質的に不活性のガスを含む蒸気流および水または二酸化炭素のうちの少なくとも一方を含む活性化剤と向流的に接触させて、固体、凝縮性蒸気、および非凝縮性ガスを発生させることと（前述の凝縮性蒸気および前述の非凝縮性ガスは前述の蒸気流に入る）、

【0272】

(d) 前述の反応帯域から前述の蒸気流の少なくとも一部を除去して、分離された蒸気流を発生させることと、

【0273】

(e) 前述の分離された蒸気流またはその熱的に処理された形態の少なくとも一部を、ステップ(c)の前に前述の供給原料に、かつ／または前述の反応帯域（複数可）のガス入口に再循環させて、前述の固体中の炭素の表面積を増加させることと、

【0274】

(f) 生物起源の活性炭として前述の反応帯域（複数可）から前述の固体の少なくとも一部を回収することを含み、前述の生物起源の活性炭は、乾燥ベースで、約55重量%以上の全炭素、約15重量%以下の水素、および約1重量%以下の窒素を含み、前述の生物起源の活性炭の少なくとも一部は、グラフェンの形態で存在し、前述の生物起源の活性炭組成物は、約500よりも高いヨウ素価を特徴とし、前述の生物起源の活性炭は、外部から印加された磁場に応答する。

【0275】

いくつかの変形例において、本開示は、生物起源の活性炭生成物を生成するためのプロセスを提供し、このプロセスは、

【0276】

(a) バイオマスを含む炭素含有供給原料を提供することと、

【0277】

(a') 前述の供給原料に添加物を添加して、強化された供給原料を生成することと、

【0278】

(b) 強化された供給原料を任意に乾燥させて、乾燥した強化された供給原料を生成することと、

【0279】

(c) 強化された供給原料または乾燥した強化された供給原料を任意に脱気して、いくらか存在する場合、強化された供給原料または乾燥した強化された供給原料に含まれる格子間酸素の少なくとも一部を除去することと、

【0280】

(d) 熱分解帯域において、実質的に不活性のガスの存在下で、ステップ(a')、(b)、もしくは(c)、またはこれらの組み合わせのうちのいずれかにおいて生成された供給原料を約250℃～約700℃から選択される熱分解温度で少なくとも約10分間熱分解して、熱い熱分解固体、凝縮性蒸気、および非凝縮性ガスを発生させることと、

【0281】

(e) 熱い熱分解固体から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分離することと、

【0282】

(f) 冷却帯域において、実質的に不活性のガスの存在下で熱い熱分解固体を約熱分解温度以下の冷却帯域温度で少なくとも約5分間冷却して、温かい熱分解固体を発生させることと、

10

20

30

40

50

【0283】

(g) 冷却帯域とは別の任意の冷却器において、温かい熱分解固体をさらに冷却して、冷たい熱分解固体を発生させることと、

【0284】

(h) 温かい熱分解固体または冷たい熱分解固体の少なくとも一部を含む生物起源の活性炭生成物を回収することと、

【0285】

(i) 前述の生物起源の活性炭組成物を微粉化して、前述の生物起源の活性炭組成物の平均粒径を減少させることとを含む。

【0286】

いくつかの実施形態は、生物起源の活性炭組成物を生成するためのプロセスを提供し、このプロセスは、

【0287】

(a) バイオマスを含む炭素含有供給原料を提供することと、

【0288】

(a') 前述の供給原料に添加物を添加して、強化された供給原料を生成することと、

【0289】

(b) 強化された供給原料を任意に乾燥させて、乾燥した強化された供給原料を生成することと、

【0290】

(c) 強化された供給原料または乾燥した強化された供給原料を任意に脱気して、いくらか存在する場合、強化された供給原料または乾燥した強化された供給原料に含まれる格子間酸素の少なくとも一部を除去することと、

【0291】

(d) 熱分解帯域において、実質的に不活性のガスの存在下で、ステップ(a')、(b)、もしくは(c)、またはこれらの組み合わせのうちのいずれかにおいて生成された供給原料を約250℃～約700℃から選択される熱分解温度で少なくとも10分間熱分解して、熱い熱分解固体、凝縮性蒸気、および非凝縮性ガスを発生させることと、

【0292】

(e) 前述の熱い熱分解固体から前述の凝縮性蒸気の少なくとも一部および前述の非凝縮性ガスの少なくとも一部を分離することと、

【0293】

(f) 冷却帯域において、前述の実質的に不活性のガスの存在下で、前述の熱い熱分解固体を約前述の熱分解温度以下の冷却温度で少なくとも5分間冷却して、温かい熱分解固体を発生させることと、

【0294】

(g) 前述の冷却帯域とは別の任意の冷却器において、前述の温かい熱分解固体を冷却して、冷たい熱分解固体を発生させることと、

【0295】

(h) 前述の冷たい熱分解固体の少なくとも一部を含む生物起源の活性炭組成物を回収することと、

【0296】

(i) 前述の生物起源の活性炭組成物を微粉化して、前述の生物起源の活性炭組成物の平均粒径を減少させることとを含む。

【0297】

いくつかの実施形態において、プロセスは、熱分解ステップの前に添加物を添加することを含む。そのような実施形態において、結果として生じる生物起源の活性炭は、添加物なしで、あるいは熱分解ステップ中または後に添加された添加物とともに生成されたが、他の点では同一の方法で生成された生物起源の活性炭よりも高い質量収率で生成され得る

10

20

30

40

50

。関連実施形態において、生物起源の活性炭生成物は、匹敵する生物起源の活性炭生成物と同程度に、またはそれよりも良好に機能する。いくつかの実施形態において、プロセスは、添加物が熱分解ステップの前に添加されるとき、生物起源の活性炭生成物を生成するのにより少ないエネルギー入力しか必要としない。いくつかの実施形態において、結果として生じる生物起源の活性炭は、添加物なしで（あるいは熱分解ステップ中または後に添加された添加物とともに）生成されたが、他の点では同一のプロセスによって生成された生物起源の活性炭と比較して、より高い固定炭素含有量を有する。いくつかの実施形態において、添加物は、添加物が熱分解ステップ中または後に添加されたことを除いて同一のプロセスによって生成された生物起源の活性炭と比較して、生物起源の活性炭全体にわたってより完全および／または均一に分布される。いくつかの実施形態において、生物起源の活性炭は、添加物が熱分解ステップ前または後に添加されたことを除いて他の点では同一のプロセスによって生成された生物起源の活性炭と比較して、熱分解ステップ前に添加されたときに所望の性能特性を得るのにより少ない添加物しか必要としない。

10

【0298】

いくつかの実施形態において、添加物は、金属、金属酸化物、金属水酸化物、またはこれらの組み合わせから選択される。例えば、添加物は、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、鉄ハロゲン化物、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、フルオライト、フルオロスパー、ベントナイト、酸化カルシウム、石灰、およびこれらの組み合わせから選択され得るが、決してこれらに限定されない。

20

【0299】

いくつかの実施形態において、添加物は、酸、塩基、またはその塩から選択される。例えば、添加物は、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、有機酸（例えば、クエン酸）、またはこれらの組み合わせから選択され得るが、決してこれらに限定されない。

【0300】

いくつかの実施形態において、添加物は、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、金属とともに多くの化合物を形成することができる。金属ハロゲン化物は、概して、塩基性金属塩とハロゲン化水素酸との直接結合、またはより一般的には、中和によって得られる。いくつかの実施形態において、添加物は、鉄ハロゲン化物（ FeX_2 および／もしくは FeX_3 ）、塩化鉄（ FeCl_2 および／もしくは FeCl_3 ）、臭化鉄（ FeBr_2 および／もしくは FeBr_3 ）、またはこれらの水和物、ならびに任意のこれらの組み合わせから選択される。

30

【0301】

いくつかの変形例において、生物起源の活性炭組成物は、乾燥ベースで、以下のものを含む：

【0302】

55重量%以上の全炭素、

【0303】

15重量%以下の水素、

【0304】

1重量%以下の窒素、

【0305】

0.5重量%以下のリン、

【0306】

0.2重量%以下の硫黄、

【0307】

酸、塩基、塩、金属、金属酸化物、金属水酸化物、金属ハロゲン化物、ヨウ素、ヨウ素化合物、またはこれらの組み合わせから選択される添加物。

50

【0308】

いくつかの実施形態において、添加物は、ヨウ素もしくはヨウ素化合物、またはヨウ素と1つ以上のヨウ素化合物の組み合わせを含む。添加物がヨウ素を含む場合、これは、吸収もしくは挿入された分子 I_2 、物理的もしくは化学的に吸着した分子 I_2 、吸収もしくは挿入された原子 I 、物理的もしくは化学的に吸着した原子 I 、またはこれらの任意の組み合わせとして生物起源の活性炭組成物中に存在し得る。

【0309】

添加物が1つ以上のヨウ素化合物を含む場合、これらは、ヨウ化物イオン、ヨウ化水素、ヨウ化物塩、金属ヨウ化物、ヨウ化アンモニウム、酸化ヨウ素、三ヨウ化物イオン、三ヨウ化物塩、金属三ヨウ化物、三ヨウ化アンモニウム、ヨウ素酸イオン、ヨウ素酸塩、ポリヨウ化物、ヨードホルム、ヨウ素酸、ヨウ化メチル、ヨウ化炭化水素、過ヨウ素酸、オルト過ヨウ素酸、メタ過ヨウ素酸、およびこれらの組み合わせ、塩、酸、塩基、または誘導体からなる群から選択され得る。

10

【0310】

いくつかの変形例において、生物起源の活性炭組成物は、少なくとも以下のステップを含むプロセスによって生成される：

【0311】

(a) バイオマスを含む炭素含有供給原料を提供するステップと、

【0312】

(b) 供給原料を任意に乾燥させて、供給原料内に含まれる水分の少なくとも一部を除去するステップと、

20

【0313】

(c) 供給原料を任意に脱気して、いくらか存在する場合、供給原料内に含まれる格子間酸素の少なくとも一部を除去するステップと、

【0314】

(d) 熱分解帯域において、実質的に不活性のガスの存在下で、供給原料を約250℃～約700℃から選択される熱分解温度で少なくとも10分間熱分解して、熱い熱分解固体、凝縮性蒸気、および非凝縮性ガスを発生させるステップと、

【0315】

(e) 熱い熱分解固体から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分離するステップと、

30

【0316】

(f) 冷却帯域において、実質的に不活性のガスの存在下で、熱い熱分解固体を約熱分解温度以下の冷却温度で少なくとも5分間冷却して、温かい熱分解固体を発生させるステップと、

【0317】

(g) 冷却帯域とは別の冷却ユニットにおいて、温かい熱分解固体を冷却して、冷たい熱分解固体を発生させるステップと、

【0318】

(h) 冷たい熱分解固体の少なくとも一部を含む生物起源の活性炭組成物を回収するステップと、

40

【0319】

(i) 生物起源の活性炭組成物を微粉化して、生物起源の活性炭組成物の平均粒径を減少させるステップ。

【0320】

いくつかの変形例において、生物起源の活性炭組成物を生成するためのプロセスは、

【0321】

(a) バイオマスを含む炭素含有供給原料を提供することと、

【0322】

(b) 供給原料を任意に乾燥させて、供給原料内に含まれる水分の少なくとも一部を

50

除去することと、

【0323】

(c) 供給原料を任意に脱気して、いくらか存在する場合、供給原料内に含まれる格子間酸素の少なくとも一部を除去することと、

【0324】

(d) 熱分解帯域において、実質的に不活性のガスの存在下で、供給原料を約250℃～約700℃から選択される熱分解温度で少なくとも10分間熱分解して、熱い熱分解固体、凝縮性蒸気、および非凝縮性ガスを発生させることと、

【0325】

(e) 熱い熱分解固体から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分離することと、

10

【0326】

(f) 冷却帯域において、実質的に不活性のガスの存在下で、熱い熱分解固体を約熱分解温度以下の冷却温度で少なくとも5分間冷却して、温かい熱分解固体を発生させることと、

【0327】

(g) 冷却帯域とは別の冷却ユニットにおいて、温かい熱分解固体を冷却して、冷たい熱分解固体を発生させることと、

【0328】

(h) 冷たい熱分解固体の少なくとも一部を含む生物起源の活性炭組成物を回収することと、

20

【0329】

(i) 生物起源の活性炭組成物を微粉化して、生物起源の活性炭組成物の平均粒径を減少させることとを含み、

【0330】

添加物は、ステップ(a)～(i)のうちの1つ以上の前、最中、または後に導入され、添加物は、酸、塩基、塩、金属、金属酸化物、金属水酸化物、金属ハロゲン化物、ヨウ素、ヨウ素化合物、またはこれらの組み合わせから選択される。

【0331】

いくつかの実施形態において、添加物は、溶媒中に任意に溶解されるヨウ素もしくはヨウ素化合物、またはヨウ素と1つ以上のヨウ素化合物の組み合わせを含む。ヨウ素またはヨウ素化合物の様々な溶媒は、当技術分野において既知である。例えば、(これらに限定されないが) n-プロピル臭化物またはn-ブチルヨウ化物等のアルキルハロゲン化物が用いられ得る。メタノールまたはエタノール等のアルコールが使用され得る。いくつかの実施形態において、ヨウ素のチンキ剤を用いて、添加物を組成物に導入することができる。

30

【0332】

いくつかの実施形態において、添加物は、生物起源の活性炭組成物に組み込むためにヨウ素蒸気に昇華する固体として導入されたヨウ素を含む。室温で、ヨウ素は、固体である。加熱時に、ヨウ素は、蒸気に昇華する。したがって、固体ヨウ素粒子は、生物起源の活性炭組成物も含有する任意の流、容器、パイプ、または入れ物(例えば、バレルまたは袋)に導入され得る。加熱時、ヨウ素粒子は昇華し、 I_2 蒸気は、炭素粒子を貫通し、それ故に、ヨウ素を添加物として粒子の表面上に、かつ潜在的に粒子内に組み込み得る。

40

【0333】

一実施形態において、本開示は、ガス相排出流から少なくとも1つの汚染物を減少させるか、または除去する方法を提供し、この方法は、

【0334】

(a) 少なくとも1つの汚染物を含むガス相排出流を提供することと、

【0335】

(b) ガス相排出流を、添加物および生物起源の活性炭組成物を含む活性炭粒子と接

50

触させて、汚染物吸着粒子を発生させることと、

【0336】

(c) 前述のガス相排出流から前述の汚染物吸着粒子の少なくとも一部を分離して、汚染物が減少したガス相排出流を生成することを含む。

【0337】

いくつかの実施形態において、活性炭粒子は、添加物をさらに含む。いくつかの実施形態において、ステップ(b)は、前述のガス相排出流に添加物を直接添加することを含む。いくつかの実施形態において、添加物は、酸、塩基、塩、金属、金属酸化物、金属水酸化物、金属ハロゲン化物、ヨウ素、ヨウ素化合物、およびこれらの組み合わせからなる群から選択される。いくつかの実施形態において、添加物は、マグネシウム、マンガン、アルミニウム、ニッケル、鉄、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、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、フルオライト、フルオロスパー、ベントナイト、酸化カルシウム、石灰、水酸化ナトリウム、水酸化カリウム、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、有機酸、ヨウ素、ヨウ素化合物、およびこれらの組み合わせからなる群から選択される。いくつかの実施形態において、汚染物は、水銀、ホウ素、セレン、ヒ素、これらの化合物、これらの塩、およびこれらの混合物からなる群から選択される金属である。いくつかの実施形態において、汚染物は、有害な大気汚染物質である。いくつかの実施形態において、汚染物は、揮発性有機化合物である。いくつかの実施形態において、汚染物は、窒素酸化物、一酸化炭素、二酸化炭素、硫化水素、二酸化硫黄、三酸化硫黄、メタン、エタン、エチレン、オゾン、アンモニア、およびこれらの組み合わせからなる群から選択される非凝縮性ガスである。

10

20

【0338】

いくつかの実施形態において、汚染物吸着炭素粒子は、二酸化炭素、窒素酸化物、水銀、二酸化硫黄、これらの吸収された形態、これらの吸着した形態、これらの反応した形態、またはこれらの混合物からなる群から選択される少なくとも1つの汚染物を含む。

【0339】

いくつかの実施形態において、ガス相排出流は、前述の生物起源の活性炭組成物を含む燃料の燃焼に由来するか、それから生じるか、またはそれによって生成される。いくつかの実施形態において、ガス相排出流は、石炭と前述の生物起源の活性炭組成物の共燃焼に由来するか、それから生じるか、またはそれによって生成される。

30

【0340】

【0341】

いくつかの実施形態において、方法は、(d) 前述の汚染物吸着炭素粒子を処理して、前述の活性炭粒子を再生することをさらに含む。

【0342】

いくつかの実施形態において、方法は、(d') 前述の汚染物吸着炭素粒子を燃焼させて、エネルギーを発生させることをさらに含む。

【0343】

一実施形態において、生物起源の活性炭組成物を用いて水銀排出を減少させる方法は、

40

【0344】

(a) 水銀を含むガス相排出流を提供することと、

【0345】

(b) ガス相排出流を、鉄または鉄含有化合物を含む生物起源の活性炭組成物を含む活性炭粒子と接触させて、水銀吸着炭素粒子を発生させることと、

【0346】

(c) 静電気沈殿を用いて前述のガス相排出流から前述の水銀吸着炭素粒子の少なくとも一部を分離して、水銀が減少したガス相排出流を生成することを含む。

【0347】

いくつかの実施形態において、活性炭粒子中の前述の鉄または鉄含有化合物の存在は、

50

ステップ（c）中の前述の静電気沈殿を強化し、それにより水銀制御を改善する。

【0348】

いくつかの実施形態において、方法は、（d）ステップ（c）で形成された他の静電気沈殿物から水銀吸着炭素粒子の少なくとも一部を分離することをさらに含む。いくつかの実施形態において、ステップ（d）は、前述の水銀吸着炭素粒子を磁場に曝露することを含む。

【0349】

いくつかの実施形態において、エネルギーを生成するためのプロセスは、

【0350】

（a）生物起源の活性炭組成物を含む炭素含有供給原料を提供することと、

【0351】

（b）前述の炭素含有供給原料を酸化させて、エネルギーおよび少なくとも1つの汚染物を含むガス相排出流を発生させることとを含み、生物起源の活性炭組成物は、少なくとも1つの汚染物の少なくとも一部を吸着させる。

【0352】

いくつかの実施形態において、炭素含有供給原料は、少なくとも1つの汚染物またはその前駆体を含む。いくつかの実施形態において、炭素含有供給原料は、バイオマスをさらに含む。いくつかの実施形態において、炭素含有供給原料は、石炭をさらに含む。いくつかの実施形態において、炭素含有供給原料は、前述の生物起源の活性炭組成物から本質的になる。いくつかの実施形態において、少なくとも1つの汚染物は、水銀、ホウ素、セレン、ヒ素、これらの化合物、これらの塩、およびこれらの混合物からなる群から選択される金属を含む。いくつかの実施形態において、少なくとも1つの汚染物は、有害な大気汚染物質または揮発性有機化合物を含む。いくつかの実施形態において、少なくとも1つの汚染物は、窒素酸化物、一酸化炭素、二酸化炭素、硫化水素、二酸化硫黄、三酸化硫黄、メタン、エタン、エチレン、オゾン、アンモニア、およびこれらの組み合わせからなる群から選択される非凝縮性ガスを含む。いくつかの実施形態において、生物起源の活性炭組成物は、添加物酸、塩基、塩、金属、金属酸化物、金属水酸化物、金属ハロゲン化物、ヨウ素、ヨウ素化合物、およびこれらの組み合わせからなる群から選択されることを含む。いくつかの実施形態において、添加物は、マグネシウム、マンガン、アルミニウム、ニッケル、鉄、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、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、フルオライト、フルオロスパー、ベントナイト、酸化カルシウム、石灰、水酸化ナトリウム、水酸化カリウム、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、有機酸、ヨウ素、ヨウ素化合物、およびこれらの組み合わせからなる群から選択される。

【0353】

本明細書に開示の任意の使用方法において、生物起源の活性炭組成物は、少なくとも約5,000 BTU/lbの熱価、例えば、約5,000、少なくとも約6,000、少なくとも約7,000、少なくとも約8,000、少なくとも約9,000、少なくとも約10,000、少なくとも約11,000、少なくとも約12,000、または約12,000 BTU/lbを超える熱価を有し得る。

【0354】

本明細書に開示の任意の使用方法において、本明細書に開示の生物起源の活性炭組成物は、燃料送達、燃料貯蔵、燃料調製、または燃料混合プロセスのどこにでも、任意の好適な位置、例えば、燃料ヤード内、貯蔵ビン内、コンベヤ上、混合器内で、注入中に燃料に添加され（例えば、それと混合され）得る。あるいは、または前述に加えて、生物起源の活性炭は、他の燃料源（複数可）と混合して、またはそれから独立してのいずれかで燃焼帯域に添加され得る。例であって制限なく、いくつかの実施形態において、生物起源の活性炭組成物は、燃焼帯域またはその前で、バーナー端またはその前で、かつ／あるいは炭素含有供給原料を酸化するステップの前またはそれと同時に提供される。

【0355】

10

20

30

40

50

一実施形態において、生物起源の活性炭組成物を用いて液体を精製する方法は、

【0356】

(a) 少なくとも1つの汚染物を含む液体を提供することと、

【0357】

(b) 前述の液体を、添加物および生物起源の活性炭組成物を含む活性炭粒子と接触させて、汚染物吸着炭素粒子および汚染物が減少した液体を発生させることとを含む。

【0358】

いくつかの実施形態において、活性炭粒子は、前述の添加物を含む。いくつかの実施形態において、添加物は、酸、塩基、塩、金属、金属酸化物、金属水酸化物、金属ハロゲン化物、ヨウ素、ヨウ素化合物、およびこれらの組み合わせからなる群から選択される。いくつかの実施形態において、添加物は、マグネシウム、マンガン、アルミニウム、ニッケル、鉄、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、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、フルオライト、フルオロスパー、ベントナイト、酸化カルシウム、石灰、水酸化ナトリウム、水酸化カリウム、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、有機酸、ヨウ素、ヨウ素化合物、およびこれらの組み合わせからなる群から選択される。いくつかの実施形態において、少なくとも1つの汚染物は、ヒ素、ホウ素、セレン、水銀、これらの化合物、これらの塩、およびこれらの混合物からなる群から選択される金属である。いくつかの実施形態において、少なくとも1つの汚染物は、有機化合物を含む。いくつかの実施形態において、少なくとも1つの汚染物は、ハロゲンを含む。いくつかの実施形態において、少なくとも1つの汚染物は、硫化水素を含む。いくつかの実施形態において、少なくとも1つの汚染物は、塩素化副生成物を含む。いくつかの実施形態において、少なくとも1つの汚染物は、殺虫剤または除草剤を含む。いくつかの実施形態において、液体は、水を含む。

【0359】

いくつかの実施形態において、方法は、汚染物吸着炭素粒子を処理して、前述の活性炭粒子を再生することをさらに含む。いくつかの実施形態において、方法は、汚染物吸着炭素粒子を燃焼させて、エネルギーを発生させることをさらに含む。

【0360】

一実施形態において、本開示は、液体から硫黄汚染物の少なくとも一部を除去する方法を提供し、この方法は、

【0361】

(a) 硫黄汚染物を含む液体を提供することと、

【0362】

(b) 前述の液体を、添加物および生物起源の活性炭組成物を含む活性炭粒子と接触させることとを含み、

【0363】

ステップ(b)後、活性炭粒子の少なくとも一部は、硫黄汚染物を含む。

【0364】

いくつかの実施形態において、硫黄汚染物は、元素硫黄、硫酸、亜硫酸、二酸化硫黄、三酸化硫黄、硫酸塩アニオン、重硫酸塩アニオン、亜硫酸塩アニオン、重亜硫酸塩アニオン、チオール、硫化物、二硫化物、多硫化物、チオエーテル、チオエステル、チオアセタール、スルホキシド、スルホン、チオスルフィン酸塩、スルフィミド、スルホキシミド、スルホンジイミン、硫黄ハロゲン化物、チオケトン、チオアルデヒド、硫黄酸化物、チオカルボン酸、チオアミド、スルホン酸、スルフィン酸、スルフェン酸、スルホニウム、オキソスルホニウム、スルフラン、ペルスルフラン、これらの誘導体、これらの塩、およびこれらの組み合わせからなる群から選択される。いくつかの実施形態において、硫黄汚染物は、アニオンおよび／または塩形態の硫酸塩である。いくつかの実施形態において、添加物は、酸、塩基、塩、金属、金属酸化物、金属水酸化物、金属ハロゲン化物、ヨウ素、ヨウ素化合物、およびこれらの組み合わせからなる群から選択される。いくつかの実施形

10

20

30

40

50

態において、添加物は、マグネシウム、マンガン、アルミニウム、ニッケル、鉄、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、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、フルオライト、フルオロスパー、ベントナイト、酸化カルシウム、石灰、水酸化ナトリウム、水酸化カリウム、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、有機酸、ヨウ素、ヨウ素化合物、およびこれらの組み合わせからなる群から選択される。いくつかの実施形態において、ステップ（b）は、前述の液体の濾過および／または浸透を含む。いくつかの実施形態において、ステップ（b）は、液体を、前述の活性炭粒子および前述の添加物を含む浸透膜と接触させることを含む。いくつかの実施形態において、ステップ（b）は、前述の液体に前述の活性炭粒子を直接添加することを含む。いくつかの実施形態において、方法は、（c）前述の液体からの前述の硫黄汚染物を有する前述の活性炭粒子の沈降をさらに含む。いくつかの実施形態において、液体は、廃水を含む。いくつかの実施形態において、廃水は、金属採掘、酸性鉱山排水、鉱物処理、都市下水道処理、紙パルプ製造、およびエタノール製造からなる群から選択されるプロセスによって生成される。いくつかの実施形態において、液体は、天然の水体である。

10

【0365】

一実施形態において、本開示は、水中の硫酸塩の濃度を減少させるためのプロセスを提供し、このプロセスは、

【0366】

（a）硫酸塩を含む水量または水流を提供することと、

20

【0367】

（b）前述の水を、添加物および生物起源の活性炭組成物を含む活性炭粒子と接触させることを含む。

【0368】

いくつかの実施形態において、ステップ（a）前、水は、約50mg/Lを超える濃度の硫酸塩を含み、ステップ（b）後、水は、約50mg/L以下の濃度の硫酸塩を含む。いくつかの実施形態において、ステップ（b）後、水は、約10mg/L以下の濃度の硫酸塩を含む。いくつかの実施形態において、水は、廃水流である。いくつかの実施形態において、廃水流は、金属採掘、酸性鉱山排水、鉱物処理、都市下水道処理、紙パルプ製造、およびエタノール製造からなる群から選択されるプロセスによって生成される。いくつかの実施形態において、水は、天然の水体である。いくつかの実施形態において、添加物は、酸、塩基、塩、金属、金属酸化物、金属水酸化物、金属ハロゲン化物、ヨウ素、ヨウ素化合物、およびこれらの組み合わせからなる群から選択される。いくつかの実施形態において、添加物は、マグネシウム、マンガン、アルミニウム、ニッケル、鉄、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、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、フルオライト、フルオロスパー、ベントナイト、酸化カルシウム、石灰、水酸化ナトリウム、水酸化カリウム、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、有機酸、ヨウ素、ヨウ素化合物、およびこれらの組み合わせからなる群から選択される。

30

【0369】

一実施形態において、本開示は、ガス相排出流から硫黄汚染物を除去する方法を提供し、この方法は、

【0370】

（a）少なくとも1つの硫黄汚染物を含むガス相排出流を提供することと、

【0371】

（b）ガス相排出流を、添加物および生物起源の活性炭組成物を含む活性炭粒子と接触させることと、

【0372】

（c）ステップ（b）後、前述のガス相排出流から前述の活性炭粒子の少なくとも一部を分離することを含む。

50

【0373】

いくつかの実施形態において、硫黄含有汚染物は、元素硫黄、硫酸、亜硫酸、二酸化硫黄、三酸化硫黄、硫酸塩アニオン、重硫酸塩アニオン、亜硫酸塩アニオン、重亜硫酸塩アニオン、チオール、硫化物、二硫化物、多硫化物、チオエーテル、チオエステル、チオアセタール、スルホキシド、スルホン、チオスルフィン酸塩、スルフィミド、スルホキシミド、スルホンジイミン、硫黄ハロゲン化物、チオケトン、チオアルデヒド、硫黄酸化物、チオカルボン酸、チオアミド、スルホン酸、スルフィン酸、スルフェン酸、スルホニウム、オキソスルホニウム、スルフラン、ペルスルフラン、これらの塩、これらの誘導体、およびこれらの組み合わせからなる群から選択される。いくつかの実施形態において、ガス相排出流は、前述の生物起源の活性炭組成物を含む燃料の燃焼に由来するか、それから生じるか、またはそれによって生成される。いくつかの実施形態において、ガス相排出流は、石炭と前述の生物起源の活性炭組成物の共燃焼に由来するか、それから生じるか、またはそれによって生成される。いくつかの実施形態において、添加物は、酸、塩基、塩、金属、金属酸化物、金属水酸化物、金属ハロゲン化物、ヨウ素、ヨウ素化合物、およびこれらの組み合わせからなる群から選択される。いくつかの実施形態において、添加物は、マグネシウム、マンガン、アルミニウム、ニッケル、鉄、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、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、フルオライト、フルオロスパー、ベントナイト、酸化カルシウム、石灰、水酸化ナトリウム、水酸化カリウム、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、有機酸、ヨウ素、ヨウ素化合物、およびこれらの組み合わせからなる群から選択される。いくつかの実施形態において、ステップ(c)は、濾過を含む。いくつかの実施形態において、ステップ(c)は、静電気沈殿を含む。いくつかの実施形態において、ステップ(c)は、スクラブ洗浄を含む。

10

20

【0374】

一実施形態において、本開示は、ガスまたは液体から1つ以上の汚染物を減少させるか、または除去する方法を提供し、この方法は、

【0375】

(a) 1つ以上の汚染物を含有するガスまたは液体流を提供することと、

【0376】

(b) 前述のガスまたは液体流を、乾燥ベースで、約55重量%以上の全炭素、約15重量%以下の水素、および約1重量%以下の窒素、ならびに少なくとも約500のヨウ素価を含む生物起源の活性炭組成物と接触させることとを含み、前述の組成物は、外部から印加された磁場に応答する。

30

【0377】

一実施形態において、本開示は、ガスまたは液体から1つ以上の汚染物を減少させるか、または除去する方法を提供し、この方法は、

【0378】

(a) 1つ以上の汚染物を含有するガスまたは液体流を提供することと、

【0379】

(b) 前述のガスまたは液体流を、乾燥ベースで、約55重量%以上の全炭素、約15重量%以下の水素、および約1重量%以下の窒素、ならびに少なくとも約500のヨウ素価を含む生物起源の活性炭組成物と接触させることとを含み、前述の炭素の少なくとも一部は、グラフェンの形態で存在する。

40

【0380】

一実施形態において、本開示は、液体またはガスから汚染物を減少させるか、または除去する方法を提供し、前述の方法は、

【0381】

(a) 乾燥ベースで、約55重量%以上の全炭素、約15重量%以下の水素、および約1重量%以下の窒素を含む生物起源の活性炭組成物を得ることと（前述の炭素の少なくとも一部はグラフェンの形態で存在する）、

50

【0382】

(b) 前述の生物起源の活性炭組成物から前述のグラフェンを任意に分離することと

、
【0383】

(c) 液体またはガスを、分離された形態で、または前述の生物起源の活性炭組成物の一部として前述のグラフェンと接触させることを含む。

【0384】

いくつかの実施形態において、液体は、水である。

【0385】

一実施形態において、本開示は、グラフェンを含む組成物を提供し、このグラフェンは、乾燥ベースで、約55重量%以上の全炭素、約15重量%以下の水素、および約1重量%以下の窒素を含む生物起源の活性炭組成物に由来し、前述の炭素の少なくとも一部は、グラフェンの形態で存在する。いくつかの実施形態において、組成物は、接着剤、封止剤、被覆剤、塗料、インク、複合材料成分、触媒、触媒支持体、電池電極成分、燃料電池電極成分、グラフェンベースの回路またはメモリシステム構成要素、エネルギー貯蔵材料、スーパーキャパシタ構成要素、静電気消散用シンク、電子もしくはイオン輸送用材料、高帯域通信システム構成要素、赤外線センサ構成要素、化学センサ構成要素、生物学的センサ構成要素、電子ディスプレイ構成要素、ボルタ電池構成要素、またはグラフェンエアロゲルに含まれる。

10

【0386】

一実施形態において、本開示は、グラフェンを使用する方法を提供し、この方法は、

【0387】

(a) 乾燥ベースで、約55重量%以上の全炭素、約15重量%以下の水素、および約1重量%以下の窒素を含む生物起源の活性炭組成物を得ることと（前述の炭素の少なくとも一部はグラフェンの形態で存在する）、

20

【0388】

(b) 前述の生物起源の活性炭組成物から前述のグラフェンを任意に分離することと

、
【0389】

(c) 前述のグラフェンを、分離された形態で、または前述の生物起源の活性炭組成物の一部として、接着剤、封止剤、被覆剤、塗料、またはインク中で使用することを含む。

30

【0390】

一実施形態において、本開示は、グラフェンを使用する方法を提供し、この方法は、

【0391】

(a) 乾燥ベースで、約55重量%以上の全炭素、約15重量%以下の水素、および約1重量%以下の窒素を含む生物起源の活性炭組成物を得ることと（前述の炭素の少なくとも一部はグラフェンの形態で存在する）、

【0392】

(b) 前述の生物起源の活性炭組成物から前述のグラフェンを任意に分離することと

40

、
【0393】

(c) 前述のグラフェンを、分離された形態で、または前述の生物起源の活性炭組成物の一部として、複合材料中の成分として使用して、前述の複合材料の機械的または電気的特性を調整することを含む。

【0394】

一実施形態において、本開示は、グラフェンを使用する方法を提供し、この方法は、

【0395】

(a) 乾燥ベースで、約55重量%以上の全炭素、約15重量%以下の水素、および約1重量%以下の窒素を含む生物起源の活性炭組成物を得ることと（前述の炭素の少なく

50

とも一部はグラフェンの形態で存在する)、

【0396】

(b) 前述の生物起源の活性炭組成物から前述のグラフェンを任意に分離することと

、

【0397】

(c) 前述のグラフェンを、分離された形態で、または前述の生物起源の活性炭組成物の一部として、触媒、触媒支持体、電池電極材料、または燃料電池電極材料として使用することを含む。

【0398】

一実施形態において、本開示は、グラフェンを使用する方法を提供し、この方法は、

【0399】

(a) 乾燥ベースで、約55重量%以上の全炭素、約15重量%以下の水素、および約1重量%以下の窒素を含む生物起源の活性炭組成物を得ることと(前述の炭素の少なくとも一部はグラフェンの形態で存在する)、

【0400】

(b) 前述の生物起源の活性炭組成物から前述のグラフェンを任意に分離することと

、

【0401】

(c) 前述のグラフェンを、分離された形態で、または前述の生物起源の活性炭組成物の一部として、グラフェンベースの回路またはメモリシステムにおいて使用することを含む。

【0402】

一実施形態において、本開示は、グラフェンを使用する方法を提供し、この方法は、

【0403】

(a) 乾燥ベースで、約55重量%以上の全炭素、約15重量%以下の水素、および約1重量%以下の窒素を含む生物起源の活性炭組成物を得ることと(前述の炭素の少なくとも一部はグラフェンの形態で存在する)、

【0404】

(b) 前述の生物起源の活性炭組成物から前述のグラフェンを任意に分離することと

、

【0405】

(c) 前述のグラフェンを、分離された形態で、または前述の生物起源の活性炭組成物の一部として、エネルギー貯蔵材料またはスーパーキャパシタ構成要素として使用することを含む。

【0406】

一実施形態において、本開示は、グラフェンを使用する方法を提供し、この方法は、

【0407】

(a) 乾燥ベースで、約55重量%以上の全炭素、約15重量%以下の水素、および約1重量%以下の窒素を含む生物起源の活性炭組成物を得ることと(前述の炭素の少なくとも一部はグラフェンの形態で存在する)、

【0408】

(b) 前述の生物起源の活性炭組成物から前述のグラフェンを任意に分離することと

、

【0409】

(c) 前述のグラフェンを、分離された形態で、または前述の生物起源の活性炭組成物の一部として、液体または蒸気燃料送達システムにおける静電気消散用シンクとして使用することを含む。

【0410】

一実施形態において、本開示は、グラフェンを使用する方法を提供し、この方法は、

【0411】

(a) 乾燥ベースで、約 55 重量%以上の全炭素、約 15 重量%以下の水素、および約 1 重量%以下の窒素を含む生物起源の活性炭組成物を得ることと（前述の炭素の少なくとも一部はグラフェンの形態で存在する）、

【0412】

(b) 前述の生物起源の活性炭組成物から前述のグラフェンを任意に分離することと

、
【0413】

(c) 前述のグラフェンを、分離された形態で、または前述の生物起源の活性炭組成物の一部として、電子もしくはイオン輸送用材料として使用することを含む。

【0414】

一実施形態において、本開示は、グラフェンを使用する方法を提供し、この方法は、

【0415】

(a) 乾燥ベースで、約 55 重量%以上の全炭素、約 15 重量%以下の水素、および約 1 重量%以下の窒素を含む生物起源の活性炭組成物を得ることと（前述の炭素の少なくとも一部はグラフェンの形態で存在する）、

【0416】

(b) 前述の生物起源の活性炭組成物から前述のグラフェンを任意に分離することと

、
【0417】

(c) 前述のグラフェンを、分離された形態で、または前述の生物起源の活性炭組成物の一部として、高帯域通信システムにおいて使用することを含む。

【0418】

一実施形態において、本開示は、グラフェンを使用する方法を提供し、この方法は、

【0419】

(a) 乾燥ベースで、約 55 重量%以上の全炭素、約 15 重量%以下の水素、および約 1 重量%以下の窒素を含む生物起源の活性炭組成物を得ることと（前述の炭素の少なくとも一部はグラフェンの形態で存在する）、

【0420】

(b) 前述の生物起源の活性炭組成物から前述のグラフェンを任意に分離することと

、
【0421】

(c) 前述のグラフェンを、分離された形態で、または前述の生物起源の活性炭組成物の一部として、赤外線、化学、または生物学的センサの構成要素として使用することを含む。

【0422】

一実施形態において、本開示は、グラフェンを使用する方法を提供し、この方法は、

【0423】

(a) 乾燥ベースで、約 55 重量%以上の全炭素、約 15 重量%以下の水素、および約 1 重量%以下の窒素を含む生物起源の活性炭組成物を得ることと（前述の炭素の少なくとも一部はグラフェンの形態で存在する）、

【0424】

(b) 前述の生物起源の活性炭組成物から前述のグラフェンを任意に分離することと

、
【0425】

(c) 前述のグラフェンを、分離された形態で、または前述の生物起源の活性炭組成物の一部として、電子ディスプレイの構成要素として使用することを含む。

【0426】

一実施形態において、本開示は、グラフェンを使用する方法を提供し、この方法は、

【0427】

(a) 乾燥ベースで、約 55 重量%以上の全炭素、約 15 重量%以下の水素、および

10

20

30

40

50

約 1 重量%以下の窒素を含む生物起源の活性炭組成物を得ることと（前述の炭素の少なくとも一部はグラフェンの形態で存在する）、

【0428】

（b）前述の生物起源の活性炭組成物から前述のグラフェンを任意に分離することと

、

【0429】

（c）前述のグラフェンを、分離された形態で、または前述の生物起源の活性炭組成物の一部として、太陽電池の構成要素として使用することを含む。

【0430】

一実施形態において、本開示は、グラフェンを使用する方法を提供し、この方法は、

【0431】

（a）乾燥ベースで、約 55 重量%以上の全炭素、約 15 重量%以下の水素、および約 1 重量%以下の窒素を含む生物起源の活性炭組成物を得ることと（前述の炭素の少なくとも一部はグラフェンの形態で存在する）、

【0432】

（b）前述の生物起源の活性炭組成物から前述のグラフェンを任意に分離することと

、

【0433】

（c）前述のグラフェンを、分離された形態で、または前述の生物起源の活性炭組成物の一部として使用して、グラフェンエアロゲルを形成することを含む。

【0434】

一実施形態において、生物起源の活性炭組成物を用いて排出を減少させる方法を提供し、この方法は、

【0435】

（a）生物起源の活性炭組成物を含む活性炭粒子を提供することと、

【0436】

（b）少なくとも 1 つの選択された汚染物を含むガス相排出流を提供することと、

【0437】

（c）ガス相排出流からの選択された汚染物の除去を支援するように選択された添加物を提供することと、

【0438】

（d）活性炭粒子および添加物をガス相排出流に導入して、選択された汚染物の少なくとも一部を活性炭粒子上に吸着させ、それによりガス相排出流内に汚染物吸着炭素粒子を発生させることと、

【0439】

（e）ガス相排出流から汚染物吸着炭素粒子の少なくとも一部を分離して、汚染物が減少したガス相排出流を生成することを含む。

【0440】

いくつかの実施形態において、生物起源の活性炭組成物は、55 重量%以上の全炭素、15 重量%以下の水素、1 重量%以下の窒素、0.5 重量%以下のリン、および 0.2 重量%以下の硫黄を含む。添加物は、活性炭粒子の一部として提供され得る。あるいは、またはさらに、添加物は、ガス相排出流に直接導入され得る。

【0441】

添加物（ガス相排出流からの選択された汚染物の除去を支援するためのもの）は、酸、塩基、塩、金属、金属酸化物、金属水酸化物、金属ハロゲン化物、ヨウ素、ヨウ素化合物、またはこれらの組み合わせから選択され得る。いくつかの実施形態において、添加物は、溶媒中に任意に溶解されるヨウ素もしくはヨウ素化合物、またはヨウ素と 1 つ以上のヨウ素化合物の組み合わせを含む。

【0442】

いくつかの実施形態において、選択された汚染物は、水銀、ホウ素、セレン、ヒ素、な

10

20

30

40

50

らびにこれらの任意の化合物、塩、および混合物からなる群から選択される金属等の金属である。いくつかの実施形態において、選択された汚染物は、有害な大気汚染物質または揮発性有機化合物である。いくつかの実施形態において、選択された汚染物は、窒素酸化物、一酸化炭素、二酸化炭素、硫化水素、二酸化硫黄、三酸化硫黄、メタン、エタン、エチレン、オゾン、アンモニア、およびこれらの組み合わせからなる群から選択される非凝縮性ガスである。

【0443】

いくつかの実施形態において、汚染物吸着炭素粒子は、吸収された形態、吸着した形態、または反応した形態で、二酸化炭素、窒素酸化物、水銀、および二酸化硫黄からなる群から選択される少なくとも1つ、2つ、3つ、またはすべての汚染物を含む。

10

【0444】

いくつかの実施形態において、ガス相排出流は、生物起源の活性炭組成物を含む燃料の燃焼に由来する。ある特定の実施形態において、ガス相排出流は、石炭と生物起源の活性炭組成物の共燃焼に由来する。

【0445】

いくつかの実施形態において、ステップ(e)における分離は、濾過を含み、例えば、織布フィルターを利用してもよい。いくつかの実施形態において、ステップ(e)における分離は、静電気沈殿を含む。スクラブ洗浄(湿式または乾式スクラブ洗浄を含む)も用いられ得る。任意に、汚染物吸着炭素粒子を反応させて、活性炭粒子を再生することができる。いくつかの実施形態において、汚染物吸着炭素粒子は、触媒的または非触媒的に熱酸化される。汚染物吸着炭素粒子、またはその再生された形態は、燃焼されてエネルギーを提供し、かつ／またはガス化されて合成ガスを提供し得る。

20

【0446】

いくつかの実施形態において、生物起源の活性炭組成物を用いて水銀排出を減少させる方法は、

【0447】

(a) ヨウ素またはヨウ素含有化合物を含む添加物を含む生物起源の活性炭組成物を含む活性炭粒子を提供することと、

【0448】

(b) 水銀を含むガス相排出流を提供することと、

30

【0449】

(c) 活性炭粒子をガス相排出流に導入して、水銀の少なくとも一部を活性炭粒子上に吸着させ、それによりガス相排出流内に水銀吸着炭素粒子を発生させることと、

【0450】

(d) 静電気沈殿を用いてガス相排出流から水銀吸着炭素粒子の少なくとも一部を分離して、水銀が減少したガス相排出流を生成することを含む。

【0451】

いくつかの変形例において、エネルギーを生成するためのプロセスが提供され、このプロセスは、

【0452】

(a) 生物起源の活性炭組成物を含む炭素含有供給原料を提供することと、

【0453】

(b) 炭素含有供給原料を酸化して、エネルギーおよびガス相排出流を発生させることとを含む、

【0454】

炭素含有供給原料内の生物起源の活性炭組成物の存在は、酸化の副生成物として生成されるか、または炭素含有供給原料に由来する少なくとも1つの汚染物を吸着させるのに効果的であり、それにより汚染物の排出を減少させ、

【0455】

生物起源の活性炭組成物は、酸、塩基、塩、金属、金属酸化物、金属水酸化物、金属

40

50

ハロゲン化物、ヨウ素、ヨウ素化合物、またはこれらの組み合わせから選択される添加物をさらに含む。

【0456】

いくつかの実施形態において、汚染物またはその前駆体は、炭素含有供給原料内に含まれる。いくつかの実施形態において、汚染物は、酸化の副生成物として生成される。炭素含有供給原料は、様々な実施形態において、バイオマス、石炭、または別の炭素質供給原料をさらに含む。

【0457】

選択された汚染物は、水銀、ホウ素、セレン、ヒ素、ならびにこれらの任意の化合物、塩、および混合物からなる群から選択される金属；有害な大気汚染物質；揮発性有機化合物；または窒素酸化物、一酸化炭素、二酸化炭素、硫化水素、二酸化硫黄、三酸化硫黄、メタン、エタン、エチレン、オゾン、アンモニア、およびこれらの組み合わせからなる群から選択される非凝縮性ガスであり得る。

【0458】

いくつかの変形例において、生物起源の活性炭組成物を用いて液体を精製する方法は、

【0459】

(a) 生物起源の活性炭組成物を含む活性炭粒子を提供することと、

【0460】

(b) 少なくとも1つの選択された汚染物を含む液体を提供することと、

【0461】

(c) 液体からの選択された汚染物の除去を支援するように選択された添加物を提供することと、

【0462】

(d) 液体を、活性炭粒子および添加物と接触させて、少なくとも1つの選択された汚染物の少なくとも一部を活性炭粒子上に吸着させ、それにより汚染物吸着炭素粒子および汚染物が減少した液体を発生させることを含む。

【0463】

生物起源の活性炭組成物は、いくつかの実施形態において、55重量%以上の全炭素、15重量%以下の水素、1重量%以下の窒素、0.5重量%以下のリン、および0.2重量%以下の硫黄を含む。

【0464】

添加物は、活性炭粒子の一部として提供され、かつ／または液体に直接導入され得る。添加物は、酸、塩基、塩、金属、金属酸化物、金属水酸化物、金属ハロゲン化物、ヨウ素、ヨウ素化合物、またはこれらの組み合わせから選択され得る。

【0465】

いくつかの実施形態において、添加物は、吸収もしくは挿入された分子 I_2 、物理的もしくは化学的に吸着した分子 I_2 、吸収もしくは挿入された原子 I 、物理的もしくは化学的に吸着した原子 I 、またはこれらの組み合わせとして生物起源の活性炭組成物中に存在するヨウ素を含む。

【0466】

いくつかの実施形態において、添加物は、ヨウ化物イオン、ヨウ化水素、ヨウ化物塩、金属ヨウ化物、ヨウ化アンモニウム、酸化ヨウ素、三ヨウ化物イオン、三ヨウ化物塩、金属三ヨウ化物、アンモニウム三ヨウ化物、ヨウ素酸イオン、ヨウ素酸塩、ポリヨウ化物、ヨードホルム、ヨウ素酸、ヨウ化メチル、ヨウ化炭化水素、過ヨウ素酸、オルト過ヨウ素酸、メタ過ヨウ素酸、およびこれらの組み合わせ、塩、酸、塩基、または誘導体からなる群から選択されるヨウ素含有化合物等（であるが、これらに限定されない）ヨウ素含有化合物を含む。

【0467】

添加物は、より高いエネルギー含有量（エネルギー密度）を有する最終生成物をもたらす得る。エネルギー含有量の増加は、全炭素、固定炭素、揮発性炭素、またはさらには水

10

20

30

40

50

素の増加に起因し得る。あるいは、またはさらに、エネルギー含有量の増加は、不燃材料または炭素よりも低いエネルギー密度を有する材料の除去に起因し得る。いくつかの実施形態において、添加物は、固体およびガス形成に賛成して、または固体形成に賛成して、液体形成の程度を減少させる。

【0468】

様々な実施形態において、添加物は、出発バイオマス、または熱分解前に処理されたバイオマスを化学修飾して、より高い強度／完全性のために細胞壁の破裂を減少させる。いくつかの実施形態において、添加物は、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。

【0469】

添加物は、収率強度、圧縮強度、引張強度、疲労強度、衝撃強度、弾性率、体積弾性率、または剪断弾性率等の機械特性が改善された最終生物起源の活性炭生成物をもたらし得る。添加物は、単に存在することによって（例えば、添加物自体が強度を混合物に付与する）、または添加物相もしくは結果として生じる混合物内で起こるある形質転換のため、機械特性を改善し得る。例えば、ガラス化等の反応は、添加物を含む生物起源の活性炭生成物の一部内で生じ、それにより最終強度を改善し得る。

【0470】

化学添加物は、湿式または乾式バイオマス供給原料に適用され得る。添加物は、固体粉末、噴霧、霧、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において、添加物は、液体溶液（水溶液もしくは溶媒等）を噴霧するか、またはタンク、ビン、袋、もしくは他の容器に浸すことによって導入され得る。

【0471】

ある特定の実施形態において、浸漬前処理が用いられ、固体供給原料は、バッチ毎に、または連続してのいずれかで、添加物が固体供給材料に浸透するのに十分な時間、添加物を含む浴槽に浸漬される。

【0472】

いくつかの実施形態において、供給原料に適用された添加物は、熱分解に必要なエネルギー量を減少させ、かつ／または炭素質生成物の収率を増加させ得る。これらまたは他の実施形態において、供給原料に適用された添加物は、組成に関して以下でさらに説明されるように、炭素質生成物の目的とする用途に所望される機能性を提供し得る。

【0473】

いくつかの実施形態において、生物起源の活性炭を生成するためのプロセスは、温かい熱分解固体または冷たい熱分解固体を寸法決定（例えば、選別、スクリーニング、分類等）して、寸法決定された熱分解固体を形成するステップをさらに含む。その後、寸法決定された熱分解固体は、ある特定の粒径特性を有する活性炭生成物を必要とする用途において使用され得る。

【0474】

スループット、またはプロセス能力は、小さい実験室規模のユニットから、任意のパイロット、実演、または半工業的規模を含む完全な工業規模の生物精製所まで大きく異なり得る。様々な実施形態において、プロセス能力は、少なくとも約1 kg／日、10 kg／日、100 kg／日、1トン／日（すべてメートルトン単位である）、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。

【0475】

いくつかの実施形態において、生成された固体の一部は、プロセスの前端部、すなわち、乾燥ユニットもしくは脱気ユニットに再循環され得るか、またはBPUもしくは反応器に直接再循環され得る。前端部に戻ってプロセスを再度経ることによって、処理された固体中の固定炭素量は高くなり得る。生成されたか、またはプロセス内に存在する固体、液体、およびガス流は、独立して再循環されるか、その後のステップに引き継がれるか、または任意の時点でプロセスから除去／パージされ得る。

10

20

30

40

50

【0476】

いくつかの実施形態において、熱分解材料は回収され、その後、さらなる熱分解のために別個の反応器に供給されて、より高い炭素純度を有する生成物を作成する。いくつかの実施形態において、二次プロセスは、スチールドラム等の単純な容器内で行われ得、加熱された不活性ガス（加熱された N_2 等）がそこを通過する。この目的に有用な他の容器には、プロセスタンク、バレル、ビン、トート、布袋、およびロールオフが含まれる。揮発物を有するこの二次掃引ガスは、例えば、プロセスガス加熱器に送られ得るか、または主要BPUに戻され得る。最終生成物を冷却するために、例えば最初は周辺温度の不活性ガスの別の流は、固体を通して固体を冷却し、その後、不活性ガス予熱システムに戻り得る。様々な実施形態において、二次プロセスは、別個の炭化反応器または熱分解反応器内で行われ、そこで予熱された実質的に不活性のガスが入力されて材料を熱分解し、炭化を駆動する。

10

【0477】

本開示のいくつかの実施形態は、生物起源の活性炭生成システムを提供し、このシステムは、

【0478】

(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、

【0479】

(b) 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、材料供給システムと動作可能に連通して配置された任意の乾燥器と、

20

【0480】

(c) 乾燥器と動作可能に連通して配置された、複数の帯域を含むバイオマス処理ユニットと（バイオマス処理ユニットは、空間的に分離された冷却帯域と動作可能に連通して配置された少なくとも1つの熱分解帯域を収容し、バイオマス処理ユニットは、固体から凝縮性蒸気および非凝縮性ガスを除去するための出口で構成される）、

【0481】

(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た外部冷却器と、

【0482】

(e) 冷却器と動作可能に連通して配置された炭素回収ユニットとを備える。

【0483】

本開示のいくつかの実施形態は、生物起源の活性炭生成システムを提供し、このシステムは、

30

【0484】

(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、

【0485】

(b) 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、材料供給システムと動作可能に連通して配置された任意の乾燥器と、

【0486】

(c) 供給原料を加熱および／または穏やかに熱分解するように構成された、乾燥器と動作可能に連通して配置された任意の予熱器と、

40

【0487】

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

【0488】

(e) 熱分解固体を冷却するように構成された、熱分解反応器と動作可能に連通して配置された冷却器と、

【0489】

(f) 冷却器と動作可能に連通して配置された炭素回収ユニットと、を備え、

【0490】

このシステムは、固体から凝縮性蒸気および非凝縮性ガスを除去するための少なくとも

50

も1つのガス出口で構成される。

【0491】

材料供給システムは、ネジ材料供給システムまたはオージェ機構等を用いてBPUと物理的に統合され、反応器または帯域のうちの1つに供給固体を導入し得る。

【0492】

いくつかの実施形態において、システムは、熱分解帯域と動作可能に連通して配置された予熱帯域をさらに備える。熱分解帯域、冷却帯域、および予熱帯域（存在する場合）はそれぞれ、単一のBPU内に設置され得るか、または別々のBPUに設置され得る。

【0493】

任意に、乾燥器は、BPU内に乾燥帯域として構成され得る。任意に、冷却器は、BPU内に配置され得る（すなわち、さらなる冷却帯域として構成され得るか、または上述の冷却帯域と統合され得る）。

【0494】

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、実質的に不活性のガスを導入するための1つ以上の入口、ならびにシステムから実質的に不活性のガスおよび移動した酸素を除去するための1つ以上の出口を備え得る。いくつかの実施形態において、パージ手段は、乾燥器とBPUとの間で動作可能に連通して配置された脱気器である。

【0495】

BPUは、少なくとも第1のガス入口および第1のガス出口で構成され得る。第1のガス入口および第1のガス出口は、異なる帯域または同一の帯域と連通して配置され得る。

【0496】

いくつかの実施形態において、BPUは、第2のガス入口および／または第2のガス出口で構成され得る。いくつかの実施形態において、BPUは、第3のガス入口および／または第3のガス出口で構成され得る。いくつかの実施形態において、BPUは、第4のガス入口および／または第4のガス出口で構成され得る。いくつかの実施形態において、BPUに存在するそれぞれの帯域は、ガス入口およびガス出口で構成され得る。

【0497】

ガス入口および出口は、蒸気の導入および引き出しを可能にするだけでなく、特にガス出口（プローブ）は、プロセスの様々な段階にわたって、プロセスのすべての段階まで、かつプロセスのすべての段階を潜在的に含む正確なプロセス監視および制御も可能にする。正確なプロセス監視は、動的に、かつ動作履歴を利用してプロセス条件を調整することができる期間にわたって、収率および効率の改善をもたらすと予想される。

【0498】

いくつかの実施形態において（概して、図4を参照のこと）、反応ガスプローブは、熱分解帯域と動作可能に連通して配置される。そのような反応ガスプローブは、反応、熱分解選択性、または他のプロセス監視の程度を決定するために、ガスを抽出し、それら进行分析するのに有用であり得る。その後、測定結果に基づいて、プロセスは、あらゆる方法で、例えば、供給速度、不活性ガス掃引速度、（1つ以上の帯域の）温度、（1つ以上の帯域の）圧力、添加物等を調整することによって制御または調整され得る。

【0499】

本明細書で意図されるように、反応ガスプローブを介した「監視および制御」は、反応ガスプローブを介した任意の1つ以上の試料抽出を含み、必要であるか、または望ましいと見なされる場合、プロセス制御の周知の原理（フィードバック、フィードフォワード、比例積分誘導論理等）を用いた、任意に測定結果に基づく作製プロセスまたは機器調整も含むと解釈されるべきである。

【0500】

反応ガスプローブは、いくつかの方法でガス試料を抽出するように構成され得る。例えば、サンプリングラインは、サンプリングラインが開放されると、ある量のガスが熱分解帯域から容易に抽出され得るように、熱分解反応器の圧力よりも低い圧力を有し得る。サ

10

20

30

40

50

ンプリングラインは、例えば、熱分解帯域が大気圧付近である場合、真空下であり得る。典型的には、反応ガスプローブは、1つのガス出力またはその一部（例えば、ガス出力ラインから分かれたライン）に関連付けられる。

【0501】

いくつかの実施形態において、ガス入力およびガス出力は両方ともに、帯域に不活性ガスを定期的に導入し、プロセス試料を用いてガス出力から不活性ガスを引き出す（「試料掃引」）ことによって、反応ガスプローブとして利用される。そのような配置は、処理用の実質的に不活性のガスのためにガス入口／出口を別途有しない帯域において用いられ得るか、または反応ガスプローブは、プロセス入口および出口に加えて別個のガス入口／出口に関連し得る。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（試料掃引を利用する実施形態において）は、所望の場合、分析の正確さまたは分析用トレーサの導入のいずれかの理由により、プロセス不活性ガスとも異なり得る。

10

【0502】

例えば、熱分解帯域のガス相中の酢酸濃度は、ガスプローブを用いて測定されて試料を抽出することができ、その後、これは、好適な技術（ガスクロマトグラフィー（GC）、質量分析（MS）、GC-MS、またはフーリエ変換赤外線分光法（FTIR）等）を用いて分析される。ガス相中のCOおよび／またはCO₂濃度は、例えば、ガス／蒸気に対する熱分解選択性の指標として測定および使用され得る。ガス相中のテルペン濃度は、液体等に対する熱分解選択性の指標として測定および使用され得る。

20

【0503】

いくつかの実施形態において、システムは、冷却帯域、または乾燥帯域（存在する場合）もしくは予熱帯域（存在する場合）と動作可能に連通して配置された少なくとも1つのさらなるガスプローブをさらに備える。

【0504】

冷却帯域のガスプローブは、例えば、冷却帯域で起こる任意のさらなる化学反応の程度を決定するのに有用であり得る。冷却帯域内のガスプローブは、温度の独立した測定結果としても有用であり得る（例えば、冷却帯域内に配置された熱電対に加えて）。この独立した測定結果は、冷却温度と測定された量のある特定の種との相関関係であり得る。この相関関係は、別個に築かれ得るか、またはある期間のプロセス動作後に確立され得る。

【0505】

乾燥帯域のガスプローブは、例えば、水含有量を測定することによって乾燥の程度を決定するのに有用であり得る。予熱帯域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決定するのに有用であり得る。

30

【0506】

ある特定の実施形態において、冷却帯域は、ガス入口で構成され、熱分解帯域は、ガス出口で構成されて、固相に対して実質的に向流の流れのガス相を発生させることができる。あるいは、またはさらに、予熱帯域（存在する場合）は、ガス出口で構成されて、固相に対して実質的に向流の流れのガス相を発生させることができる。あるいは、またはさらに、乾燥帯域は、ガス出口で構成されて、実質的に向流の流れを発生させることができる。

40

【0507】

熱分解反応器または反応器は、熱分解プロセスを行うことができる任意の好適な反応器構成から選択され得る。例示の反応器構成には、固定床反応器、流動床反応器、噴流床反応器、オージェ、回転円錐、回転式ラムキルン、か焼炉、焙煎器、移動床反応器、輸送床反応器、アブレーティブ反応器、回転円錐、またはマイクロ波支援型熱分解反応器が含まれるが、これらに限定されない。

【0508】

オージェが使用されるいくつかの実施形態において、砂または別の熱担体が任意に使用され得る。例えば、供給原料および砂は、ネジの1つの端部で供給され得る。ネジは、砂と供給原料を混合し、反応器を通してそれらを運搬する。ネジは、供給原料滞留時間の良

50

好な制御を提供し得、熱分解生成物を担体または流体化ガスで希釈しない。砂は、別個の容器内で再加熱され得る。

【0509】

アブレーティブプロセスが使用されるいくつかの実施形態において、供給原料は、高温の金属表面に対して高速で移動する。表面に生じる任意の炭のアブレーションは、高熱伝導率を維持し得る。そのような装置は、生成物の希釈を防ぐことができる。代替案として、供給原料粒子は、担体ガス中に懸濁され、壁が加熱されるサイクロンを通して高速で導入され得る。

【0510】

流動床反応器が使用されるいくつかの実施形態において、供給原料は、典型的に再循環された生成物ガスであるガスによって流体化された高温の砂床に導入され得る。本明細書における「砂」への言及は、ガラス粒子、回収された灰粒子等の同様の実質的に不活性の材料も含むものとする。流体化された砂の高熱伝導率は、供給原料の高速加熱をもたらし得る。砂粒子との摩擦によるあるアブレーションが存在し得る。熱は、通常、高温の燃焼ガスが流れる熱交換器管によって提供される。

10

【0511】

ガス、砂、および供給原料と一緒に移動する循環流動床反応器が使用され得る。例示の輸送ガスには、再循環された生成物ガスおよび燃焼ガスが含まれる。砂の高熱伝導率は、供給原料の高速加熱を確実にし、アブレーションは、通常の流動床でのアブレーションよりも強いと予想される。分離器を用いて、砂および炭粒子から生成物ガスを分離することができる。砂粒子は、流動バーナー容器内で再加熱され、反応器に再循環し得る。

20

【0512】

いくつかの実施形態において、BPUは、供給原料入口、温度を別々に制御し、かつそれぞれの帯域内で混合するように構成された複数の空間的に分離された帯域、および炭素質固体出口を備える連続反応器であり、帯域のうちの1つは、BPUに実質的に不活性のガスを導入するための第1のガス入口で構成され得、帯域のうちの1つは、第1のガス出口で構成され得る。

【0513】

いくつかの実施形態において、反応器は、少なくとも2つ、3つ、4つ、またはそれ以上の帯域を含む。帯域はそれぞれ、電気熱伝導、蒸気熱伝導、熱油熱伝導、相変化熱伝導、廃熱伝導、およびこれらの組み合わせからなる群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る。いくつかの実施形態において、少なくとも1つの帯域は、存在する場合、プロセスガス加熱器からの溶出物流で加熱される。

30

【0514】

BPUは、BPUに存在するすべての帯域（すべての帯域を含む）まで、少なくとも2つの帯域のガス相組成およびガス相滞留時間を別々に調整するように構成され得る。

【0515】

BPUは、第2のガス入口および／または第2のガス出口を装備し得る。いくつかの実施形態において、BPUは、それぞれの帯域内のガス入口で構成され得る。これらまたは他の実施形態において、BPUは、それぞれの帯域内のガス出口で構成され得る。BPUは、並流または向流反応器であり得る。

40

【0516】

いくつかの実施形態において、材料供給システムは、ネジまたはオージェ供給機構を備える。いくつかの実施形態において、炭素質固体出口は、ネジまたはオージェ出力機構を備える。

【0517】

いくつかの実施形態は、ネジ材料供給システムを有する回転か焼炉を利用する。これらの実施形態において、BPUの一部またはすべては、軸方向に回転可能であり、すなわち、中心線軸を中心に回転する。回転速度は、固体流れパターン、ならびに熱および物質輸送に影響を与える。帯域はそれぞれ、内壁に配置されるフライトで構成され、固体の攪拌

50

を提供し得る。フライトは、それぞれの帯域内で別々に調整可能であり得る。

【0518】

オージェ、ネジ、またはパドルコンベヤ等の固体を攪拌する他の手段が用いられ得る。いくつかの実施形態において、BPUは、それぞれの帯域全体にわたって配置される単一の連続オージェを含む。他の実施形態では、反応器は、それぞれの帯域全体にわたって配置された二軸ネジ (twin screw) を含む。

【0519】

いくつかのシステムは、特にプロセス全体を通して供給材料のおおよその大きさを維持する能力、すなわち、その構造を破壊するか、または著しく損傷を与えることなくバイオマス供給原料を処理する能力で設計される。いくつかの実施形態において、熱分解帯域は、熱分解される供給材料の大きさを大幅に減少させる傾向があるオージェ、ネジ、またはくま手を含まない。

10

【0520】

本開示のいくつかの実施形態において、システムは、出口と動作可能に連通して配置されるプロセスガス加熱器をさらに含み、そこで凝縮性蒸気および非凝縮性ガスが除去される。プロセスガス加熱器は、別個の燃料 (天然ガス等) および酸化体 (空気等) を受容して、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チャンバに入れるように構成され得る。CO または CH₄ 等のある特定の非凝縮性ガスも CO₂ に酸化され得る。

【0521】

プロセスガス加熱器が用いられる場合、システムは、乾燥器の燃焼熱のうち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器との間に配置される熱交換器を含み得る。この実施形態は、プロセスに全体のエネルギー効率に大いに寄与し得る。

20

【0522】

いくつかの実施形態において、システムは、少なくとも部分的に凝縮された形態の凝縮性蒸気を固体と合わせるように構成された、冷却器と動作可能に連通して配置された材料濃縮ユニットをさらに備える。材料濃縮ユニットは、炭素回収ユニットから得られた生物起源の活性炭の炭素含有量を増加させ得る。

【0523】

システムは、生物起源の活性炭をさらに熱分解してその炭素含有量を増加させるように適合された別個の熱分解帯域をさらに含み得る。この別個の熱分解帯域は、タンク、バレル、ビン、ドラム、トート、布袋、またはロールオフ等の比較的単純な容器、ユニット、またはデバイスであり得る。

30

【0524】

全体のシステムは、固定位置に存在し得るか、または持ち運びできるように作製され得る。このシステムは、モジュールを用いて構築され得、これらのモジュールは、実用的なスケールアップのために単に複製され得る。このシステムは、プロセス産業で周知の規模の経済原理を用いても構築され得る。

【0525】

固体の炭素濃縮に関する本開示のいくつかの実施形態は、これからさらに説明される。いくつかの実施形態において、生物起源の活性炭を生成するためのプロセスは、

40

【0526】

(a) バイオマスを含む炭素含有供給原料を提供することと、

【0527】

(b) 供給原料を任意に乾燥させて、供給原料内に含まれる水分の少なくとも一部を除去することと、

【0528】

(c) 供給原料を任意に脱気して、いくらか存在する場合、供給原料内に含まれる格子間酸素の少なくとも一部を除去することと、

【0529】

50

(d) 熱分解帯域において、実質的に不活性のガスの存在下で、供給原料を約250℃～約700℃から選択される熱分解温度で少なくとも10分間熱分解して、熱い熱分解固体、凝縮性蒸気、および非凝縮性ガスを発生させることと、

【0530】

(e) 熱い熱分解固体から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分離することと、

【0531】

(f) 冷却帯域において、実質的に不活性のガスの存在下で、熱い熱分解固体を約熱分解温度以下の冷却温度で少なくとも5分間冷却して、温かい熱分解固体を発生させることと、

【0532】

(g) 冷却器内の温かい熱分解固体を任意に冷却して、冷たい熱分解固体を発生させることと、

【0533】

(h) 続いて、温かい熱分解固体および／または冷たい熱分解固体全体にわたってステップ(e)からの凝縮性蒸気の少なくとも一部および／または非凝縮性ガスの少なくとも一部を通して、炭素含有量が増加した濃縮された熱分解固体を形成することと、

【0534】

(i) 炭素回収ユニット内に、濃縮された熱分解固体の少なくとも一部を含む生物起源の活性炭を回収することを含む。

【0535】

いくつかの実施形態において、ステップ(h)は、温かい熱分解固体全体にわたってステップ(e)からの凝縮性蒸気の少なくとも一部を蒸気および／または凝縮された形態を通して、炭素含有量が増加した濃縮された熱分解固体を生成することを含む。いくつかの実施形態において、ステップ(h)は、温かい熱分解固体全体にわたってステップ(e)からの非凝縮性ガスの少なくとも一部を通して、炭素含有量が増加した濃縮された熱分解固体を生成することを含む。

【0536】

様々な実施形態において、炭素濃縮が炭素含有量、エネルギー含有量、ならびに質量収率を増加させることを理解されたい。

【0537】

あるいは、またはさらに、蒸気またはガスは、冷たい熱分解固体と接触し得る。いくつかの実施形態において、ステップ(h)は、冷たい熱分解固体全体にわたってステップ(e)からの凝縮性蒸気の少なくとも一部を蒸気および／または凝縮された形態を通して、炭素含有量が増加した濃縮された熱分解固体を生成することを含む。いくつかの実施形態において、ステップ(h)は、冷たい熱分解固体全体にわたってステップ(e)からの非凝縮性ガスの少なくとも一部を通して、炭素含有量が増加した濃縮された熱分解固体を生成することを含む。

【0538】

ある特定の実施形態において、ステップ(h)は、冷たい熱分解固体全体にわたってステップ(e)からの凝縮性蒸気の実質的にすべてを蒸気および／または凝縮された形態を通して、炭素含有量が増加した濃縮された熱分解固体を生成することを含む。ある特定の実施形態において、ステップ(h)は、冷たい熱分解固体全体にわたってステップ(e)からの非凝縮性ガスの実質的にすべてを通して、炭素含有量が増加した濃縮された熱分解固体を生成することを含む。

【0539】

このプロセスは、炭素濃縮のために蒸気もしくはガスを用いる前に、蒸気もしくはガスを処理または分離する様々な方法を含み得る。例えば、ステップ(e)から得られた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からなる中間体供給流は、少なくとも第1および第2の出力流を発生させるように構成された分離ユニットに供給さ

10

20

30

40

50

れ得る。ある特定の実施形態において、中間体供給流は、凝縮性蒸気のすべて、非凝縮性ガスのすべて、またはこれらの両方を含む。

【0540】

分離技術は、蒸留塔、フラッシュ容器、遠心分離機、サイクロン、膜、フィルター、充填床、毛管カラム等を含むか、またはこれらを使用する。分離は、例えば、主に、蒸留、吸収、吸着、または拡散に基づき得、固定相に対する蒸気圧力、活性、分子量、密度、粘度、極性、化学的機能性、親和性、および任意のこれらの組み合わせの差を利用することができる。

【0541】

いくつかの実施形態において、第1および第2の出力流は、相対揮発度に基づいて中間体供給流から分離される。例えば、分離ユニットは、蒸留塔、フラッシュタンク、または凝縮器であり得る。

10

【0542】

したがって、いくつかの実施形態において、第1の出力流は、凝縮性蒸気を含み、第2の出力流は、非凝縮性ガスを含む。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る少なくとも1つの炭素含有化合物を含み得る。熱分解からの蒸気は、ベンゼン、トルエン、エチルベンゼン、およびキシレン等の芳香族化合物を含み得る。耐熱性タール等のより重い芳香族化合物は、蒸気中に存在し得る。非凝縮性ガスは、一酸化炭素、二酸化炭素、およびメタンからなる群から選択される少なくとも1つの炭素含有分子を含み得る。

20

【0543】

いくつかの実施形態において、第1および第2の出力流は、相対極性に基づいて分離された中間体供給流である。例えば、分離ユニットは、ストリッピング塔、充填床、クロマトグラフィーカラム、または膜であり得る。

【0544】

したがって、いくつかの実施形態において、第1の出力流は、極性化合物を含み、第2の出力流は、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、および酢酸からなる群から選択される少なくとも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なる群から選択される少なくとも1つの炭素含有分子を含み得る。

30

【0545】

ステップ(h)は、ステップ(h)以外の点では同一のプロセスと比較して、生物起源の活性炭の全炭素含有量を増加させ得る。炭素含有量増加の程度は、様々な実施形態において、例えば、約1%、2%、5%、10%、15%、25%であり得るか、またはさらに高くあり得る。

【0546】

いくつかの実施形態において、ステップ(h)は、生物起源の活性炭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において、ステップ(h)は、生物起源の活性炭の揮発性炭素含有量を増加させる。揮発性炭素含有量は、試薬中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合物;および様々なタールであり得るが、これらに限定されない。揮発性炭素は、典型的には、周囲条件下で固体に結合または吸着したままであるが、加熱すると、固定炭素が酸化されるか、ガス化されるか、またはさもなければ蒸気として放出される前に放出される。

40

【0547】

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固定炭素になる(例えば、COからのブードア炭素形成によって)ことが可能である。典型的には、揮発性物質は、固定炭素の微細孔に入ると予想され、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。この残留揮発度は、高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より有利であり得る。

50

【0548】

ステップ(h)は、生物起源の活性炭のエネルギー含有量(すなわち、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、またはさらには水素の増加に起因し得る。エネルギー含有量増加の程度は、様々な実施形態において、例えば、約1%、2%、5%、10%、15%、25%であり得るか、またはさらに高くあり得る。

【0549】

さらなる分離を用いて、プロセスまたはさらなる処理で用いるために、1つ以上の非凝縮性ガスまたは凝縮性蒸気を回収することができる。例えば、さらなる処理を含むことにより、純化されたCOまたは合成ガスを生成することができる。

10

【0550】

別の例として、酢酸の分離、その後、エタノールへの酢酸の還元が行われ得る。酢酸の還元は、生成された非凝縮性ガスに由来する水素を用いて少なくとも部分的に達成され得る。

【0551】

凝縮性蒸気は、プロセスにおけるエネルギー(熱酸化等による)に使用されるか、または炭素濃縮において使用されるかのいずれかであり、生物起源の活性炭の炭素含有量を増加させることができる。COまたはCH₄等のある特定の非凝縮性ガスは、プロセスにおけるエネルギーに利用されるか、または熱分解ステップ用の実質的に不活性のガスの一部として利用されるかのいずれかであり得る。前述のうちのいずれかの組み合わせも可能である。

20

【0552】

ステップ(h)を含む潜在的利益は、ガス流がスクラブ洗浄され、結果として生じるガス流がCOおよびCO₂で濃縮されることである。結果として生じるガス流は、エネルギー回収に利用され得、固体の炭素濃縮のために再循環し得、かつ／または反応器内の不活性ガスとして使用され得る。同様に、凝縮性蒸気から非凝縮性ガスを分離することにより、CO/CO₂流は、例えば、反応器システムまたは冷却システムにおける不活性ガスとしての使用のために調製される。

【0553】

本開示の他の変形例は、炭素濃縮ステップの原理が炭素の添加が所望される任意の供給原料に適用され得るといった認識を前提とする。

30

【0554】

いくつかの実施形態において、生物起源の活性炭を生成するためのバッチまたは連続プロセスは、

【0555】

(a) 炭素含有材料を含む固体流を提供することと、

【0556】

(b) 凝縮性炭素含有蒸気、非凝縮性炭素含有ガス、または凝縮性炭素含有蒸気と非凝縮性炭素含有ガスの混合物を含むガス流を提供することと、

【0557】

(c) 好適な条件下で固体流全体にわたってガス流を通して、炭素含有材料と比較して炭素含有量が増加した炭素含有生成物を形成することを含む。

40

【0558】

いくつかの実施形態において、出発炭素含有材料は、熱分解バイオマスまたは焙焼バイオマスである。ガス流は、炭素含有材料を提供する統合プロセス中に得られ得る。または、ガス流は、炭素含有材料の別の処理から得られ得る。ガス流またはその一部は、外部源(例えば、製材所におけるオープン)から得られ得る。ガス流の混合物、ならびに様々な源からの炭素含有材料の混合物が可能である。

【0559】

いくつかの実施形態において、プロセスは、このプロセスを繰り返すためにガス流を再

50

循環させるか、またはそれを再利用して、炭素含有生成物の炭素および／もしくはエネルギー含有量をさらに増加させることをさらに含む。いくつかの実施形態において、プロセスは、このプロセスを実行するためにガス流を再循環させるか、またはそれを再利用して、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ことをさらに含む。

【0560】

いくつかの実施形態において、プロセスは、少なくとも第1および第2の出力流を発生させるように構成された分離ユニットにガス流を導入することをさらに含み、ガス流は、凝縮性炭素含有蒸気と非凝縮性炭素含有ガスの混合物を含む。第1のおよび第2の出力流は、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。ガス流は、炭素含有材料の別の処理から得られ得る。

10

【0561】

いくつかの実施形態において、プロセスは、このプロセスを繰り返すためにガス流を再循環させるか、またはそれを再利用して、炭素含有生成物の炭素含有量をさらに増加させることをさらに含む。いくつかの実施形態において、プロセスは、このプロセスを実行するためにガス流を再循環させるか、またはそれを再利用して、別の供給原料の炭素含有量を増加させることをさらに含む。

【0562】

炭素含有生成物は、出発炭素含有材料と比較して、増加した全炭素含有量、より高い固定炭素含有量、より高い揮発性炭素含有量、より高いエネルギー含有量、またはこれらの任意の組み合わせを有し得る。

20

【0563】

関連変形例において、生物起源の活性炭生成システムは、

【0564】

(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、

【0565】

(b) 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、材料供給システムと動作可能に連通して配置された任意の乾燥器と、

【0566】

(c) 乾燥器と動作可能に連通して配置されたBPUと(BPUは、空間的に分離された冷却帯域と動作可能に連通して配置された少なくとも1つの熱分解帯域を含み、BPUは、固体から凝縮性蒸気および非凝縮性ガスを除去するための出口で構成され得る)、

30

【0567】

(d) BPUと動作可能に連通して配置された冷却器と、

【0568】

(e) 炭素含有量が増加した濃縮された固体を形成するために、固体全体にわたって凝縮性蒸気および／または非凝縮性ガスを通すように構成された、冷却器と動作可能に連通して配置された材料濃縮ユニットと、

【0569】

(f) 材料濃縮ユニットと動作可能に連通して配置された炭素回収ユニットとを備える。

40

【0570】

システムは、熱分解帯域と動作可能に連通して配置された予熱帯域をさらに含み得る。いくつかの実施形態において、乾燥器は、BPU内の乾燥帯域として構成される。帯域はそれぞれ、単一のBPUまたは別々のBPU内に設置され得る。また、冷却器は、BPU内に配置され得る。

【0571】

いくつかの実施形態において、冷却帯域は、ガス入口で構成され、熱分解帯域は、ガス出口で構成されて、固相に対して実質的に向流の流れのガス相を発生させることができる。これらまたは他の実施形態において、予熱帯域および／または乾燥帯域（もしくは乾燥

50

器)は、ガス出口で構成されて、固相に対して実質的に向流の流れのガス相を発生させることができる。

【0572】

特定の実施形態において、システムは、

【0573】

(i) 上部および下部を有する筐体と、

【0574】

(ii) 筐体の下部の底の入口であって、

【0575】

凝縮性蒸気および非凝縮性ガスを運ぶように構成された入口と、

【0576】

(iii) 筐体の上部の最上部の出口であって、

【0577】

凝縮性蒸気および非凝縮性ガスに由来する濃縮ガス流を運ぶように構成された出口と、

【0578】

(iv) 筐体の上部と下部との間に画定された通路と、

【0579】

【0580】

(v) 固体を輸送ように構成された、通路の後に続く材料輸送システムと(筐体は、固体が凝縮性蒸気のうちの少なくとも一部および／または非凝縮性ガスのうちの少なくとも一部を吸着させるように成形される)を備える材料濃縮ユニットを組み込む。

【0581】

本開示は、生物起源の活性炭として有用な様々な組成物、およびこれらの試薬を組み込む生成物を生成することができる。いくつかの変形例において、生物起源の活性炭は、以下のステップを含むプロセス等の本明細書に開示の任意のプロセスによって生成される：

【0582】

(a) バイオマスを含む炭素含有供給原料を提供するステップと、

【0583】

(b) 供給原料を任意に乾燥させて、供給原料内に含まれる水分の少なくとも一部を除去するステップと、

【0584】

(c) 供給原料を任意に脱気して、いくらか存在する場合、供給原料内に含まれる格子間酸素の少なくとも一部を除去するステップと、

【0585】

(d) 熱分解帯域において、実質的に不活性のガスの存在下で、供給原料を約250℃～約700℃から選択される熱分解温度で少なくとも10分間熱分解して、熱い熱分解固体、凝縮性蒸気、および非凝縮性ガスを発生させるステップと、

【0586】

(e) 熱い熱分解固体から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分離するステップと、

【0587】

(f) 冷却帯域において、実質的に不活性のガスの存在下で、熱い熱分解固体を約熱分解温度以下の冷却温度で少なくとも5分間冷却して、温かい熱分解固体を発生させるステップと、

【0588】

(g) 温かい熱分解固体を冷却して、冷たい熱分解固体を発生させるステップと、

【0589】

(h) 冷たい熱分解固体の少なくとも一部を含む生物起源の活性炭を回収するステップ。

【0590】

10

20

30

40

50

いくつかの実施形態において、生物起源の活性炭を生成するためのプロセスは、温かい熱分解固体または冷たい熱分解固体を寸法決定（例えば、選別、スクリーニング、分類等）して、寸法決定された熱分解固体を形成するステップをさらに含む。その後、寸法決定された熱分解固体は、ある特定の粒径特性を有する活性炭生成物を必要とする用途において使用され得る。

【0591】

いくつかの実施形態において、生物起源の活性炭は、乾燥ベースで、少なくとも約55重量%、例えば、少なくとも55重量%、少なくとも60重量%、少なくとも65重量%、少なくとも70重量%、少なくとも75重量%、少なくとも80重量%、少なくとも85重量%、少なくとも90重量%、少なくとも95重量%、少なくとも96重量%、少なくとも97重量%、少なくとも98重量%、または少なくとも99重量%の全炭素を含む。全炭素は、少なくとも固定炭素を含み、揮発性物質由来の炭素をさらに含み得る。いくつかの実施形態において、揮発性物質由来の炭素は、生物起源の活性炭中に存在する全炭素のおよそ少なくとも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。例えば、固定炭素がASTM D3172を用いて測定され得る一方で、揮発性炭素は、ASTM D3175を用いて推定され得る。

【0592】

本開示に従う生物起源の活性炭は、約0重量%～約8重量%の水素を含み得る。いくつかの実施形態において、生物起源の活性炭は、約0.5重量%を超える水素、例えば、約0.6重量%、約0.7重量%、約0.8重量%、約0.9重量%、約1重量%、約1.2重量%、約1.4重量%、約1.6重量%、約1.8重量%、約2重量%、約2.2重量%、約2.4重量%、約2.6重量%、約2.8重量%、約3重量%、約3.2重量%、約3.4重量%、約3.6重量%、約3.8重量%、約4重量%、または約4重量%を超える水素を含む。生物起源の活性炭の水素含有量は、当技術分野で既知の任意の好適な方法、例えば、ASTM D5373に概説される燃焼分析手順によって決定され得る。いくつかの実施形態において、生物起源の活性炭は、化石燃料源に由来する化石燃料源の活性炭の水素含有量を超える水素含有量を有する。典型的には、化石燃料ベースの活性炭生成物は、約1重量%以下の水素、例えば、約0.6重量%の水素を有する。いくつかの実施形態において、活性炭生成物の特性は、ある量の化石燃料ベースの活性炭生成物（すなわち、非常に低い水素含有量を有するもの）を、化石燃料ベースの活性炭生成物の水素含有量を超える水素含有量を有する好適な量の生物起源の活性炭生成物とブレンドすることによって最適化され得る。

【0593】

生物起源の活性炭は、乾燥ベースで、約10重量%以下、例えば、約5重量%以下の水素を含み得る。生物起源の活性炭生成物は、乾燥ベースで、約1重量%以下、例えば、約0.5重量%以下の窒素を含み得る。生物起源の活性炭生成物は、乾燥ベースで、約0.5重量%以下、例えば、約0.2重量%以下のリンを含み得る。生物起源の活性炭生成物は、乾燥ベースで、約0.2重量%以下、例えば、約0.1重量%以下の硫黄を含み得る。

【0594】

ある特定の実施形態において、生物起源の活性炭は、最大20重量%の酸素、例えば、約0.2重量%、約0.5重量%、約1重量%、約2重量%、約3重量%、約4重量%、約5重量%、約6重量%、約7重量%、約7.5重量%、約8重量%、約9重量%、約10重量%、約11重量%、約12重量%、約13重量%、約14重量%、約15重量%、約16重量%、約17重量%、約18重量%、約19重量%、または約20重量%の酸素等の酸素を含む。活性炭中の酸素の存在は、特にハロゲン（塩素または臭素等）の存在と併せて、水銀捕獲等のある特定の用途に有益であり得る。いくつかの実施形態において、生物起源の活性炭は、化石燃料源に由来する活性炭の酸素含有量を超える酸素含有量を有する。典型的には、化石燃料ベースの活性炭生成物は、約10重量%以下の酸素、例えば、約7重量%の酸素または約0.3重量%の酸素を有する。いくつかの実施形態において

、活性炭生成物の特性は、ある量の化石燃料ベースの活性炭生成物（すなわち、非常に低い酸素含有量を有するもの）を、化石燃料ベースの活性炭生成物の酸素含有量を超える酸素含有量を有する好適な量の生物起源の活性炭生成物とブレンドすることによって最適化され得る。

【0595】

炭素、水素、および窒素は、例えば、究極分析のためにASTM D5373を用いて測定され得る。酸素は、例えば、ASTM D3176を用いて推定され得る。硫黄は、例えば、ASTM D3177を用いて測定され得る。

【0596】

ある特定の実施形態は、水素（存在し得る任意の水分以外）、窒素、リン、もしくは硫黄をわずかししか有しないか、または本質的に全く有しない試薬を提供し、実質的に炭素と存在する任意の灰および水分である。したがって、いくつかの実施形態は、乾燥／灰なし（DAF）ベースで、最大100%（100%を含む）の炭素を有する材料を提供する。

【0597】

一般的に言えば、バイオマス等の供給原料は、熱分解中に容易に放出されないシリカおよび様々な金属を含む不揮発性種を含有する。言うまでもなく、灰を含まない供給原料を利用することが可能であり、その場合、熱分解固体中に相当量の灰が存在すべきではない。灰は、例えば、ASTM D3174を用いて測定され得る。

【0598】

灰等の様々な量の不燃性物質が存在し得る。生物起源の活性炭は、乾燥ベースで、約10重量%以下、例えば、約5重量%、約2重量%、約1重量%、または約1重量%以下の不燃性物質を含み得る。ある特定の実施形態において、試薬は、灰をほとんど含有しないか、または灰もしくは他の不燃性物質を本質的に全く含有しない。したがって、いくつかの実施形態は、乾燥ベースで、100%の炭素を含む本質的に純粋な炭素を提供する。

【0599】

様々な量の水分が存在し得る。全質量ベースで、生物起源の活性炭は、少なくとも1重量%、少なくとも2重量%、少なくとも5重量%、少なくとも10重量%、少なくとも15重量%、少なくとも25重量%、少なくとも35重量%、少なくとも50重量%、または50重量%以上の水分を含み得る。本明細書で意図されるように、「水分」は、吸収水分、吸着水分子、化学的水和物、および物理的水和物を含む、生物起源の活性炭生成物中に存在する水の任意の形態を含むと解釈されるべきである。平衡水分含有量は、少なくとも相対湿度等の局所環境によって変化し得る。また、水分は、輸送中、使用のための調製中、および他のロジスティクス中に変化する。水分は、例えば、ASTM D3173を含む当技術分野で既知の任意の好適な方法によって測定され得る。

【0600】

生物起源の活性炭は、この目的のために、絶乾試薬の全燃焼に関連したより高い熱価に基づくエネルギー密度を意味する様々な「エネルギー含有量」を有し得る。例えば、生物起源の活性炭は、およそ少なくとも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。ある特定の実施形態において、エネルギー含有量は、約14,000~15,000Btu/lbである。エネルギー含有量は、例えば、ASTM D5865を含む当技術分野で既知の任意の好適な方法によって測定され得る。

【0601】

生物起源の活性炭は、粗粉末または微粉末等の粉末に形成され得る。例えば、試薬は、いくつかの実施形態において、約200メッシュ、約100メッシュ、約50メッシュ、約10メッシュ、約6メッシュ、約4メッシュ、または約2メッシュの平均メッシュサイズを有する粉末に形成され得る。いくつかの実施形態において、生物起源の活性炭は、最大約500μm、例えば、約10μm以下、約10μm、約25μm、約50μm、約75μm、約100μm、約200μm、約300μm、約400μm、または約500μm

10

20

30

40

50

mの平均粒径を有する。

【0602】

生物起源の活性炭は、概して主に約0.21mm（70メッシュ）以下の大きさを有する粒子を含む粉末活性炭として生成され得る。生物起源の活性炭は、概して0.2mm～5mmの範囲の大きさを有する不規則形状の粒子を含む粒状活性炭として生成され得る。生物起源の活性炭は、概して0.8mm～5mmの直径を有する押出形状および円筒形状の物体を含むペレット化活性炭として生成され得る。

【0603】

いくつかの実施形態において、生物起源の活性炭は、加圧粒子、束縛粒子、または凝集粒子を含む構造物体に形成される。これらの物体を形成するための出発材料は、粒径減少によって得られる中間体等の試薬の粉末形態であり得る。これらの物体は、任意に結合剤または粒子を凝集させる他の手段を用いて、機械的加圧または他の力によって形成され得る。

【0604】

熱分解からの形成後、生物起源の活性炭は、微粉化されて粉末を形成し得る。この文脈における「微粉化」とは、平均粒径を減少させるための任意の寸法決定、製粉、微粉化、粉碎、破碎、押出、または他の主な機械的処理を含むよう意図されている。機械的処理は、所望の場合、化学力または電気力によって支援され得る。微粉化は、バッチ、連続、または半連続プロセスであり得、いくつかの実施形態において、熱分解固体が形成される位置とは異なる位置で実行され得る。

【0605】

いくつかの実施形態において、生物起源の活性炭は、構造物体の形態で生成され、この構造は、実質的に供給原料に由来する。例えば、供給原料チップは、生物起源の活性炭の生成物チップを生成し得る。または、供給原料円筒は、生物起源の活性炭円筒を生成し得、これは、出発材料よりも若干小さくあり得るが、その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。

【0606】

本開示に従う生物起源の活性炭は、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、または前述の物体に形成され得る。様々な実施形態において、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。

【0607】

本開示の他の変形例は、プロセス、生成物、またはこれら両方への添加物の組み込みに関する。いくつかの実施形態において、生物起源の活性炭は、プロセス中に組み込まれる少なくとも1つのプロセス添加物を含む。これらまたは他の実施形態において、活性炭は、このプロセス後に活性炭に導入される少なくとも1つの生成物添加物を含む。

【0608】

本開示の他の変形例は、プロセス、生成物、またはこれら両方への添加物の組み込みに関する。いくつかの実施形態において、生物起源の活性炭は、プロセス中に組み込まれる少なくとも1つのプロセス添加物を含む。これらまたは他の実施形態において、試薬は、このプロセス後に試薬に導入される少なくとも1つの生成物添加物を含む。

【0609】

いくつかの実施形態において、生物起源の活性炭は、乾燥ベースで、

【0610】

55重量%以上の全炭素、

【0611】

5重量%以下の水素、

【0612】

1重量%以下の窒素、

【0613】

- 任意に 0.5 重量%～10 重量%の酸素、
- 【0614】
0.5 重量%以下のリン、
- 【0615】
0.2 重量%以下の硫黄、および
- 【0616】
金属、金属酸化物、金属水酸化物、金属ハロゲン化物、またはこれらの組み合わせから選択される添加物を含む。
- 【0617】
添加物は、塩化鉄、臭化鉄、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、酸化マグネシウム、ドロマイト、ドロマイト石灰、フルオライト、フルオロスパー、ベントナイト、酸化カルシウム、石灰、またはこれらの組み合わせから選択されるが、決してこれらに限定されない。
- 【0618】
いくつかの実施形態において、生物起源の活性炭は、乾燥ベースで、
- 【0619】
55 重量%以上の全炭素、
- 【0620】
5 重量%以下の水素、
- 【0621】
1 重量%以下の窒素、
- 【0622】
任意に 0.5 重量%～10 重量%の酸素、
- 【0623】
0.5 重量%以下のリン、
- 【0624】
0.2 重量%以下の硫黄、および
- 【0625】
酸、塩基、またはその塩から選択される添加物を含む。
- 【0626】
添加物は、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、有機酸（例えば、クエン酸）、またはこれらの組み合わせから選択されるが、決してこれらに限定されない。
- 【0627】
ある特定の実施形態において、生物起源の活性炭は、乾燥ベースで、
- 【0628】
55 重量%以上の全炭素、
- 【0629】
5 重量%以下の水素、
- 【0630】
1 重量%以下の窒素、
- 【0631】
任意に 0.5 重量%～10 重量%の酸素、
- 【0632】
0.5 重量%以下のリン、
- 【0633】
0.2 重量%以下の硫黄、
- 【0634】
金属、金属酸化物、金属水酸化物、金属ハロゲン化物、またはこれらの組み合わせから選択される第 1 の添加物、および

10

20

30

40

50

【0635】

酸、塩基、またはその塩から選択される第2の添加物を含み、

【0636】

第1の添加物は、第2の添加物とは異なる。

【0637】

第1の添加物は、塩化鉄、臭化鉄、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、酸化マグネシウム、ドロマイト、ドロマイト石灰、フルオライト、フルオロスパー、ベントナイト、酸化カルシウム、石灰、またはこれらの組み合わせから選択され得る一方で、第2の添加物は独立して、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、有機酸（例えば、クエン酸）、またはこれらの組み合わせから選択される。

10

【0638】

ある特定の生物起源の活性炭は、乾燥ベースで、炭素、水素、窒素、酸素、リン、硫黄、不燃性物質、ならびに塩化鉄、臭化鉄、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、酸化マグネシウム、ドロマイト、ドロマイト石灰、フルオライト、フルオロスパー、ベントナイト、酸化カルシウム、石灰、およびこれらの組み合わせからなる群から選択される添加物から本質的になる。

【0639】

ある特定の生物起源の活性炭は、乾燥ベースで、炭素、水素、窒素、酸素、リン、硫黄、不燃性物質、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、塩化水素、ケイ酸ナトリウム、およびこれらの組み合わせからなる群から選択される添加物から本質的になる。

20

【0640】

添加物（または全添加物）の量は、例えば、乾燥ベースで、約0.1重量%、約1重量%、約5重量%、約10重量%、または約20重量%を含む約0.01重量%～約25重量%と大きく異なり得る。約1重量%よりも高い添加物等の比較的多い量の添加物が組み込まれるとき、全活性炭重量（添加物を含む）ベースで計算されたエネルギー含有量を減少させることが理解される。依然として、様々な実施形態において、添加物（複数可）を有する生物起源の活性炭は、生物起源の活性炭（添加物（複数可）を含む）の全重量に基づく場合、およそ少なくとも11,000 Btu/lb、少なくとも12,000 Btu/lb、少なくとも13,000 Btu/lb、少なくとも14,000 Btu/lb、または少なくとも15,000 Btu/lbのエネルギー含有量を有し得る。

30

【0641】

生成物形態に関する上記の考察は、添加物を組み込む実施形態にも適用される。実際には、ある特定の実施形態は、特定の用途のために結合剤または最終特性を強化するための他の調整剤として添加物を組み込む。

【0642】

いくつかの実施形態において、生物起源の活性炭に含まれる炭素の大半は、再生可能な炭素に分類される。いくつかの実施形態において、実質的にすべての炭素は、再生可能な炭素に分類される。ある特定の市場機構（例えば、再生可能識別番号、税額控除等）が存在し得、価値は、生物起源の活性炭中の再生可能な炭素含有量に起因する。いくつかの実施形態において、添加物自体は、生物起源の源に由来するか、またはさもなければ再生可能な炭素源に由来するものに分類される。例えば、クエン酸等のいくつかの有機酸は、再生可能な炭素源に由来する。したがって、いくつかの実施形態において、生物起源の活性炭の炭素含有量は、再生可能な炭素からなるか、本質的になるか、または実質的になる。例えば、本明細書に開示の方法によって形成された完全に生物起源の活性炭は、（a）再生可能な炭素源由来のバイオマスに専ら由来する熱分解固体、および（b）再生可能な炭素源に専ら由来する1つ以上の添加物からなるか、本質的になるか、または実質的になる。

40

【0643】

50

本明細書に記載されるように生成された生物起源の活性炭は、多種多様の炭素質生成物に有用である。いくつかの変形例において、生成物は、本開示のプロセスによって得られるか、または本明細書に記載の組成物に記載される生物起源の活性炭、あるいはこれらの任意の部分、組み合わせ、もしくは誘導体のうちのいずれかを含む。

【0644】

一般的に言えば、生物起源の活性炭は、燃焼されてエネルギー（電気および熱を含む）を生成するか、部分的に酸化または蒸気改質されて合成ガスを生成するか、それらの吸着または吸収特性のために利用されるか、金属精製（金属酸化物の減少等）または他の工業処理中にそれらの反応特性のために利用されるか、あるいは炭素鋼および様々な他の金属合金におけるそれらの材料特性のために利用され得る。本質的に、生物起源の活性炭は、開発される特殊用途を含む炭素ベースの物品または高度な材料の任意の市場用途のために利用され得る。

【0645】

本明細書に開示のプロセスに従って調製される生物起源の活性炭は、従来の化石燃料ベースの活性炭と同一の特性またはそれよりも良好な特性を有する。いくつかの実施形態において、生物起源の活性炭は、化石燃料ベースの活性炭に関連した表面積に匹敵するか、それと同等であるか、またはそれを超える表面積を有する。いくつかの実施形態において、生物起源の活性炭は、従来の活性炭生成物と同程度に、またはそれよりも良好に汚染物質を制御することができる。いくつかの実施形態において、生物起源の活性炭は、従来の活性炭生成物に関連した不活性材料（例えば、灰）のレベルに匹敵するか、それと同等であるか、またはほぼそれ以下の不活性材料（例えば、灰）のレベルを有する。いくつかの実施形態において、生物起源の活性炭は、従来の活性炭生成物に関連した粒径および／または粒径分布に匹敵するか、それと同等であるか、それを超えるか、またはほぼそれ以下の粒径および／または粒径分布を有する。いくつかの実施形態において、生物起源の活性炭生成物は、従来の活性炭生成物に関連した粒子形状に匹敵するか、それと実質的に類似しているか、またはそれと同一の粒子形状を有する。いくつかの実施形態において、生物起源の活性炭生成物は、従来の活性炭生成物に関連した粒子形状とは実質的に異なる粒子形状を有する。いくつかの実施形態において、生物起源の活性炭生成物は、従来の活性炭生成物に関連した細孔容積に匹敵するか、それと同等であるか、またはそれを超える細孔容積を有する。いくつかの実施形態において、生物起源の活性炭生成物は、従来の活性炭生成物に関連した細孔寸法に匹敵するか、それと実質的に類似しているか、またはそれと同一の細孔寸法を有する。いくつかの実施形態において、生物起源の活性炭生成物は、従来の活性炭生成物に関連した粒子の摩擦抵抗値に匹敵するか、それと実質的に類似しているか、またはそれと同一の粒子の摩擦抵抗値を有する。いくつかの実施形態において、生物起源の活性炭生成物は、従来の活性炭生成物に関連した硬度値に匹敵するか、それと実質的に類似しているか、またはそれと同一の硬度値を有する。いくつかの実施形態において、生物起源の活性炭生成物は、従来の活性炭生成物に関連した硬度値に匹敵するか、実質的にほぼそれ以下であるか、またはほぼそれ以下の硬度値を有する。いくつかの実施形態において、生物起源の活性炭生成物は、従来の活性炭生成物に関連したバルク密度値に匹敵するか、それと実質的に類似しているか、またはそれと同一のバルク密度値を有する。いくつかの実施形態において、生物起源の活性炭生成物は、従来の活性炭生成物に関連したバルク密度値に匹敵するか、実質的にほぼそれ以下であるか、またはほぼそれ以下のバルク密度値を有する。いくつかの実施形態において、生物起源の活性炭生成物は、従来の活性炭生成物に関連した吸収能力に匹敵するか、それと実質的に類似しているか、またはそれと同一の吸収能力を有する。

【0646】

任意の生成物用途における適合または実際の使用の前に、本開示の生物起源の活性炭は、様々な方法で、分析、測定、および任意に修飾（例えば、添加物によって）され得る。化学組成物およびエネルギー含有量以外の潜在的に興味深いいくつかの特性には、密度、粒径、表面積、微細孔性、吸収性、吸着性、結合能力、反応性、脱硫活性、塩基性、硬度

、およびヨウ素価が含まれる。

【0647】

本開示のいくつかの変形例は、様々な活性炭生成物を提供する。活性炭は、水処理、空気精製、溶媒蒸気回収、食物および飲料処理、砂糖精製および甘味料精製、自動車用途、および医薬品を含む多種多様の液体およびガス相用途で使用される。活性炭の場合、主要な生成物特質には、粒径、形状、および組成；表面積、細孔容積、および細孔寸法、粒径分布、炭素表面および内部の化学的性質、粒子の摩擦耐性、硬度、バルク密度、ならびに吸着能力が含まれ得る。

【0648】

生物起源の活性炭の表面積は、大きく異なり得る。例示の表面積は、約 $500\text{ m}^2/\text{g}$ 、 $600\text{ m}^2/\text{g}$ 、 $800\text{ m}^2/\text{g}$ 、 $1000\text{ m}^2/\text{g}$ 、 $1200\text{ m}^2/\text{g}$ 、 $1400\text{ m}^2/\text{g}$ 、 $1600\text{ m}^2/\text{g}$ 、または $1800\text{ m}^2/\text{g}$ 等の約 $400\text{ m}^2/\text{g}$ ～約 $2000\text{ m}^2/\text{g}$ 以上の範囲である。表面積は、概して、吸着能力と相関している。

【0649】

ヨウ素価は、活性炭の性能を特徴付けるために使用されるパラメータである。ヨウ素価は、炭素の活性化の程度を測定し、微細孔（例えば、 $0\sim 20\text{ \AA}$ ）含有量の測定結果である。これは、液体相用途にとって重要な測定である。他の細孔関連測定には、メソ細孔含有量（例えば、 $20\sim 500\text{ \AA}$ ）を測定するメチレンブルー、およびマクロ細孔含有量（例えば、 $500\text{ \AA}$ 超）を測定する糖蜜価（*Molasses Number*）が含まれる。細孔径分布および細孔容積は、究極性能を決定するのに重要である。生物起源の活性炭の典型的なバルク密度は、約 450 g/リットル 等の約 $400\sim 500\text{ g/リットル}$ である。

【0650】

硬度または摩耗価（*Abrasion Number*）は、活性炭の摩擦耐性の測定結果である。これは、取り扱い中または使用中に摩擦力および機械的応力に耐える活性炭の物理的完全性の指標である。ある量の硬度が望ましいが、硬度が高すぎる場合、機器の過剰摩耗が生じ得る。ASTM D3802に従って測定される例示の摩耗価は、約1%、約5%、約10%、約15%、約20%、約25%、約30%、約35%、約40%、約45%、約50%、約55%、60%、約65%、約70%、約75%、約80%、約85%、約90%、約95%、約96%、約97%、約98%、約99%、または約99%超等の約1%～約99%超の範囲である。

【0651】

いくつかの実施形態において、活性炭を処理する主要設備内で生物起源の活性炭が摩擦に適度に耐性を示すが、擦過および摩耗を引き起こさない硬度の最適な範囲が達成され得る。この最適条件は、本開示のいくつかの実施形態において、供給原料、ならびに処理条件の選択により可能となる。

【0652】

例えば、ココナツの殻が99%以上の摩耗価を実現する傾向があるため、ココナツの殻が最適な硬度を達成するのに最適ではない供給原料であることが知られている。下流の使用が高い硬度に対処することができるいくつかの実施形態において、本開示のプロセスを動作させて、硬度を増加させるか、または最大限に生かして、約75%、約80%、約85%、約90%、約95%、約96%、約97%、約98%、約99%、または約99%超の摩耗価を有する生物起源の活性炭生成物を生成することができる。

【0653】

本開示によって提供される生物起源の活性炭は、幅広い商業用途を有する。例えば、制限なく、生物起源の活性炭は、排出制御、水精製、地下水処理、廃水処理、空気ストリッパ用途、PCB除去用途、除臭用途、土壌蒸気抽出、都市ガスプラント、工業用水濾過、工業燻蒸、タンクおよびプロセス通気孔、ポンプ、送風機、フィルター、前置フィルター、ミストフィルター、配管、配管モジュール、吸着器、吸収器、およびカラムにおいて利用され得る。

【0654】

いくつかの変形例は、乾燥ベースで、約55重量%以上の全炭素、約15重量%以下の水素、および約1重量%以下の窒素を含む生物起源の活性炭組成物を提供し、活性炭組成物は、約500よりも高いヨウ素価を特徴とし、炭素の少なくとも一部は、グラフェンの形態で存在する。

【0655】

いくつかの実施形態において、組成物は、外部から印加された磁場に応答するか、または外部から印加された磁場に応答する添加物を含む。そのような添加物は、鉄または鉄含有化合物であり得る。グラフェン自体（添加物を有しない）が外部から印加された磁場に応答し得る。

10

【0656】

いくつかの変形例は、乾燥ベースで、約55重量%以上の全炭素、約15重量%以下の水素、約1重量%以下の窒素、および約0.0001重量%～約1重量%の鉄を含む生物起源の活性炭組成物を提供し、炭素の少なくとも一部は、グラフェンの形態で存在し、活性炭組成物は、約500よりも高いヨウ素価を特徴とし、組成物は、外部から印加された磁場に応答する。

【0657】

いくつかの変形例は、乾燥ベースで、約55重量%以上の全炭素、約15重量%以下の水素、約1重量%以下の窒素、および約0.1重量%～約1重量%の鉄を含む生物起源の活性炭組成物を提供し、活性炭組成物は、約500よりも高いヨウ素価を特徴とし、組成物は、外部から印加された磁場に応答する。

20

【0658】

いくつかの変形例は、乾燥ベースで、約55重量%以上の全炭素、約15重量%以下の水素、および約1重量%以下の窒素を含む生物起源の活性炭組成物を提供し、活性炭組成物は、約500よりも高いヨウ素価を特徴とし、炭素の少なくとも一部は、グラフェンの形態で存在する。

【0659】

本開示は、約500よりも高いヨウ素価を特徴とする生物起源のグラフェン含有生成物も提供する。

【0660】

本開示のいくつかの変形例は、生物起源の活性炭組成物を用いて排出を減少させるする方法を提供し、この方法は、

30

【0661】

(a) 生物起源の活性炭組成物を含む活性炭粒子を提供することと、

【0662】

(b) 少なくとも1つの選択された汚染物を含むガス相排出流を提供することと、

【0663】

(c) ガス相排出流からの選択された汚染物の除去を支援するように選択された添加物を提供することと、

【0664】

(d) 活性炭粒子および添加物をガス相排出流に導入して、選択された汚染物の少なくとも一部を活性炭粒子上に吸着させて、それによりガス相排出流内に汚染物吸着炭素粒子を発生させることと、

40

【0665】

(e) ガス相排出流から汚染物吸着炭素粒子の少なくとも一部を分離して、汚染物が減少したガス相排出流を生成することを含む。

【0666】

生物起源の活性炭組成物の添加物は、活性炭粒子の一部として提供される。あるいは、またはさらに、添加物は、ガス相排出流、燃料床、または燃焼帯域に直接導入され得る。当業者が認識する、選択された汚染物を除去するためにガス相排出流に添加物を直接的ま

50

たは間接的に導入する他の方法も実行可能である。

【0667】

(ガス相排出流中の) 選択された汚染物は、水銀、ホウ素、セレン、ヒ素、ならびにこれらの任意の化合物、塩、および混合物からなる群から選択される金属等の金属であり得る。選択された汚染物は、例えば、有害な大気汚染物質、有機化合物 (VOC 等)、または非凝縮性ガスであり得る。いくつかの実施形態において、生物起源の活性炭生成物は、匹敵する量の非生物起源の活性炭生成物よりも多い量の選択された汚染物を吸着させ、吸収し、かつ／または化学吸着させる。いくつかのそのような実施形態において、選択された汚染物は、金属、有害な大気汚染物質、有機化合物 (VOC 等)、非凝縮性ガス、またはこれらの任意の組み合わせである。いくつかの実施形態において、選択された汚染物は、水銀を含む。いくつかの実施形態において、選択された汚染物は、1つ以上の VOC を含む。いくつかの実施形態において、生物起源の活性炭は、少なくとも約1重量%の水素および／または少なくとも約10重量%の酸素を含む。

10

【0668】

有害な大気汚染物質は、癌もしくは他の健康への深刻な影響、例えば、生殖影響もしくは出生異常、または有害な環境影響および生態影響を引き起こすか、または引き起こし得る汚染物質である。修正された大気浄化法 (Clean Air Act) の第112項は、参照によりその全体が本明細書に組み込まれる。大気浄化法の第112項に従って、米国環境保護庁 (Environmental Protection Agency: EPA) は、189の有害な大気汚染物質の制御を義務付けられている。EPAによって有害な大気汚染物質に分類される任意の現在または将来の化合物は、本文脈において可能性のある選択された汚染物に含まれる。

20

【0669】

揮発性有機化合物 (これらのうちのいくつかは有害な大気汚染物質でもある) は、通常の室温条件下で高い蒸気圧を有する有機化学物質である。例として、短鎖アルカン、オレフィン、アルコール、ケトン、およびアルデヒドが挙げられる。多くの揮発性有機化合物は、ヒトの健康に危険であるか、または環境に害を及ぼす。EPAは、空気、水、および土地中の揮発性有機化合物を規制する。EPAの揮発性有機化合物の定義は、40連邦規則集 (CFR) 第51.100項に記載されており、参照によりその全体が本明細書に組み込まれる。

30

【0670】

非凝縮性ガスは、通常の室温条件下で凝縮しないガスである。非凝縮性ガスには、窒素酸化物、一酸化炭素、二酸化炭素、硫化水素、二酸化硫黄、三酸化硫黄、メタン、エタン、エチレン、オゾン、アンモニア、またはこれらの組み合わせが含まれ得るが、これらに限定されない。

【0671】

複数の汚染物は、活性炭粒子によって除去され得る。いくつかの実施形態において、汚染物吸着炭素粒子は、少なくとも2つの汚染物、少なくとも3つの汚染物、またはそれ以上の汚染物を含む。本明細書に開示の生物起源の活性炭は、複数の汚染物質の制御、ならびにある特定の標的とされた汚染物質 (例えば、セレン) の制御を可能にし得る。

40

【0672】

ある特定の実施形態において、汚染物吸着炭素粒子は、二酸化炭素、窒素酸化物、水銀、および二酸化硫黄のうちの少なくとも1つ、少なくとも2つ、少なくとも3つ、またはこれらすべてを含む (任意の組み合わせで)。

【0673】

ステップ (e) における分離は、例えば、濾過 (例えば、織布フィルター) または静電気沈殿 (ESP) を含み得る。バグハウスとしても既知の織布フィルターは、例えば、設計された織布フィルター管、封筒、またはカートリッジを利用し得る。パルスジェット、シェーカースタイル、および逆空気システム (reverse-air system) を含むいくつかの種類のバグハウスが存在する。ステップ (e) における分離は、スクラ

50

ブ洗浄も含み得る。

【0674】

静電気沈殿器または静電気空気清浄器は、誘導静電電荷の力を用いて流れるガスから粒子を除去する粒子収集デバイスである。静電気沈殿器は、デバイスを通るガスの流れを最小限にしか妨げず、空気流から微粒子物質を容易に除去することができる非常に効率的な濾過デバイスである。静電気沈殿器は、その収集される微粒子物質にしかエネルギーを印加せず、したがって、エネルギー（電気）消費の点で非常に効率が良い。

【0675】

静電気沈殿器は、乾式または湿式であり得る。湿式静電気沈殿器は、飽和ガス流と動作して、工業プロセスガス流から硫酸ミスト等の液体液滴を除去する。湿式静電気沈殿器は、ガスの水分含有量が高いか、ガスが可燃性粒子を含有するか、またはガスが本質的に粘着性のある粒子を有する際に有用であり得る。

【0676】

いくつかの実施形態において、汚染物吸着炭素粒子が処理されて、活性炭粒子を再生する。いくつかの実施形態において、方法は、汚染物吸着炭素粒子を熱酸化することを含む。汚染物吸着炭素粒子またはその再生された形態が燃焼されて、エネルギーを提供することができる。

【0677】

いくつかの実施形態において、添加物は、酸、塩基、塩、金属、金属酸化物、金属水酸化物、金属ハロゲン化物、またはこれらの組み合わせから選択される。ある特定の実施形態において、添加物は、マグネシウム、マンガン、アルミニウム、ニッケル、鉄、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、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、フルオライト、フルオロスパー、ベントナイト、酸化カルシウム、石灰、水酸化ナトリウム、水酸化カリウム、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、有機酸（例えば、クエン酸）、およびこれらの組み合わせからなる群から選択される。

【0678】

いくつかの実施形態において、ガス相排出流は、生物起源の活性炭組成物を含む燃料の燃焼に由来する。

【0679】

特に水銀除去に関するいくつかの実施形態において、生物起源の活性炭組成物を用いて水銀排出を減少させる方法は、

【0680】

(a) 鉄または鉄含有化合物を含む生物起源の活性炭組成物を含む活性炭粒子を提供することと、

【0681】

(b) 水銀を含むガス相排出流を提供することと、

【0682】

(c) ガス相排出流に活性炭粒子を導入して、水銀の少なくとも一部を活性炭粒子上に吸着させ、それによりガス相排出流内に水銀吸着炭素粒子を発生させることと、

【0683】

(d) 静電気沈殿または濾過を用いてガス相排出流から水銀吸着炭素粒子の少なくとも一部を分離して、水銀が減少したガス相排出流を生成することを含む。

【0684】

いくつかの実施形態において、生物起源の活性炭組成物を用いて排出（例えば、水銀）を減少させる方法は、燃料源として生物起源の活性炭を用いることをさらに含む。そのような実施形態において、潜在的汚染物質を吸着させ、吸収し、かつ／または化学吸着させることによって排出を減少させる生物起源の活性炭生成物の能力に加えて、その高熱価を利用することができる。したがって、例示の実施形態において、生物起源の活性炭生成物は、燃料源および水銀制御生成物として用いられる場合、水銀の少なくとも70%、例え

10

20

30

40

50

ば、水銀の約 70 %、約 75 %、約 80 %、約 85 %、約 90 %、約 95 %、約 96 %、約 97 %、約 98 %、98.5 %、約 99 %、約 99.1 %、約 99.2 %、約 99.3 %、約 99.4 %、約 99.5 %、約 99.6 %、約 99.7 %、約 99.8 %、約 99.9 %、または約 99.9 % 超がパワープラントから発散されるのを防ぐ。

【0685】

例示の実施形態として、生物起源の活性炭は、静電気沈殿器または織布フィルター等の粒子物質制御デバイスの上流で（配管等に）注入され得る。ある場合には、煙道ガス脱硫（乾式または湿式）システムは、活性炭注入点の下流であり得る。活性炭は、粉末として空気圧で注入され得る。注入位置は、典型的には、現行のプラント配置（新しい場所でない場合）によって決定され、さらなる下流粒子物質制御機器が調整されるかが決定される。

10

【0686】

現在粒子物質制御デバイスを装備したボイラーについて、水銀制御のための生物起源の活性炭注入の実装は、（i）現行の粒子物質制御デバイス（静電気沈殿器もしくは織布フィルター）の上流での粉末化活性炭の注入、（ii）現行の静電気沈殿器の下流および改造された織布フィルターの上流での粉末化活性炭の注入、または（iii）静電気沈殿器の電場間の粉末化活性炭の注入を必要とし得る。

【0687】

いくつかの実施形態において、粉末化生物起源の活性炭注入手段を現行のSO₂制御デバイスと組み合わせて用いることができる。活性炭は、注入点の下流で活性炭吸着剤を収集するための手段の可用性に従って、SO₂制御デバイスの前またはSO₂制御デバイスの後に注入され得る。

20

【0688】

静電気沈殿が用いられる場合、活性炭粒子中の鉄または鉄含有化合物の存在は、静電気沈殿の有効性を改善し、それにより水銀制御を改善することができる。

【0689】

方法は、鉄または鉄含有化合物を含有しない炭素または灰粒子から鉄または鉄含有化合物を含有する水銀吸着炭素粒子を分離することを任意にさらに含む。鉄または鉄含有化合物を含有しない炭素または灰粒子は、再循環させるか、共生成物として販売するか、または他の使用のために回収され得る。鉄または鉄を含有する材料を必要とする任意の分離は、鉄の磁気特性を利用した磁気分離を用い得る。

30

【0690】

鉄または鉄含有化合物を含む生物起源の活性炭組成物は、「磁性活性炭」生成物である。すなわち、この材料は、磁場の影響を受けやすい。鉄または鉄含有化合物は、磁気分離デバイスを用いて分離され得る。さらに、鉄を含有する生物起源の活性炭は、磁気分離を用いて分離され得る。磁気分離が用いられる場合、磁性金属分離器は、磁石カートリッジ、プレート磁石、または別の既知の構成であり得る。

【0691】

鉄または鉄含有化合物の包含は、水銀制御のために静電気沈殿器の性能を劇的に改善し得る。さらに、鉄または鉄含有化合物の包含は、活性炭固体が他の灰から分離されるため、耐用命数の終り（end-of-life）の選択肢を劇的に変化させ得る。

40

【0692】

いくつかの実施形態において、磁性活性炭生成物は、灰流から分離され得る。セメントにおけるフライアッシュの使用のASTM基準下で、フライアッシュは、石炭生成物に由来すべきである。木材ベースの活性炭を他のフライアッシュから分離することができる場合、灰の残りは、セメント生成のためにASTM基準に基づいて使用され得る。同様に、水銀を含む灰を分離する能力は、それがより良好に取り扱われ、かつ廃棄されることを可能にし得、ある特定の設備からのすべての灰の取扱費を削減する可能性がある。

【0693】

いくつかの実施形態において、同一の物理的材料は、統合された方法で、あるいは順に

50

、複数のプロセスにおいて使用され得る。したがって、例えば、活性炭は、機能材料としてのその有用寿命の最後に、エネルギー値のために燃焼プロセスに、または金属プロセス等に導入され得る。

【0694】

例えば、排出流に注入される活性炭は、汚染物の除去、その後、活性炭粒子の燃焼、および場合によって汚染物の燃焼に好適であり、エネルギーを生成し、汚染物を熱的に破壊するか、または化学的に酸化し得る。

【0695】

いくつかの変形例において、エネルギー生成のためのプロセスは、

【0696】

(a) (1つ以上の添加物を含み得る) 生物起源の活性炭組成物を含む炭素含有供給原料を提供することと、

【0697】

(b) 炭素含有供給原料を酸化して、エネルギーおよびガス相排出流を発生させることとを含み、

【0698】

炭素含有供給原料内の生物起源の活性炭組成物の存在は、酸化の副生成物として生成されるか、または炭素含有供給原料に由来する少なくとも1つの汚染物を吸着させるのに効果的であり、それにより汚染物の排出を減少させる。

【0699】

いくつかの実施形態において、汚染物またはその前駆体は、炭素含有供給原料内に含まれる。他の実施形態では、汚染物は、酸化の副生成物として生成される。

【0700】

炭素含有供給原料は、生物起源の活性炭組成物に加えて、バイオマス、石炭、または任意の他の炭素質材料をさらに含み得る。ある特定の実施形態において、炭素含有供給原料は、唯一の燃料源として生物起源の活性炭組成物から本質的になる。

【0701】

選択された汚染物は、水銀、ホウ素、セレン、ヒ素、ならびにこれらの任意の化合物、塩、および混合物からなる群から選択される金属；有害な大気汚染物質；有機化合物（VOC等）；窒素酸化物、一酸化炭素、二酸化炭素、硫化水素、二酸化硫黄、三酸化硫黄、メタン、エタン、エチレン、オゾン、およびアンモニアからなる群から選択される非凝縮性ガス；または任意のこれらの組み合わせであり得る。いくつかの実施形態において、生物起源の活性炭生成物は、匹敵する量の非生物起源の活性炭生成物よりも多い量の選択された汚染物を吸着させ、吸収し、かつ／または化学吸着させる。いくつかのそのような実施形態において、選択された汚染物は、金属、有害な大気汚染物質、有機化合物（VOC等）、非凝縮性ガス、またはこれらの任意の組み合わせである。いくつかの実施形態において、選択された汚染物は、水銀を含む。いくつかの実施形態において、選択された汚染物は、1つ以上のVOCを含む。いくつかの実施形態において、生物起源の活性炭は、少なくとも約1重量%の水素および／または少なくとも約10重量%の酸素を含む。

【0702】

本開示の生物起源の活性炭および原理は、例えば、水、様々な純度の水流、溶媒、液体燃料、ポリマー、熔融塩、および熔融金属の処理を含む液体相用途に適用され得る。意図されるように本明細書、「液体相」は、スラリー、懸濁液、エマルジョン、多相システム、または存在する少なくともある量の液体状態を有する（または有するように調整され得る）任意の他の材料を含む。

【0703】

生物起源の活性炭組成物を用いて液体を精製する方法は、いくつかの変形例において、以下のステップを含む：

【0704】

(a) 生物起源の活性炭組成物を含む活性炭粒子を提供するステップと、

【0705】

(b) 少なくとも1つの選択された汚染物を含む液体を提供するステップと、

【0706】

(c) 液体からの選択された汚染物の除去を支援するように選択された添加物を提供するステップと、

【0707】

(d) 液体を、活性炭粒子および添加物と接触させて、少なくとも1つの選択された汚染物の少なくとも一部を活性炭粒子上に吸着させ、それにより汚染物吸着炭素粒子および汚染物が減少した液体を発生させるステップ。

【0708】

添加物は、活性炭粒子の一部として提供され得る。または、添加物は、液体に直接導入され得る。いくつかの実施形態において、同一または異なり得る添加物は、活性炭粒子の一部として導入され、かつ液体に直接導入される。

【0709】

液体相用途に関するいくつかの実施形態において、添加物は、酸、塩基、塩、金属、金属酸化物、金属水酸化物、金属ハロゲン化物、またはこれらの組み合わせから選択される。例えば、添加物は、マグネシウム、マンガン、アルミニウム、ニッケル、鉄、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、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、フルオライト、フルオロスパー、ベントナイト、酸化カルシウム、石灰、水酸化ナトリウム、水酸化カリウム、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、有機酸（例えば、クエン酸）、およびこれらの組み合わせからなる群から選択され得る。

【0710】

いくつかの実施形態において、（処理される液体中の）選択された汚染物は、ヒ素、ホウ素、セレン、水銀、ならびにこれらの任意の化合物、塩、および混合物からなる群から選択される金属等の金属である。いくつかの実施形態において、選択された汚染物は、有機化合物（VOC等）、ハロゲン、生物学的化合物、殺虫剤、または除草剤である。汚染物吸着炭素粒子は、2つ、3つ、またはそれ以上の汚染物を含み得る。いくつかの実施形態において、生物起源の活性炭生成物は、匹敵する量の非生物起源の活性炭生成物よりも多い量の選択された汚染物を吸着させ、吸収し、かつ／または化学吸着させる。いくつかのそのような実施形態において、選択された汚染物は、金属、有害な大気汚染物質、有機化合物（VOC等）、非凝縮性ガス、またはこれらの任意の組み合わせである。いくつかの実施形態において、選択された汚染物は、水銀を含む。いくつかの実施形態において、選択された汚染物は、1つ以上のVOCを含む。いくつかの実施形態において、生物起源の活性炭は、少なくとも約1重量%の水素および／または少なくとも約10重量%の酸素を含む。

【0711】

処理される液体は、典型的に水性であるが、本開示の原理に必要ではない。いくつかの実施形態において、ステップ(c)は、液体を、固定床中の活性炭粒子と接触させることを含む。他の実施形態では、ステップ(c)は、液体を、溶液または移動床中の活性炭粒子と接触させることを含む。

【0712】

いくつかの変形例は、生物起源の活性炭組成物を用いて液体から硫黄含有汚染物の少なくとも一部を除去する方法を提供し、この方法は、

【0713】

(a) 生物起源の活性炭組成物を含む活性炭粒子を提供することと、

【0714】

(b) 硫黄含有汚染物を含有する液体を提供することと、

【0715】

(c) 液体からの硫黄含有汚染物の除去を支援するように選択された添加物を提供す

10

20

30

40

50

ることと、

【0716】

(d) 液体を、活性炭粒子および添加物と接触させて、硫黄含有汚染物の少なくとも一部を活性炭粒子上または中に吸着させるか、または吸収することを含む。

【0717】

いくつかの実施形態において、硫黄含有汚染物は、元素硫黄、硫酸、亜硫酸、二酸化硫黄、三酸化硫黄、硫酸塩アニオン、重硫酸塩アニオン、亜硫酸塩アニオン、重亜硫酸塩アニオン、チオール、硫化物、二硫化物、多硫化物、チオエーテル、チオエステル、チオアセタール、スルホキシド、スルホン、チオスルフィン酸塩、スルフィミド、スルホキシミド、スルホンジイミン、硫黄ハロゲン化物、チオケトン、チオアルデヒド、硫黄酸化物、チオカルボン酸、チオアミド、スルホン酸、スルフィン酸、スルフェン酸、スルホニウム、オキソスルホニウム、スルフラン、ペルスルフラン、およびこれらの組み合わせ、塩、または誘導体からなる群から選択される。例えば、硫黄含有汚染物は、アニオンおよび／または塩形態の硫酸塩であり得る。

【0718】

いくつかの実施形態において、生物起源の活性炭組成物は、55重量%以上の全炭素、15重量%以下の水素、および1重量%以下の窒素、ならびに添加物（活性炭粒子の一部として提供される場合）を含む。添加物は、酸、塩基、塩、金属、金属酸化物、金属水酸化物、金属ハロゲン化物、ヨウ素、ヨウ素化合物、またはこれらの組み合わせから選択され得る。あるいは（またはさらに）添加物は、液体に直接導入され得る。

【0719】

いくつかの実施形態において、ステップ(d)は、液体の濾過を含む。これらまたは他の実施形態において、ステップ(d)は、液体の浸透を含む。活性炭粒子および添加物は、浸透前に液体に直接導入され得る。活性炭粒子および添加物は、浸透前に事前濾過で用いられ得る。ある特定の実施形態において、活性炭粒子および添加物は、浸透のために膜に組み込まれる。例えば、酢酸セルロース等の既知の膜材料は、膜自体内に、または膜の一方の側面もしくは両方の側面上の層として、活性炭粒子および／または添加物を導入することによって修飾され得る。様々な薄膜炭素含有複合体が活性炭粒子および添加物で製作され得る。

【0720】

いくつかの実施形態において、ステップ(d)は、液体への活性炭粒子の直接添加、その後、例えば、液体由来の硫黄含有汚染物を有する活性炭粒子の沈降を含む。

【0721】

液体は、水等の水性液体であり得る。いくつかの実施形態において、水は、金属採掘、酸性鉱山排水、鉱物処理、都市下水道処理、紙パルププロセス、エタノールプロセス、および廃水中に硫黄含有汚染物を放出することができる任意の他の工業プロセスからなる群から選択されるプロセスに関連した廃水である。水は、湖、川、または河川等の天然の水体（またはその一部）でもあり得る。

【0722】

いくつかの変形例は、水中の硫酸塩の濃度を減少させるためのプロセスを提供し、このプロセスは、

【0723】

(a) 生物起源の活性炭組成物を含む活性炭粒子を提供することと、

【0724】

(b) 硫酸塩を含有する水量または水流を提供することと、

【0725】

(c) 水からの硫酸塩の除去を支援するように選択された添加物を提供することと、

【0726】

(d) 水を、活性炭粒子および添加物と接触させて、硫酸塩の少なくとも一部を活性炭粒子上または中に吸着させるか、または吸収することを含む。

【0727】

いくつかの実施形態において、硫酸塩は、水中約10mg/L以下の濃度等の水中約50mg/L以下の濃度まで減少する。いくつかの実施形態において、硫酸塩は、生物起源の活性炭組成物への吸収および／または吸着の結果として、廃水流中約100mg/L、75mg/L、50mg/L、25mg/L、20mg/L、15mg/L、12mg/L、10mg/L、8mg/L、またはそれ以下の濃度まで減少する。いくつかの実施形態において、硫酸塩は、主に硫酸塩アニオンおよび／または重硫酸塩アニオンの形態で存在する。pHに応じて、硫酸塩は、硫酸塩の形態でも存在し得る。

【0728】

水は、廃水流に由来するか、その一部であるか、またはそのすべてであり得る。例示の廃水流は、金属採掘、酸性鉱山排水、鉱物処理、都市下水道処理、紙パルププロセス、エタノールプロセス、または硫黄含有汚染物を廃水に放出することができる任意の他の工業プロセスに関連した廃水流であり得る。水は、湖、川、または河川等の天然の水体であり得る。いくつかの実施形態において、プロセスは、連続して行われる。他の実施形態では、プロセスは、バッチで行われる。

【0729】

生物起源の活性炭組成物は、いくつかの実施形態において、55重量%以上の全炭素、15重量%以下の水素、および1重量%以下の窒素を含む。添加物は、酸、塩基、塩、金属、金属酸化物、金属水酸化物、金属ハロゲン化物、ヨウ素、ヨウ素化合物、またはこれらの組み合わせから選択され得る。添加物は、活性炭粒子の一部として提供され、かつ／または水に直接導入される。

【0730】

ステップ(d)は、水の濾過、水の浸透、および／または水への活性炭粒子の直接添加(沈降、浄化等で)を含み得るが、これらに限定されない。

【0731】

浸透が用いられる場合、活性炭は、浸透デバイス内でいくつかの方法で用いられ得るか、または浸透デバイスを支援するために用いられ得る。いくつかの実施形態において、活性炭粒子および添加物は、浸透前に水に直接導入される。活性炭粒子および添加物は、浸透前に事前濾過で任意に用いられる。ある特定の実施形態において、活性炭粒子および添加物は、浸透のために膜に組み込まれる。

【0732】

本開示は、生物起源の活性炭組成物を用いてガス相から硫黄含有汚染物を除去する方法も提供し、この方法は、

【0733】

(a) 生物起源の活性炭組成物を含む活性炭粒子を提供することと、

【0734】

(b) 少なくとも1つの硫黄含有汚染物を含むガス相排出流を提供することと、

【0735】

(c) ガス相排出流からの硫黄含有汚染物の除去を支援するように選択された添加物を提供することと、

【0736】

(d) 活性炭粒子および添加物をガス相排出流に導入して、硫黄含有汚染物の少なくとも一部を活性炭粒子に吸着させるか、または吸収することと、

【0737】

(e) ガス相排出流から活性炭粒子の少なくとも一部を分離することを含む。

【0738】

いくつかの実施形態において、硫黄含有汚染物は、元素硫黄、硫酸、亜硫酸、二酸化硫黄、三酸化硫黄、硫酸塩アニオン、重硫酸塩アニオン、亜硫酸塩アニオン、重亜硫酸塩アニオン、チオール、硫化物、二硫化物、多硫化物、チオエーテル、チオエステル、チオアセタール、スルホキシド、スルホン、チオスルフィン酸塩、スルフィミド、スルホキシミ

10

20

30

40

50

ド、スルホンジイミン、硫黄ハロゲン化物、チオケトン、チオアルデヒド、硫黄酸化物、チオカルボン酸、チオアミド、スルホン酸、スルフィン酸、スルフェン酸、スルホニウム、オキソスルホニウム、スルフラン、ペルスルフラン、およびこれらの組み合わせ、塩、または誘導体からなる群から選択される。

【0739】

生物起源の活性炭組成物は、55重量%以上の全炭素；15重量%以下の水素；1重量%以下の窒素；および酸、塩基、塩、金属、金属酸化物、金属水酸化物、金属ハロゲン化物、ヨウ素、ヨウ素化合物、またはこれらの組み合わせから選択される添加物を含み得る。添加物は、活性炭粒子の一部として提供され得るか、またはガス相排出流に直接導入され得る。

10

【0740】

いくつかの実施形態において、ガス相排出流は、生物起源の活性炭組成物を含む燃料の燃焼に由来する。例えば、ガス相排出流は、石炭と生物起源の活性炭組成物の共燃焼に由来する。

【0741】

いくつかの実施形態において、ステップ(e)における分離は、濾過を含む。これらまたは他の実施形態において、ステップ(e)における分離は、静電気沈殿を含む。これらの実施形態のうちのいずれかにおいて、ステップ(e)における分離は、湿式スクラブ洗浄、乾式スクラブ洗浄、または別の種類のスクラブ洗浄であり得るスクラブ洗浄を含み得る。

20

【0742】

生物起源の活性炭組成物は、55重量%以上の全炭素、15重量%以下の水素、1重量%以下の窒素、0.5重量%以下のリン、および0.2重量%以下の硫黄を含み得る。様々な実施形態において、添加物は、酸、塩基、塩、金属、金属酸化物、金属水酸化物、金属ハロゲン化物、ヨウ素、ヨウ素化合物、またはこれらの組み合わせから選択される。添加物は、いくつかの実施形態において、活性炭粒子の一部として提供されるか、あるいは、またはさらに、添加物は、ガス相排出流に直接導入され得る。

【0743】

ある特定の実施形態において、ガス相排出流は、生物起源の活性炭組成物を含む燃料の燃焼に由来する。例えば、ガス相排出流は、石炭と生物起源の活性炭組成物の共燃焼に由来する。

30

【0744】

生物起源の活性炭組成物は、いくつかの実施形態において、55重量%以上の全炭素、15重量%以下の水素、1重量%以下の窒素、0.5重量%以下のリン、および0.2重量%以下の硫黄を含む。添加物は、酸、塩基、塩、金属、金属酸化物、金属水酸化物、金属ハロゲン化物、ヨウ素、ヨウ素化合物、またはこれらの組み合わせから選択され得る。添加物は、活性炭粒子の一部として提供され得る。添加物は、廃水流に任意に直接導入され得る。

【0745】

汚染物吸着炭素粒子は、さらに処理されて活性炭粒子を再生し得る。再生後、活性炭粒子は、汚染物除去のために再利用され得るか、またはエネルギーを生成するための燃焼等の別の目的のために使用され得る。いくつかの実施形態において、汚染物吸着炭素粒子は、直接酸化されて（再生なしで）エネルギーを生成する。いくつかの実施形態において、酸化は、排出制御デバイス（例えば、第2の量の新鮮な活性炭粒子または再生された活性炭粒子）の存在下で生じて、汚染物を吸収した炭素粒子の酸化から放出された汚染物を捕獲する。

40

【0746】

いくつかの実施形態において、本開示に従う生物起源の活性炭は、従来の活性炭が用いられ得る任意の他の用途で用いられ得る。いくつかの実施形態において、生物起源の活性炭は、従来の活性炭のすべて（すなわち、100%）の代替として用いられる。いくつか

50

の実施形態において、生物起源の活性炭は、特定の用途に用いられる本質的にすべてまたは実質的にすべての活性炭を含む。いくつかの実施形態において、活性炭組成物は、約1%～約100%の生物起源の活性炭、例えば、約1%、約2%、約5%、約10%、約15%、約20%、約25%、約30%、約35%、約40%、約45%、約50%、約55%、約60%、約65%、約70%、約75%、約80%、約85%、約90%、約95%、約96%、約97%、約98%、約99%、または約100%の生物起源の活性炭を含む。

【0747】

例であって制限なく、生物起源の活性炭は、単独で、または従来の活性炭生成物と組み合わせて、フィルターで用いられ得る。いくつかの実施形態において、フィルターは、生物起源の活性炭からなるか、本質的になるか、または実質的になる活性炭成分を含む。いくつかの実施形態において、フィルターは、約1%～約100%の生物起源の活性炭、例えば、約1%、約2%、約5%、約10%、約15%、約20%、約25%、約30%、約35%、約40%、約45%、約50%、約55%、約60%、約65%、約70%、約75%、約80%、約85%、約90%、約95%、約96%、約97%、約98%、約99%、または約100%の生物起源の活性炭を含む活性炭成分を含む。

【0748】

いくつかの実施形態において、充填床または充填塔は、生物起源の活性炭からなるか、本質的になるか、または実質的になる活性炭成分を含む。いくつかの実施形態において、充填床または充填塔は、約1%～約100%の生物起源の活性炭、例えば、約1%、約2%、約5%、約10%、約15%、約20%、約25%、約30%、約35%、約40%、約45%、約50%、約55%、約60%、約65%、約70%、約75%、約80%、約85%、約90%、約95%、約96%、約97%、約98%、約99%、または約100%の生物起源の活性炭を含む活性炭成分を含む。そのような実施形態において、生物起源の活性炭は、特定の充填床または充填塔に好適な寸法特性を有する。

【0749】

上の記述は、生物起源の活性炭の潜在用途について決して限定するものと解釈されるべきではない。ガス流への生物起源の活性炭の注入は、石炭燃料パワープラント、バイオマス燃料パワープラント、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、紙パルププラント、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、および合成ガスプラントに由来するガス流または液体流中の汚染物排出の制御に有用であり得る。

【0750】

エネルギーまたは熱発生のために化石燃料またはバイオマスを用いる本質的に任意の工業プロセスまたは用地は、本明細書で提供される生物起源の活性炭によるガス処理から恩恵を受け得る。液体相用途の場合、液体流を用いるか、または生成する多種多様の工業プロセスは、本明細書で提供される生物起源の活性炭による処理から恩恵を受け得る。

【0751】

さらに、生物起源の活性炭が、汚染物除去のためのその使用と同時に、または汚染物除去後（および任意にある再生後）順番にのいずれかで、燃料源として共利用される場合、生物起源の活性炭は、（i）化石燃料よりも低い排出（Btuエネルギー出力当たり）を有し、（ii）バイオマス燃料よりも低い排出（Btuエネルギー出力当たり）を有し、（iii）そのような燃料とともに熱せられるとき、バイオマスまたは化石燃料からの排出を減少させることができる。生物起源の活性炭が、石炭または他の化石燃料と混合されてもよく、共燃焼によって、活性炭が、水銀、SO₂、または他の汚染物の排出減少を可能にすることに留意されたい。

【0752】

いくつかの変形例において、生物起源の活性炭組成物を用いる方法は、

【0753】

（a）乾燥ベースで、約55重量%以上の全炭素、約15重量%以下の水素、および

約 1 重量%以下の窒素を含む生物起源の活性炭組成物を得ることと（活性炭組成物は約 500 よりも高いヨウ素価を特徴とし、組成物は外部から印加された磁場に応答する）、

【0754】

（b）1つ以上の汚染物を含有するガスまたは液体流を提供することと、

【0755】

（c）ガスまたは液体流を、生物起源の活性炭組成物と接触させて、ガスまたは液体流由来の1つ以上の汚染物の少なくとも一部を吸収するか、吸着させるか、または反応させることを含む。

【0756】

いくつかの変形例において、生物起源の活性炭組成物を用いる方法は、

【0757】

（a）乾燥ベースで、約 55 重量%以上の全炭素、約 15 重量%以下の水素、および約 1 重量%以下の窒素を含む生物起源の活性炭組成物を得ることと（活性炭組成物は約 500 よりも高いヨウ素価を特徴とし、炭素の少なくとも一部はグラフェンの形態で存在する）、

【0758】

（b）1つ以上の汚染物を含有するガスまたは液体流を提供することと、

【0759】

（c）ガスまたは液体流を、生物起源の活性炭組成物と接触させて、ガスまたは液体流由来の1つ以上の汚染物の少なくとも一部を吸収するか、吸着させるか、または反応させることを含む。

【0760】

グラフェンを使用する方法も開示される。いくつかの実施形態において、グラフェンを使用する方法は、

【0761】

（a）乾燥ベースで、約 55 重量%以上の全炭素、約 15 重量%以下の水素、および約 1 重量%以下の窒素を含む生物起源の活性炭組成物を得ることと（炭素の少なくとも一部はグラフェンの形態で存在する）、

【0762】

（b）生物起源の活性炭組成物からグラフェンを任意に分離することと、

【0763】

（c）グラフェンを、分離された形態で、または生物起源の活性炭組成物の一部として使用して、汚染物を含有する液体（例えば、水）を濾過することを含む。

【0764】

いくつかの実施形態において、グラフェンを使用する方法は、

【0765】

（a）乾燥ベースで、約 55 重量%以上の全炭素、約 15 重量%以下の水素、および約 1 重量%以下の窒素を含む生物起源の活性炭組成物を得ることと（炭素の少なくとも一部はグラフェンの形態で存在する）、

【0766】

（b）生物起源の活性炭組成物からグラフェンを任意に分離することと、

【0767】

（c）グラフェンを、分離された形態で、または生物起源の活性炭組成物の一部として使用して、汚染物を含有するガスを濾過することを含む。

【0768】

いくつかの実施形態において、グラフェンを使用する方法は、

【0769】

（a）乾燥ベースで、約 55 重量%以上の全炭素、約 15 重量%以下の水素、および約 1 重量%以下の窒素を含む生物起源の活性炭組成物を得ることと（炭素の少なくとも一部はグラフェンの形態で存在する）、

10

20

30

40

50

【0770】

(b) 生物起源の活性炭組成物からグラフェンを任意に分離することと、

【0771】

(c) グラフェンを、分離された形態で、または生物起源の活性炭組成物の一部として、接着剤、封止剤、被覆剤、塗料、またはインク中で使用することを含む。

【0772】

いくつかの実施形態において、グラフェンを使用する方法は、

【0773】

(a) 乾燥ベースで、約55重量%以上の全炭素、約15重量%以下の水素、および約1重量%以下の窒素を含む生物起源の活性炭組成物を得ることと（炭素の少なくとも一部はグラフェンの形態で存在する）、

10

【0774】

(b) 生物起源の活性炭組成物からグラフェンを任意に分離することと、

【0775】

(c) グラフェンを、分離された形態で、または生物起源の活性炭組成物の一部として、複合材料中の成分として使用して、前述の複合材料の機械的または電気的特性を調整することを含む。

【0776】

いくつかの実施形態において、グラフェンを使用する方法は、

【0777】

20

(a) 乾燥ベースで、約55重量%以上の全炭素、約15重量%以下の水素、および約1重量%以下の窒素を含む生物起源の活性炭組成物を得ることと（炭素の少なくとも一部はグラフェンの形態で存在する）、

【0778】

(b) 生物起源の活性炭組成物からグラフェンを任意に分離することと、

【0779】

(c) グラフェンを、分離された形態で、または生物起源の活性炭組成物の一部として、触媒、触媒支持体、電池電極材料、または燃料電池電極材料として使用することを含む。

【0780】

30

いくつかの実施形態において、グラフェンを使用する方法は、

【0781】

(a) 乾燥ベースで、約55重量%以上の全炭素、約15重量%以下の水素、および約1重量%以下の窒素を含む生物起源の活性炭組成物を得ることと（炭素の少なくとも一部はグラフェンの形態で存在する）、

【0782】

(b) 生物起源の活性炭組成物からグラフェンを任意に分離することと、

【0783】

(c) グラフェンを、分離された形態で、または生物起源の活性炭組成物の一部として、グラフェンベースの回路またはメモリシステムにおいて使用することを含む。

40

【0784】

いくつかの実施形態において、グラフェンを使用する方法は、

【0785】

(a) 乾燥ベースで、約55重量%以上の全炭素、約15重量%以下の水素、および約1重量%以下の窒素を含む生物起源の活性炭組成物を得ることと（炭素の少なくとも一部はグラフェンの形態で存在する）、

【0786】

(b) 生物起源の活性炭組成物からグラフェンを任意に分離することと、

【0787】

(c) グラフェンを、分離された形態で、または生物起源の活性炭組成物の一部とし

50

て、エネルギー貯蔵材料またはスーパーキャパシタ構成要素として使用することを含む。

【0788】

いくつかの実施形態において、グラフェンを使用する方法は、

【0789】

(a) 乾燥ベースで、約55重量%以上の全炭素、約15重量%以下の水素、および約1重量%以下の窒素を含む生物起源の活性炭組成物を得ることと（炭素の少なくとも一部はグラフェンの形態で存在する）、

【0790】

(b) 生物起源の活性炭組成物からグラフェンを任意に分離することと、

10

【0791】

(c) グラフェンを、分離された形態で、または生物起源の活性炭組成物の一部として、液体または蒸気燃料送達システムにおける静電気消散用シンクとして使用することを含む。

【0792】

いくつかの実施形態において、グラフェンを使用する方法は、

【0793】

(a) 乾燥ベースで、約55重量%以上の全炭素、約15重量%以下の水素、および約1重量%以下の窒素を含む生物起源の活性炭組成物を得ることと（炭素の少なくとも一部はグラフェンの形態で存在する）、

20

【0794】

(b) 生物起源の活性炭組成物からグラフェンを任意に分離することと、

【0795】

(c) グラフェンを、分離された形態で、または生物起源の活性炭組成物の一部として、高帯域通信システムにおいて使用することを含む。

【0796】

いくつかの実施形態において、グラフェンを使用する方法は、

【0797】

(a) 乾燥ベースで、約55重量%以上の全炭素、約15重量%以下の水素、および約1重量%以下の窒素を含む生物起源の活性炭組成物を得ることと（炭素の少なくとも一部はグラフェンの形態で存在する）、

30

【0798】

(b) 生物起源の活性炭組成物からグラフェンを任意に分離することと、

【0799】

(c) グラフェンを、分離された形態で、または生物起源の活性炭組成物の一部として、赤外線、化学、または生物学的センサの構成要素として使用することを含む。

【0800】

いくつかの実施形態において、グラフェンを使用する方法は、

【0801】

(a) 乾燥ベースで、約55重量%以上の全炭素、約15重量%以下の水素、および約1重量%以下の窒素を含む生物起源の活性炭組成物を得ることと（炭素の少なくとも一部はグラフェンの形態で存在する）、

40

【0802】

(b) 生物起源の活性炭組成物からグラフェンを任意に分離することと、

【0803】

(c) グラフェンを、分離された形態で、または生物起源の活性炭組成物の一部として、電子ディスプレイの構成要素として使用することを含む。

【0804】

いくつかの実施形態において、グラフェンを使用する方法は、

【0805】

50

(a) 乾燥ベースで、約 55 重量%以上の全炭素、約 15 重量%以下の水素、および約 1 重量%以下の窒素を含む生物起源の活性炭組成物を得ることと（炭素の少なくとも一部はグラフェンの形態で存在する）、

【0806】

(b) 生物起源の活性炭組成物からグラフェンを任意に分離することと、

【0807】

(c) グラフェンを、分離された形態で、または生物起源の活性炭組成物の一部として、太陽電池の構成要素として使用することを含む。

【0808】

いくつかの実施形態において、グラフェンを使用する方法は、

【0809】

(a) 乾燥ベースで、約 55 重量%以上の全炭素、約 15 重量%以下の水素、および約 1 重量%以下の窒素を含む生物起源の活性炭組成物を得ることと（炭素の少なくとも一部はグラフェンの形態で存在する）、

【0810】

(b) 生物起源の活性炭組成物からグラフェンを任意に分離することと、

【0811】

(c) グラフェンを、分離された形態で、または生物起源の活性炭組成物の一部として使用して、グラフェンエアロゲルを形成することを含む。

【実施例】

【0812】

実施例 1. 添加物を有する生物起源の活性炭生成物の生成

この実施例は、添加物、すなわち、臭化鉄 (II) を有する生物起源の活性炭生成物の生成を実証する。

【0813】

臭化鉄 (II) 水和物の水溶液を、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した。この溶液を 5.23 ポンド（2.37 kg）の気乾（12%の水分含有量）赤松木材チップに添加した。それぞれの木材チップは、約 1 インチ × 1/2 インチ × 1/8 インチであった。

【0814】

木材チップおよび溶液の容器を水密蓋で密封した。容器および内容物を傾けたり回転させたりして、これらの内容物を約 4 時間にわたって定期的に混合した。木材チップおよび溶液を一晩密封したままの状態に保ち、溶液での木材チップの飽和を可能にした。

【0815】

その後、内容物を開放防水タブに移し、すべての自由液体が木材チップに吸収されるか、または蒸発するまで定期的に混合しながら数時間空気乾燥させた。これらの内容物を空気乾燥器に移し、一晩乾燥させた。

【0816】

前処理した気乾木材チップは、12%の水分含有量を有すると検証された。前処理した気乾木材チップの質量は、5.25 ポンド（2.38 kg）であると決定された。これらの内容物を熱分解反応器に移し、以下の条件で処理した：

- ・ 370°C 4 帯域熱
- ・ 300°C で動作する高温窒素導入システム
- ・ 0.4 立方フィート/分のガス抽出プローブ流量
- ・ 低酸素環境
- ・ 30 分間の生成物処理時間

【0817】

最終生成物を約 100°C 以下の温度で反応器から除去した。室温（約 23°C）に到達した時点で、最終生成物は、2.5 ポンド（1.14 kg）の質量を有し、12%の水分含有量での供給原料質量に基づいて 47.6%の質量収率を示す。乾燥ベースで（12%の

10

20

30

40

50

水分を修正して)、質量収率は、54.1%であった。以下の表1に示されるように、これは、同一の条件下で処理した未処理の木材チップと比べて、質量収率の28~39%の増加を示す。

【表1】

表1 1.0%の臭化鉄(II)水溶液でのバイオマスの前処理が質量収率を増加させる

前処理	質量収率(12%水分)	質量収率(乾燥ベース)
臭化鉄(II)	47.6%	54.1%
なし	34.3%	39.0%
なし	35.4%	40.2%
なし	37.2%	42.2%

10

【0818】

これらのデータは、熱分解処理前に臭化鉄(II)溶液で処理した木材チップの質量収率の著しい改善を示す。

【0819】

実施例2. 臭化鉄(II)で前処理した生物起源の活性炭の性能

実施例1に従って調製された臭化鉄(II)で前処理した生成物の試料の寸法を減少させ、水銀捕獲実験で利用した。

【0820】

サンプリング管を臭化鉄(II)で前処理した生物起源の活性炭の一定分量で調製した。USEPA法30Bに従って調製された参照材料(供給元: Ohio Lumex)を含有する第2の管を比較に用いた。これら両方の管は、蒸気相水銀空気試料を同一の速度(500立方センチメートル/分)で25分間サンプリングした。これら両方の管由来のサンプリング培地を、Ohio Lumex RA-915 Plus Zeeman原子吸光分析計器を用いて水銀について即座に分析した。これら両方の組の管は、前方部分に同一の質量を収集し(136 ng/m³と計算された)、第2の(バックアップ)部分には検出可能なレベル未満の質量を収集した。USEPA法30Bに定義されるように、これは、各試薬のそれぞれによる蒸気相水銀の100%の捕獲を示す。

20

【0821】

実施例3. 前処理した生物起源の活性炭生成物の特性

実施例1の方法に従って調製された寸法を減少させた前処理した生物起源の活性炭を磁石に供した。以下の表2は、磁気特性を要約する。

30

【表2】

表2 前処理した生物起源の活性炭生成物の磁気特性

試料	前処理	磁性であるか
A-1	1%臭化鉄(II)(水溶液)	はい
A-2	0.5%塩化鉄(II)(水溶液)	はい
A-3	0.25%塩化鉄(II)(水溶液)	はい
A-4	0.1%塩化鉄(II)(水溶液)	はい
B	1%ハロゲン化ナトリウム(水溶液)	いいえ
C	1%ハロゲン化カリウム(水溶液)	いいえ
D	1%ハロゲン化カルシウム(水溶液)	いいえ
E	1%ハロゲン化マンガン(水溶液)	いいえ

40

【0822】

生物起源の活性炭材料中の磁性粒子の分散を調査するために、試料A材料の一部の電子顕微鏡写真を得た。図14Aに示されるように、磁性粒子の分散は、材料の表面に限定されず、むしろ、全体にわたって行き渡り、完全であり、本質的に均一である。比較のため

50

に、図14Bは、ハロゲン化鉄(II)で前処理をしなかったことを除いて同一の方法によって調製され生物起源の活性炭生成物を示す。図15は、本明細書に記載の化鉄(II)で前処理した生物起源の活性炭生成物の磁気特性を図解する。

【0823】

実施例4. 過マンガン酸カリウムで前処理した生物起源の活性炭による酸性ガスの減少

ガス合成混合物(窒素と、24.7ppmの一酸化炭素、24.9ppmの一酸化窒素、および25.1ppmの二酸化硫黄; Linde Gas North America)を用いて、実施例1に従って1%の過マンガン酸カリウム水溶液で前処理した生物起源の活性炭の吸着特性を評価した。MKSモデル2030フーリエ変換赤外線(FTIR)検出器を用いて、CO、NO、およびSO₂の濃度をリアルタイムで測定した。

10

【0824】

過マンガン酸カリウムで前処理した生物起源の活性炭の試料0.4グラムを揮発性有機サンプリグトレイン(VOST)管に装填し、フィルターフリットおよびスプリングクランプで適所に固定した。

【0825】

FTIR検出器を標準ガス流上で動作させて、ベースライン測定値を確立した。その後、試験材料を含有するVOST管を検出器の前のガス流に設置した。図16に示されるように、100%の二酸化硫黄が容易に除去された。加えて、約20%の一酸化窒素が除去された一方で、一酸化炭素は不変のままであった。図16の約90秒時点の矢印は、t₀(VOST管がガス流に挿入された瞬間)を示す。

20

【0826】

実施例5. 過マンガン酸カリウムで前処理した生物起源の活性炭生成物による二酸化炭素排出の減少

ガスの合成混合物(窒素と、8.52%の二酸化炭素および11.00%の酸素; Linde Gas North America)を用いて、実施例1に従って1%の過マンガン酸カリウム水溶液で前処理した生物起源の活性炭の吸着特性を評価した。

【0827】

過マンガン酸カリウムで前処理した生物起源の活性炭の試料0.4グラムを揮発性有機サンプリグトレイン(VOST)管に装填し、フィルターフリットおよびスプリングクランプで適所に固定した。MKSモデル2030フーリエ変換赤外線(FTIR)検出器を用いて、CO₂の濃度をリアルタイムで測定した。

30

【0828】

FTIR検出器を標準ガス流上で300ccmの流量で動作させて、ベースライン測定値を確立した。その後、試験材料を含有するVOST管を検出器の前のガス流に設置した。図17に示されるように、大量のCO₂が最初に吸着し、その後、平衡期間が続き、二酸化炭素の平均吸着2.6%をもたらした。図17の約90秒時点の黒色の矢印は、t₀(VOST管がガス流に挿入された瞬間)を示し、約10.3分間時点の灰色の矢印は、t_F(VOST管がガス流から除去された瞬間)を示す。

【0829】

実施例6. 生物起源の活性炭の調製—一般方法

40

木材基板の赤松大チップ、ダグラスファー円筒(直径1.25インチの断片)、およびダグラスファー断片(約2インチ×2インチ)を、任意に加熱された窒素ガス流を有する装填ホッパーに装填した。任意に、添加物の1%水溶液(例えば、NaOHおよび/もしくはKOH)を、ホッパーにある間にスプレーで、または添加物水溶液中にバイオマスを浸して木材基板に塗布した。塗布方法にかかわらず、バイオマスが乾燥する前にこの添加物水溶液をバイオマスに30分間浸透させた。反応器が所望の温度に到達した時点で、反応器の回転を開始し、材料供給システムを作動させて木材基板を緩徐に供給した。それぞれのバッチの反応器の加熱された部分における平均滞留時間が表3に示される。反応器の加熱された部分を出た後、熱分解材料は、放出ホッパーに収集された。コンベヤは、さらなる分析のために放出ホッパーから生物起源の活性炭生成物を除去した。

50

【0830】

生物起源の活性炭を、様々な供給原料の大きさ、様々な反応器温度、加熱窒素または周辺窒素、添加物、および滞留時間を用いて上の一般方法に従って調製した。表3は、それぞれのバッチの熱分解パラメータを要約する。

【表3】

表3 生物起源の活性炭の調製

試料	基板の大きさ	反応器温度	窒素温度	添加物	滞留時間
A	大チップ	371°C	周辺温度(20~25°C)	なし	0.5時間
B	大チップ	350°C	周辺温度	なし	0.5時間
C	大チップ	350°C	300°C	なし	0.5時間
D	1.25 インチの円筒	600°C	300°C	なし	2時間
E	2×2 インチ	600°C	300°C	なし	2時間
F	大チップ	480°C	周辺温度	なし	4時間
G	大チップ	480°C	周辺温度	KOH	4時間
H	大チップ	370°C	周辺温度	KOH	2.5時間
I	大チップ	370°C	周辺温度	KOH	2時間
J1	処理した入力物	該当なし	該当なし	NaOH	該当なし
J2	J1 の出力物	370°C	周辺温度	NaOH	2時間

【0831】

実施例7. 生物起源の活性炭の分析

実施例6の一般方法に従って調製された生物起源の活性炭生成物のパラメータを以下の表4に従って分析した。

10

20

30

40

50

【表 4】

表 4 生物起源の活性炭を分析するために用いた方法

パラメータ	方法
水分(全水分)	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(計算上)	ASTM D3172
硫黄含有量	ASTM D3177
熱価(BTU/ポンド)	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(計算上)	ASTM D3176

10

【0832】

添加物を用いることなく調製された試料 A～F の結果が以下の表 5 に示される。

【表 5】

表 5 生物起源の活性炭生成物 A～F の特性

試料 →	A	B	C	D	E	F
水分(重量%)	2.42	3.02	3.51	0.478	0.864	4.25
灰(重量%)	1.16	0.917	0.839	1.03	1.06	1.43
揮発性物質(重量%)	38.7	46.4	42.8	2.8	17.0	18.4
固定炭素(重量%)	57.7	49.4	52.9	95.7	81.0	76.0
硫黄(重量%)	ND [†]	ND	ND	ND	ND	ND
熱価(BTU/ポンド)	12,807	12,452	12,346	14,700	13,983	13,313
炭素(重量%)	73.3	71.2	71.0	NT [‡]	NT	84.1
水素(重量%)	4.47	4.85	4.63	NT	NT	2.78
窒素(重量%)	0.251	0.227	0.353	NT	NT	0.259
酸素(重量%)	18.3	19.7	19.6	NT	NT	7.13

20

[†] ND：約 0.05 重量%以下の硫黄含有量。

[‡] NT：試験されず。

30

【0833】

添加物を用いて調製された試料 G～J の結果が以下の表 6 に示される。

40

50

【表 6】

表 6 生物起源の活性炭生成物 G ～ J 2 の特性

試料 →	G	H	I	J1	J2
水分(重量%)	3.78	5.43	1.71	15.2	4.05
灰(重量%)	5.97	12.6	15.8	7.9	20.2
揮発性物質(重量%)	17.8	30.2	19.7	59.1	25.3
固定炭素(重量%)	72.5	51.7	62.8	17.8	50.5
硫黄(重量%)	ND [†]	ND	ND	ND	ND
熱価(BTU/ポンド)	12,936	10,530	11,997	6,968	9,639
炭素(重量%)	81.1	64.4	69.6	41.9	67.2
水素(重量%)	2.6	3.73	3.82	4.64	3.78
窒素(重量%)	0.20	0.144	0.155	0.145	0.110
酸素(重量%)	6.31	13.6	8.91	30.2	4.6

[†] ND : 約 0.05 重量%以下の硫黄含有量。

【0834】

実施例 8 . 高熱価の生物起源の活性炭生成物の生成

この実施例は、高熱価を有する生物起源の活性炭生成物の生成を実証する。

【0835】

ダグラスファー円筒断片（直径 1 - 1 / 8 インチ、長さ約 1.5 インチ）を含む供給原料を実施例 6 の一般方法に従って熱分解した。反応器を 600 °C まで加熱し、供給原料を 30 分間の滞留時間で熱分解した。冷却後、結果として生じた生物起源の活性炭生成物を実施例 7 に記載の方法に従って分析した。結果が表 7 に示される。

【表 7】

表 7 高熱価の生物起源の活性炭生成物の分析

近似分析				
パラメータ	ASTM 法	受容したままの状態	水分なし	灰および水分なし
水分(全水分)	D3173	1.45 重量%	--	--
灰	D3174	0.829 重量%	0.841 重量%	--
揮発性物質	D3175	7.15 重量%	7.26 重量%	7.32 重量%
固定炭素	D3172	90.6 重量%	91.9 重量%	92.7 重量%
硫黄	D3177	ND [†]	ND	ND
熱価	D5865	14,942BTU/ポンド	15,162BTU/ポンド	15,291BTU/ポンド
究極分析				
パラメータ	ASTM 法	受容したままの状態	水分なし	灰および水分なし
水分(全水分)	D3173	1.45 重量%	--	--
灰	D3174	0.829 重量%	0.841 重量%	--
硫黄	D3177	ND	ND	ND
炭素	D5373	88.3 重量%	89.6 重量%	90.4 重量%
水素 [‡]	D5373	1.97 重量%	2.00 重量%	2.01 重量%
窒素	D5373	0.209 重量%	0.212 重量%	0.214 重量%
酸素 [‡]	D3176	7.19 重量%	7.30 重量%	7.36 重量%

[†] ND : 硫黄含有量は、約 0.050 重量%以下（受容したままの状態）、約 0.051 重量%以下（水分なし）、または約 0.052 重量%以下（灰および水分なし）であった。

[‡] 水を除く。

【0836】

実施例 9．高熱価の生物起源の活性炭生成物の生成

この実施例は、高熱価を有する生物起源の活性炭生成物の生成を実証する。

【0837】

約1インチ×1／2インチ×1／8インチの平均粒径を有する赤松チップを含む供給原料を実施例6の一般方法に従って熱分解した。反応器を550℃まで加熱し、供給原料を30分間の滞留時間で熱分解した。冷却後、結果として生じた生物起源の活性炭生成物を実施例7に記載の方法に従って分析した。結果が表8に示される。

【表8】

表8 高熱価の生物起源の活性炭生成物の分析

近似分析				
パラメータ	ASTM 法	受容したままの状態	水分なし	灰および水分なし
水分(全水分)	D3173	2.55 重量%	--	--
灰	D3174	1.52 重量%	1.56 重量%	--
揮発性物質	D3175	10.1 重量%	10.4 重量%	10.5 重量%
固定炭素	D3172	85.8 重量%	88.1 重量%	89.5 重量%
硫黄	D3177	ND [†]	ND	ND
熱価	D5865	14,792BTU/ポンド	15,179BTU/ポンド	15,420BTU/ポンド
究極分析				
パラメータ	ASTM 法	受容したままの状態	水分なし	灰および水分なし
水分(全水分)	D3173	2.55 重量%	--	--
灰	D3174	1.52 重量%	1.56 重量%	--
硫黄	D3177	ND	ND	ND
炭素	D5373	88.9 重量%	91.2 重量%	92.7 重量%
水素 [‡]	D5373	2.36 重量%	2.42 重量%	2.45 重量%
窒素	D5373	0.400 重量%	0.410 重量%	0.417 重量%
酸素 [‡]	D3176	4.22 重量%	4.33 重量%	4.40 重量%

ND[†]：硫黄含有量は、約0.050重量%以下（受容したままの状態）、約0.051重量%以下（水分なし）、または約0.052重量%以下（灰および水分なし）であった。

[‡]水を除く。

【0838】

実施例 10．冶金コークス（冶金コークス）とブレンドするための生物起源の活性炭生成物の生成

生物起源の活性炭を、実施例6の一般方法に従って製粉されたキルン乾燥木ダボ接合によって実質的に調製した。

【0839】

冶金コークス（試料識別番号SGS／427-1104014-001）と2%および5%の生物起源の活性炭生成物とのブレンド物を、冶金コークスを適切な量の生物起源の活性炭生成物と混合することによって調製した。冶金コークスのみと比較したASTM D5341に従って測定したブレンド物の強度および反応性の値が表9に示される（値は、試料につき2回の試験の最小値の平均である）。

【表 9】

表 9 生物起源の活性炭生成物—冶金コークスブレンド物のCSRおよびCRI

生物起源の活性炭生成物の量	CRI	CSR
0 重量%(ベースライン)	24.5%	62.8%
2 重量%	25.7%(+1.2%)	62.3%(-0.5%)
5 重量%	28.0%(+3.5%)	61.2%(-1.6%)

【0840】

実施例 11. 熱間強度が強化された生物起源の活性炭生成物の生成

およそ 1 インチ×1 / 2 インチ×1 / 8 インチに寸法決定された赤松木材チップを、実施例 6 の一般方法に従って、600℃および30分間の滞留時間で熱分解した。結果として生じる生物起源の活性炭生成物を「試料 A」と称する。

【0841】

1 - 1 / 8 インチの直径を有する製粉されたキルン乾燥木ダボを、それぞれ約 1.5 インチの長さを有する切片に切断した。これらの切片を、実施例 1 の一般方法に従って、600℃および2時間の滞留時間で熱分解した。結果として生じた生物起源の活性炭生成物を「試料 B」と称する。

【0842】

試料 A および B をそれぞれ別々に石英管に設置し、CO₂ ガスの存在下で、1, 100℃で1時間加熱した。1時間後、試料 A は、約 0 % の CSR 値を有した。1時間後、試料 B は、64.6 % の CSR 値を有した。これらの結果は、生物起源のコークス代替生成物の熱間強度および様々な金属生成用途における冶金コークスの代替物としての使用の適合性を高める可能性を示す。

【0843】

実施例 12. 具体的に寸法決定された生物起源の活性炭生成物の調製

以下の表 10 に示されるように、特定の形状および平均寸法を有する生物起源の活性炭生成物を実施例 6 の一般方法に従って生成した。

【表 10】

表 10 具体的に寸法決定された生物起源の活性炭生成物の特性

試料	固定炭素	初期体積	最終体積	体積変化	初期質量	最終質量	質量変化
ブロック	90 重量%	3.15 立方 インチ	1.51 立方 インチ	-52%	22.77g	4.91g	-78%
円筒-1	80 重量%	1.46 立方 インチ	0.64 立方 インチ	-56%	14.47g	3.61g	-75%
円筒-2	90 重量%	1.46 立方 インチ	0.58 立方 インチ	-60%	14.47g	3.60g	-75%

【0844】

実施例 13. 固定炭素レベルへの滞留時間の影響

生物起源の活性炭生成物中の固定炭素レベルへの滞留時間の影響を、1つの供給原料バッチをほぼ等しい粒径を有する供給原料の断片からなる4つのほぼ等しい質量のグループに分けることによって調査した。4つのグループをそれぞれ、実施例 6 の一般方法に従って、350℃で、それぞれ、0分間、30分間、60分間、および120分間の滞留時間で熱分解に供した。それぞれの試料の固定炭素含有量を ASTM D 3172 によって決定した。結果が表 11 および対応する図 18 に示される。

10

20

30

40

50

【表 1 1】

表 1 1 固定炭素レベルへの滞留時間の影響

試料	滞留時間	固定炭素
滞留-1	0 分間	17 重量%
滞留-2	30 分間	50 重量%
滞留-3	60 分間	66 重量%
滞留-4	120 分間	72 重量%

【0 8 4 5】

10

実施例 1 4 . 固定炭素レベルへの熱分解温度の影響

生物起源の活性炭生成物中の固定炭素レベルへの熱分解温度の影響を、1つの供給原料バッチをほぼ等しい粒径を有する供給原料の断片からなる5つのほぼ等しい質量のグループに分けることによって調査した。5つのグループをそれぞれ、実施例 6 の一般方法に従って、30分間の滞留時間で熱分解に供した。それぞれの試料の固定炭素含有量を A S T M D 3 1 7 2 によって決定した。結果が表 1 2 および対応する図 1 9 に示される。

【表 1 2】

表 1 2 固定炭素レベルへの滞留時間の影響

試料	熱分解温度	固定炭素
温度-1	310°C	38 重量%
温度-2	370°C	58 重量%
温度-3	400°C	64 重量%
温度-4	500°C	77 重量%
温度-5	600°C	83 重量%

20

30

40

【0 8 4 6】

実施例 1 5 . 固定炭素レベルへの供給原料の粒径の影響

生物起源の活性炭生成物中の固定炭素レベルへの供給原料の粒径の影響を、3つの赤松バイオマスのグループ：おがくず（平均粒径約 0 . 0 6 2 5 インチ）、チップ（平均粒径約 1 インチ×1 / 2 インチ×1 / 8 インチ）、および大きい塊（1 - 1 / 8 インチの直径および約 1 . 5 インチの長さを有する円筒）を熱分解することによって調査した。3つのグループをそれぞれ、実施例 6 の一般方法に従って、400°Cで30分間熱分解に供した。それぞれの試料の固定炭素含有量を A S T M D 3 1 7 2 によって決定した。結果が表 1 3 および対応する図 2 0 に示される。

50

【表 1 3】

表 1 3 固定炭素レベルへの滞留時間の影響

試料	平均粒径	固定炭素
おがくず	約 0.0625 インチ	71 重量%
チップ	約 1 インチ×1/2 インチ ×1/8 インチ	64 重量%
大きい塊	約 1.5 インチの長さお よび 1-1/8 インチの直径 の円筒	62 重量%

10

【0 8 4 7】

実施例 1 6 1. 生物起源の活性炭生成物の質量収率への熱分解中の酸素レベルの影響

この実施例は、生物起源の活性炭生成物の質量収率への酸素レベルの影響を実証する。

【0 8 4 8】

硬材おがくず（4.0 g）の 2 つの試料をそれぞれ石英管に設置した。その後、石英管を管状炉（L i n d b e r g モデル 5 5 0 3 5）内に設置した。ガス流を 2,000 c c m に設定した。一方の試料を 100% の窒素雰囲気中に曝露し、他方の試料を 96% の窒素および 4% の酸素を含むガス流に供した。炉温を 290℃ に設定した。290℃ に到達した時点で（約 20 分間）、炉温を 290℃ で 10 分間維持し、この時点で熱源を切り、管および炉を 10 分間冷却させた。これらの管を炉から除去した（ガスは依然として 2,000 c c m で流れた）。これらの管および試料を処理できる程度に冷却した時点で、ガスを切り、熱分解材料を除去し、秤量した（表 1 4）。

20

【表 1 4】

表 1 4 質量収率への熱分解中の酸素レベルの影響

試料	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%

30

【0 8 4 9】

実施例 1 7. 生物起源の活性炭生成物の固定炭素含有量レベルおよび熱価への熱分解中の酸素レベルの影響

炭素回収ユニット（「C R U」）の使用による固定炭素含有量および熱価の増加を実証する。

【0 8 5 0】

実施例 1 5 に従う硬材おがくずの熱分解を行った。標準のココナツ殻炭（「C S C」）管（S K C カタログ番号 2 2 6 - 0 9）を、10 m L の H P L C グレード水を含有する標準のミゼットインピンジャーに従ってオフガス流に設置した。固定炭素レベルおよび熱価の増加をいかなるオフガスにも曝露されなかった C S C 管（表 1 5、灰および水分なしのデータ）と比較した。

40

【表 1 5】

表 1 5 熱分解中の酸素含有量の関数としての固定炭素含有量および熱価の増加

試料	雰囲気	炭素含有量の増加	熱価の増加
雰囲気-1(b)	100%窒素	+3.2%	+567BTU/ポンド (+4.0%)
雰囲気-2(b)	96%窒素、4%酸素	+1.6%	+928BTU/ポンド (+6.5%)

50

【0851】

実施例16および17の結果は、質量収率においてほぼ無酸素雰囲気状態を維持する利点および本開示の熱分解プロセスの商業的価値を実証する。これらの2つの実験由来のオフガスを用いて、このプロセスを出るBTU装填ガスを、炭素基板（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増大させる目的のために捕獲することができることを実証することも可能である。

【0852】

実施例18．生物起源の活性炭生成物の固定炭素含有量への加熱窒素の影響

この実施例は、バイオマス処理ユニットへの加熱窒素ガスの導入の影響を実証する。

【0853】

1インチ×1／2インチ×1／8インチの典型的な寸法を有する赤松木材チップからなるバイオマスを用いた生物起源の活性炭生成物の生成を、実施例6の一般方法に従って350℃の4帯域パイロット規模熱反応器を用いて行った。第1の稼動において、窒素を周辺温度で導入した。他のパラメータの変動を最小限に抑えるために第1の稼動直後に行った第2の稼動において、窒素を熱分解帯域に注入する前に300℃に予熱した。いずれの場合にも、窒素流量は1.2立方フィート／分であり、バイオマスを30分間処理した。

【0854】

固定炭素含有量を、それぞれの稼動においてASTM D3172に従って灰なしの乾燥ベースで測定した（表16）。

【表16】

表16 生物起源の活性炭生成物の固定炭素含有量への窒素温度の影響

試料	窒素温度	固定炭素含有量
雰囲気-1(c)	周辺温度	51.7%
雰囲気-2(c)	300℃	55.3%

【0855】

これらの試験結果は、予熱窒素の利用による生物起源の活性炭生成物炭化生成物の固定炭素含有量の7.0%の増加〔(100)(55.3%－51.7%)／55.3%〕を実証する。

【0856】

実施例19．バイオマスの前処理による質量収率の改善

この実施例は、添加物、すなわち、臭化鉄(II)を有する生物起源の活性炭生成物の生成を実証する。

【0857】

臭化鉄(II)水和物の水溶液を、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した。この溶液を5.23ポンド（2.37kg）の気乾（12%の水分含有量）赤松木材チップに添加した。それぞれの木材チップは、約1インチ×1／2インチ×1／8インチであった。

【0858】

木材チップおよび溶液の容器を水密蓋で密封した。容器および内容物を傾けたり回転させたりして、これらの内容物を約4時間にわたって定期的に混合した。木材チップおよび溶液を一晩密封したままの状態に保ち、溶液での木材チップの飽和を可能にした。

【0859】

その後、内容物を開放防水タブに移し、すべての自由液体が木材チップに吸収されるか、または蒸発するまで定期的に混合しながら数時間空気乾燥させた。これらの内容物を空気乾燥器に移し、一晩乾燥させた。

【0860】

前処理した気乾木材チップは、12%の水分含有量を有すると検証された。前処理した気乾木材チップの質量は、5.25ポンド（2.38kg）であると決定された。これらの内容物を300℃に予熱された窒素ガスを有する熱分解反応器に0.4立方フィート／分のガス流量で移した。熱分解は、370℃で生じた。30分間熱分解に供した。

【0861】

最終生成物を約100℃以下の温度で反応器から除去した。室温（約23℃）に到達した時点で、最終生成物は、2.5ポンド（1.14kg）の質量を有し、12%の水分含有量での供給原料質量（例えば、前処理添加物の質量寄与を差し引いた）に基づいて47.6%質量収率を示す。乾燥ベースで（12%の水分および前処理添加物の質量寄与を修正して）、質量収率は、54.1%であった。以下の表17に示されるように、これは、同一の条件下で処理した未処理の木材チップと比べて、質量収率の28～39%の増加を示す。

【表17】

表17 1. 0%の臭化鉄（II）水溶液でのバイオマスの前処理が質量収率を増加させる

前処理	質量収率 (12%水分)	質量収率 (乾燥ベース)
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%
%増加	+33.7%	+33.6%

【0862】

これらのデータは、熱分解処理前に臭化鉄（II）溶液で処理した木材チップの質量収率の著しい改善を示す。

【0863】

実施例20. 供給原料強化による活性化の強化

この実施例は、その後の活性化ステップの前に事前炭化した基板上にガス相炭素質種を再捕獲する肯定的な利点を実証する。

【0864】

事前炭化した供給原料（370℃で炭化したもの）を利用した。第1の実験において、この材料を、供給原料に熱分解オフガスを通すことなく熱分解した（活性化した、熱的に処理した）。この構成で達成された最大ヨウ素価は、909であった。

【0865】

第2の実験において、この同一の基板をガス相炭素質捕獲材料として利用した。この様式で、最大ヨウ素価は、950と記録された。

【0866】

これらの結果は、事前炭化した供給原料基板および事前炭化しなかった供給原料の両方を用いたパイロット規模で実行した複数の実験と一致する。

【0867】

本明細書で引用されるすべての出版物、特許、および特許出願は、それぞれの出版物、特許、および特許出願が本明細書で具体的および個別に提示されるかのように、参照によりそれらの全体が本明細書に組み込まれる。

【0868】

上述の方法およびステップがある特定の順序で起こるある特定の事象を示す場合、当業者であれば、ある特定のステップの順序付けを修正することができ、かつそのような修正

が本開示の変形例に従うものであることを理解する。さらに、可能な場合、ある特定のステップを並行プロセスにおいて同時に行うことができるか、または連続して行うことができる。

本件出願は、以下の構成の発明を提供する。

(構成 1)

生物起源の活性炭を生成するための連続方法であって、

(a) バイオマスを含む出発炭素含有供給原料を提供することと、

(b) 前記供給原料を乾燥させて、前記供給原料から水分の少なくとも一部を除去することと、

(c) 1つ以上の間接的に加熱された反応帯域において、前記供給原料を機械的に運搬し、前記供給原料を、不活性のガスを含む蒸気流および水または二酸化炭素のうちの少なくとも1つを含む活性化剤と向流的に接触させて、固体、凝縮性蒸気、および非凝縮性ガスを発生させることと、

(d) 前記反応帯域から前記蒸気流の少なくとも一部を除去して、分離された蒸気流を発生させることと、

(e) 前記分離された蒸気流またはその熱的に処理された形態の少なくとも一部を、ステップ(c)の前に前記供給原料に、および／または前記反応帯域のガス入口に再循環させることと、

(f) 生物起源の活性炭として前記反応帯域から前記固体の少なくとも一部を回収することと、を含む、前記連続方法。

(構成 2)

ステップ(c)の前に、前記供給原料が12重量%以下の量の水分を含有する、構成1に記載の方法。

(構成 3)

ステップ(c)の前に、前記供給原料が6重量%以下の量の水分を含有する、構成2に記載の方法。

(構成 4)

ステップ(c)の前に、前記供給原料が2重量%以下の量の水分を含有する、構成3に記載の方法。

(構成 5)

前記供給原料にさらに水は添加されず、前記活性化剤が水を含み、前記活性化剤に含まれる前記水が元来前記供給原料に含まれる水分に由来する、構成1に記載の方法。

(構成 6)

前記活性化剤が水および二酸化炭素の両方を含む、構成1に記載の方法。

(構成 7)

前記水と前記二酸化炭素の比率が前記固体の活性化を増加させるように最適化される、構成6に記載の方法。

(構成 8)

前記間接的に加熱された反応帯域のうちの1つの最低限が、最低700℃から最高900℃から選択される反応温度で維持される、構成1に記載の方法。

(構成 9)

前記間接的に加熱された反応帯域のすべてが950℃以下の最高反応温度で維持される、構成1に記載の方法。

(構成 10)

ステップ(d)が、前記反応帯域から前記凝縮性蒸気の少なくとも一部を除去することを含む、構成1に記載の方法。

(構成 11)

ステップ(d)が、前記反応帯域から前記蒸気流のすべてを除去することを含む、構成10に記載の方法。

(構成 12)

10

20

30

40

50

前記分離された蒸気流の少なくとも一部が、ステップ（c）の前に前記供給原料に、および／または前記反応帯域の前記ガス入口に再循環させる前に、熱的に処理される、構成 1 に記載の方法。

（構成 1 3）

前記分離された蒸気流またはその熱的に処理された形態が、合計 1 重量％以下の量の二酸化炭素および V O C 含有量を含む、構成 1 に記載の方法。

（構成 1 4）

ステップ（e）が、前記分離された蒸気流またはその熱的に処理された形態をさらに加熱することをさらに含む、構成 1 に記載の方法。

（構成 1 5）

ステップ（e）が、水、二酸化炭素、窒素、および酸素からなる群から選択される 1 つ以上の種を導入することによって、前記分離された蒸気流またはその熱的に処理された形態のガス組成を調整することをさらに含む、構成 1 に記載の方法。

（構成 1 6）

ステップ（e）後、前記分離された蒸気流が、最小 0 % から最大 1 0 0 % の水、最小 0 % から最大 1 0 0 % の二酸化炭素、最小 0 % から最大 1 0 0 % の窒素、および最小 0 % から最大 1 0 0 % の酸素を含む、構成 1 5 に記載の方法。

（構成 1 7）

ステップ（e）後、前記分離された蒸気流が、最大 1 6 %、最大 1 4 %、最大 1 2 %、最大 1 0 %、最大 8 % 以下、最大 6 %、最大 4 %、または最大 2 % の酸素及び最小 0 % の酸素を含む、構成 1 5 に記載の方法。

（構成 1 8）

ステップ（e）後、前記分離された蒸気流が、最小 5 %、最小 1 0 %、最小 1 5 %、最小 2 0 %、最小 2 5 %、最小 3 0 %、最小 3 5 %、最小 4 0 %、最小 4 5 %、最小 5 0 %、最小 5 5 %、最小 6 0 %、最小 6 5 %、最小 7 0 %、最小 7 5 %、最小 8 0 %、最小 8 5 %、最小 9 0 %、最小 9 5 %、または 1 0 0 % の二酸化炭素及び最大 1 0 0 % の二酸化炭素を含む、構成 1 5 または構成 1 6 に記載の方法。

（構成 1 9）

ステップ（e）後、前記分離された蒸気流が、最小 5 %、最小 1 0 %、最小 1 5 %、最小 2 0 %、最小 2 5 %、最小 3 0 %、最小 3 5 %、最小 4 0 %、最小 4 5 %、最小 5 0 %、最小 5 5 %、最小 6 0 %、最小 6 5 %、最小 7 0 %、最小 7 5 %、最小 8 0 %、最小 8 5 %、最小 9 0 %、最小 9 5 %、または 1 0 0 % の酸素及び最大 1 0 0 % の酸素を含む、構成 1 5 または構成 1 6 に記載の方法。

（構成 2 0）

ステップ（e）後、前記分離された蒸気流が、最小 7 0 重量％の窒素、最小 7 5 % の窒素、最小 8 0 % の窒素、最小 8 5 % の窒素、最小 9 0 % の窒素、最小 9 5 % の窒素、または 1 0 0 % の窒素及び最大 1 0 0 % の窒素を含む、構成 1 5 または構成 1 6 に記載の方法。

（構成 2 1）

前記分離された蒸気流またはその熱的に処理された形態の少なくとも一部が、前記 1 つ以上の間接的に加熱された反応帯域のうちの第 1 の反応帯域に前記供給原料を機械的に供給するように構成された送達システムに導入される、構成 1 に記載の方法。

（構成 2 2）

前記活性化剤の少なくとも一部が、前記分離された蒸気流またはその熱的に処理された形態に由来する、構成 1 に記載の方法。

（構成 2 3）

構成 1 に記載の方法によって生成された生物起源の活性炭の炭素含有量が、ステップ（e）以外のステップ（a）、（b）、（c）、（d）、および（f）を含む方法によって生成された生物起源の活性炭の炭素含有量を超える、構成 1 に記載の方法。

（構成 2 4）

構成 1 に記載の方法によって生成された生物起源の活性炭の表面積が、ステップ（e）

10

20

30

40

50

以外のステップ (a)、(b)、(c)、(d)、および (f) を含む方法によって生成された生物起源の活性炭の表面積を超える、構成 1 に記載の方法。

(構成 25)

構成 1 に記載の方法によって生成された生物起源の活性炭のヨウ素価 (Iodine Number) が、ステップ (e) 以外のステップ (a)、(b)、(c)、(d)、および (f) を含む方法によって生成された生物起源の活性炭のヨウ素価を超える、構成 1 に記載の方法。

(構成 26)

構成 2 に記載の方法によって生成された生物起源の活性炭のグラフェンの量が、ステップ (e) 以外のステップ (a)、(b)、(c)、(d)、および (f) を含む方法によって生成された生物起源の活性炭のグラフェンの量を超える、構成 2 に記載の方法。

10

(構成 27)

ステップ (f) が、生物起源の活性炭として前記反応帯域から前記固体のすべてを回収することを含む、構成 1 に記載の方法。

(構成 28)

添加物が、ステップ (a) ~ (f) のうちの 1 つ以上の前、最中、または後に導入され、前記添加物が、酸、塩基、塩、金属、金属酸化物、金属水酸化物、金属ハロゲン化物、ヨウ素、ヨウ素化合物、またはこれらの組み合わせからなる群から選択される、構成 1 に記載の方法。

(構成 29)

添加物が、ステップ (a) ~ (f) のうちの 1 つ以上の前、最中、または後に導入され、前記添加物がマグネシウム、マンガン、アルミニウム、ニッケル、鉄、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、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、フルオライト、フルオロスパー、ベントナイト、酸化カルシウム、石灰、水酸化ナトリウム、水酸化カリウム、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、有機酸、ヨウ素、ヨウ素化合物、およびこれらの組み合わせからなる群から選択される、構成 1 に記載の方法。

20

(構成 30)

前記生物起源の活性炭が、少なくとも 500、少なくとも 1000、少なくとも 1500、少なくとも 2000、または少なくとも 2000 から最大 2250 のヨウ素価を特徴とする、構成 1 に記載の方法。

30

(構成 31)

前記生物起源の活性炭が、少なくとも $1000 \text{ m}^2/\text{g}$ 、少なくとも $1500 \text{ m}^2/\text{g}$ 、または少なくとも $2000 \text{ m}^2/\text{g}$ の表面積を特徴とする、構成 1 に記載の方法。

(構成 32)

前記生物起源の活性炭がグラフェンを含む、構成 1 に記載の方法。

(構成 33)

前記生物起源の活性炭が外部から印加された磁場に応答する、構成 1 に記載の方法。

(構成 34)

前記生物起源の活性炭の電気伝導度が、前記出発炭素含有供給原料の電気伝導度を超える、構成 1 に記載の方法。

40

(構成 35)

前記生物起源の活性炭の電気容量が、前記出発炭素含有供給原料の電気容量を超える、構成 1 に記載の方法。

(構成 36)

二次元または三次元で基板上にグラフェンを成長させるために、反応器に前記分離された蒸気流またはその熱的に処理された形態の少なくとも一部を導入することをさらに含む、構成 1 に記載の方法。

(構成 37)

生物起源の活性炭を生成するための連続方法であって、

50

- (a) バイオマスを含む出発炭素含有供給原料を提供することと、
(b) 前記供給原料を乾燥させて、前記供給原料から水分の少なくとも一部を除去することと、
(c) 1つ以上の間接的に加熱された反応帯域において、前記供給原料を機械的に運搬し、前記供給原料を、不活性のガスを含む蒸気流および水または二酸化炭素のうちの少なくとも1つを含む活性化剤と向流的に接触させて、固体、凝縮性蒸気、および非凝縮性ガスを発生させることと、
(d) 前記反応帯域から前記蒸気流の少なくとも一部を除去して、分離された蒸気流を発生させることと、
(e) 外部源からの炭素含有液体または蒸気流を、ステップ(c)の前に前記供給原料に、および／または前記反応帯域のガス入口に導入することと、
(f) 生物起源の活性炭として前記反応帯域から前記固体の少なくとも一部を回収することと、を含む、前記連続方法。

10

(構成38)

- グラフェン含有の生物起源の活性炭を生成するための連続方法であって、
(a) バイオマスを含む出発炭素含有供給原料を提供することと、
(b) 前記供給原料を乾燥させて、前記供給原料から水分の少なくとも一部を除去することと、
(c) 1つ以上の間接的に加熱された反応帯域において、前記供給原料を機械的に運搬し、前記供給原料を、不活性のガスを含む蒸気流および水または二酸化炭素のうちの少なくとも1つを含む活性化剤と向流的に接触させて、固体、凝縮性蒸気、および非凝縮性ガスを発生させることと、
(d) 前記反応帯域から前記蒸気流の少なくとも一部を除去して、分離された蒸気流を発生させることと、
(e) 前記分離された蒸気流またはその熱的に処理された形態の少なくとも一部を、ステップ(c)の前に前記供給原料に、および／または前記反応帯域のガス入口に再循環させることと、
(f) 前記反応帯域から前記固体の少なくとも一部を回収することであって、前記固体がグラフェン含有の生物起源の活性炭を含む前記回収することと、
を含む、前記連続方法。

20

30

(構成39)

- 前記グラフェン含有の生物起源の活性炭の少なくとも一部からグラフェンを分離することをさらに含む、構成38に記載の方法。

(構成40)

- 前記分離が、機械的分離、磁気分離、および／または電気的分離を含む、構成39に記載の方法。

(構成41)

- (g) 前記固体を処理して前記固体中のグラフェン含有量を増加させることをさらに含む、構成38に記載の方法。

(構成42)

- (g') 前記固体の少なくとも一部を用いて基板またはデバイス上にグラフェンを製作することをさらに含む、構成38に記載の方法。

40

(構成43)

- 前記グラフェン含有の生物起源の活性炭が、外部から印加された磁場に応答する、構成38に記載の方法。

(構成44)

- 前記グラフェン含有の生物起源の活性炭の電気伝導度が、前記炭素含有供給原料の電気伝導度を超える、構成38に記載の方法。

(構成45)

- 前記グラフェン含有の生物起源の活性炭の電気容量が、前記炭素含有供給原料の電気容

50

量を超える、構成38に記載の方法。

(構成46)

グラフェン含有の生物起源の活性炭を生成するための連続方法であって、

(a) バイオマスを含む出発炭素含有供給原料を提供することと、

(b) 前記供給原料を乾燥させて、前記供給原料から水分の少なくとも一部を除去することと、

(c) 1つ以上の間接的に加熱された反応帯域において、前記供給原料を機械的に運搬し、前記供給原料を、不活性のガスを含む蒸気流および水または二酸化炭素のうちの少なくとも1つを含む活性化剤と向流的に接触させて、固体、凝縮性蒸気、および非凝縮性ガスを発生させることと、

(d) 前記反応帯域から前記蒸気流の少なくとも一部を除去して、分離された蒸気流を発生させることと、

(e) 前記分離された蒸気流またはその熱的に処理された形態の少なくとも一部を、ステップ(c)の前に前記供給原料に、および／または前記反応帯域のガス入口に再循環させて、前記固体中の炭素の表面積を増加させることと、

(f) 生物起源の活性炭として前記反応帯域から前記固体の少なくとも一部を回収することと、を含み、

前記生物起源の活性炭が、乾燥ベースで、55重量%以上の全炭素、15重量%以下の水素、および1重量%以下の窒素を含み、

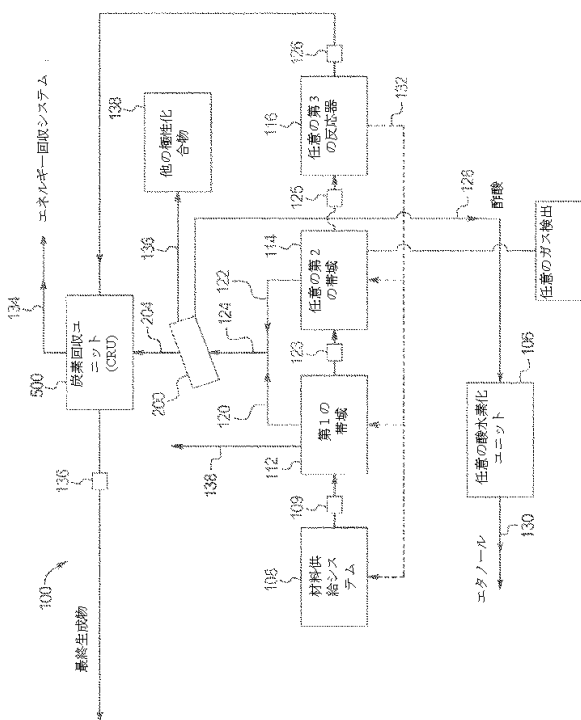
前記生物起源の活性炭の少なくとも一部が、グラフェンの形態で存在し、

前記生物起源の活性炭組成物が、500よりも高いヨウ素価を特徴とし、

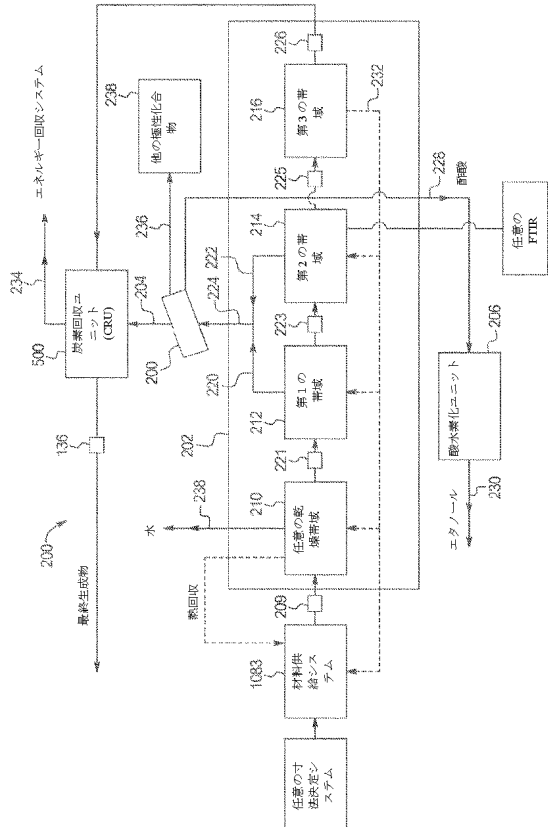
前記生物起源の活性炭が、外部から印加された磁場に応答する、前記連続方法。

【図面】

【図1】



【図2】



10

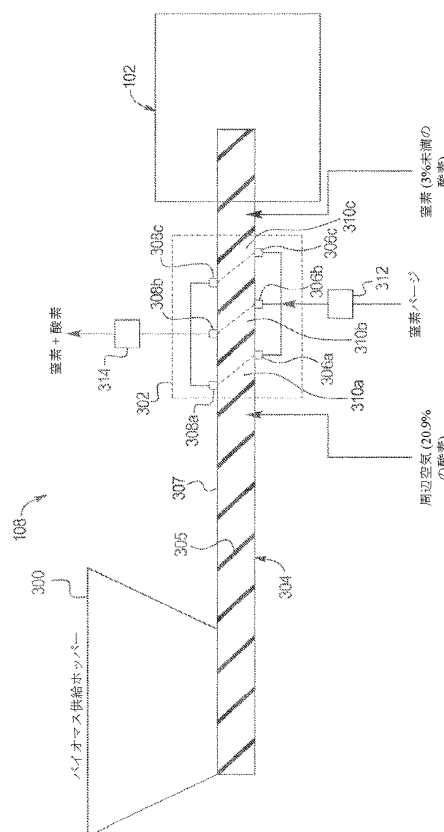
20

30

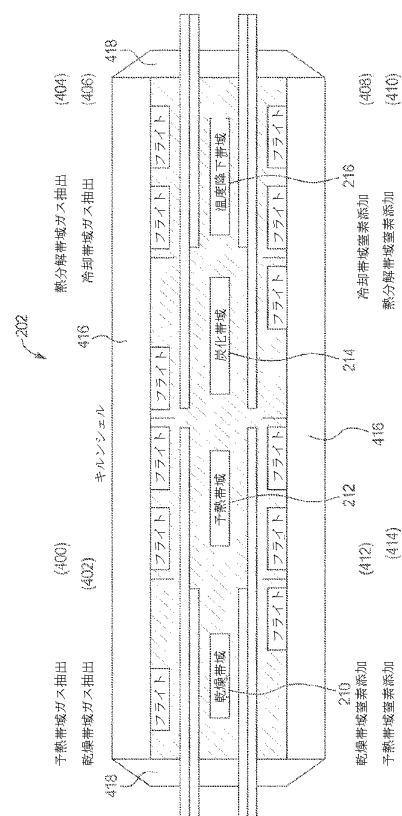
40

50

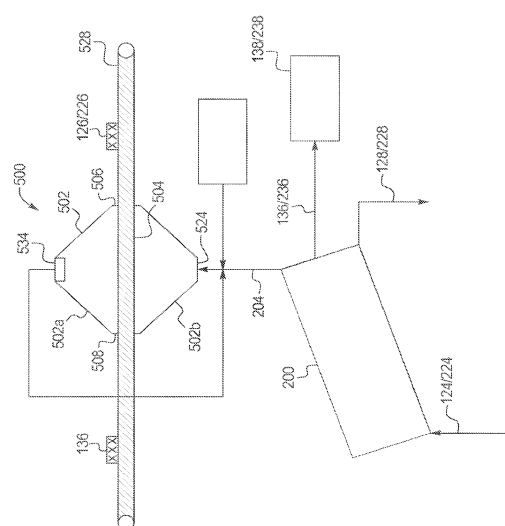
【圖 3】



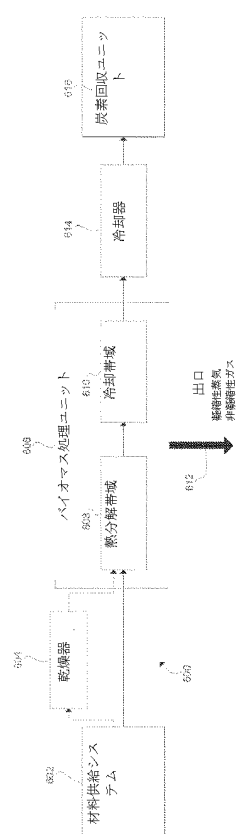
【図 4】



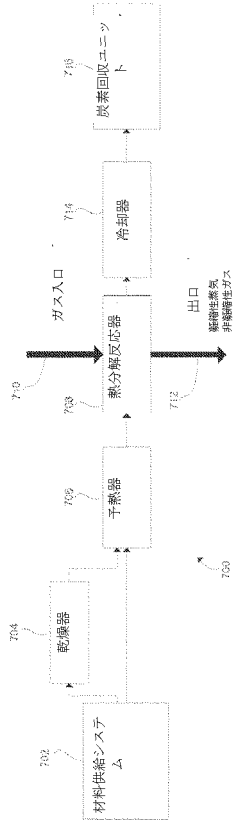
【図 5】



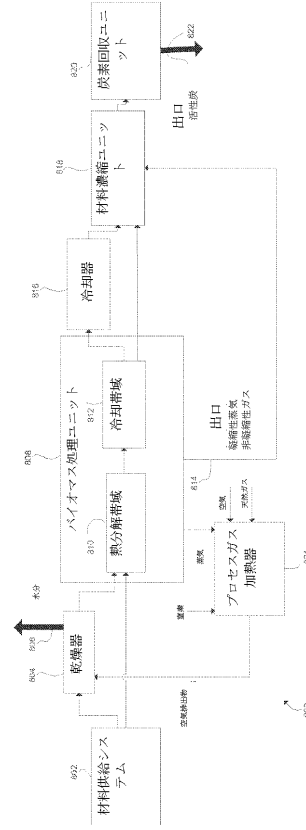
【図 6】



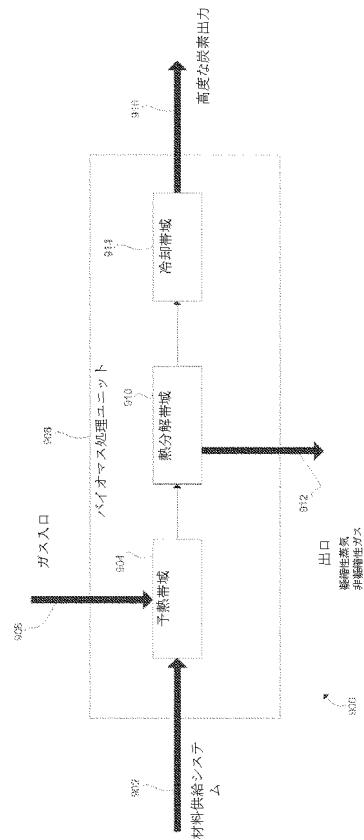
【図 7】



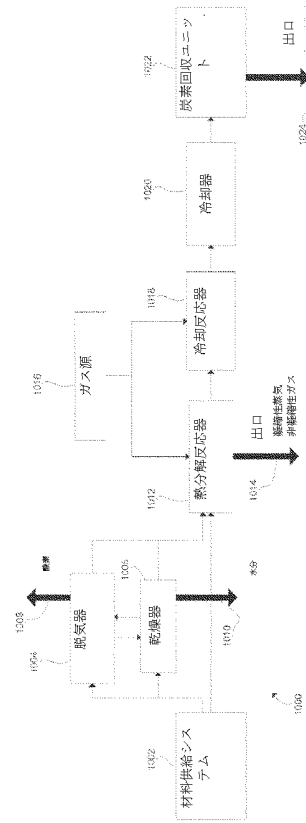
【図 8】



【図 9】



【図 10】



10

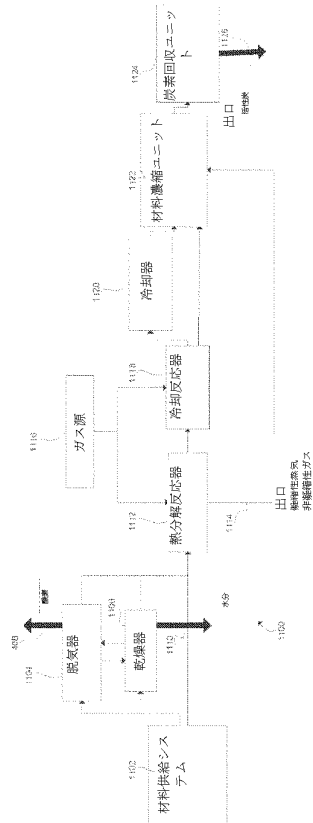
20

30

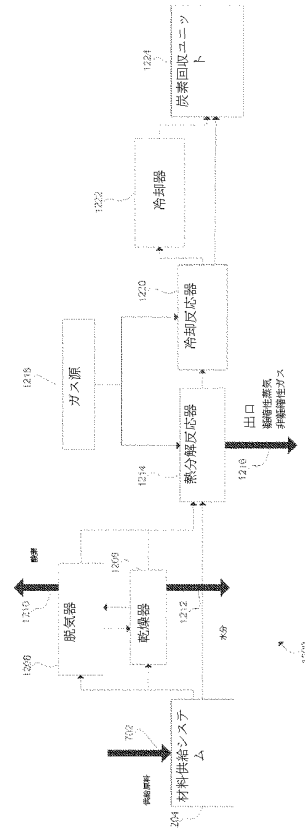
40

50

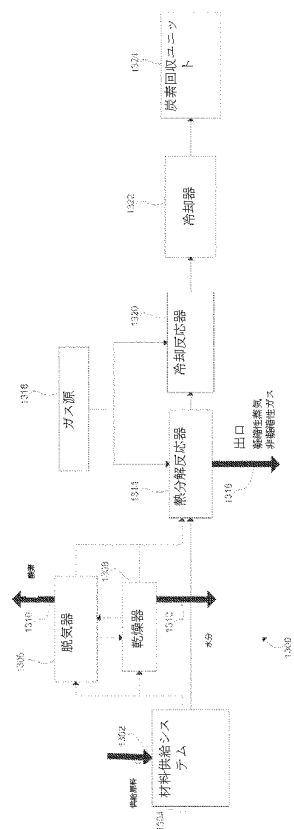
【図 1 1】



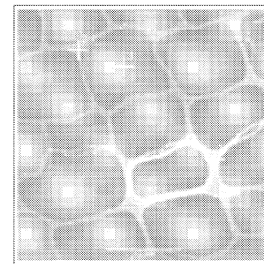
【図 1 2】



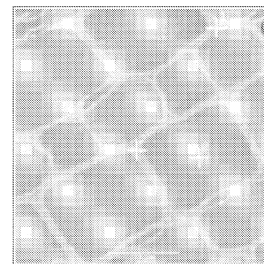
【図 1 3】



【図 1 4】



(A)



(B)

10

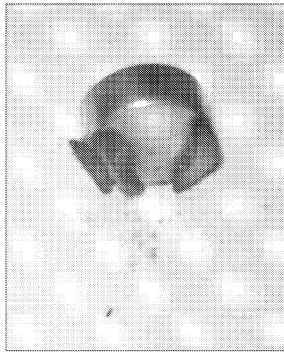
20

30

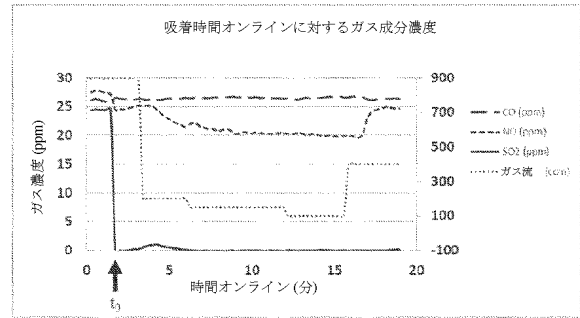
40

50

【図 15】

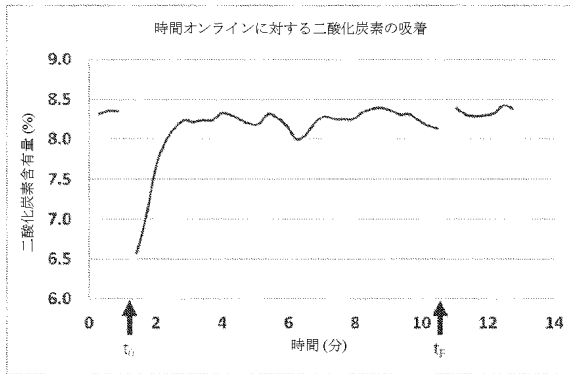


【図 16】

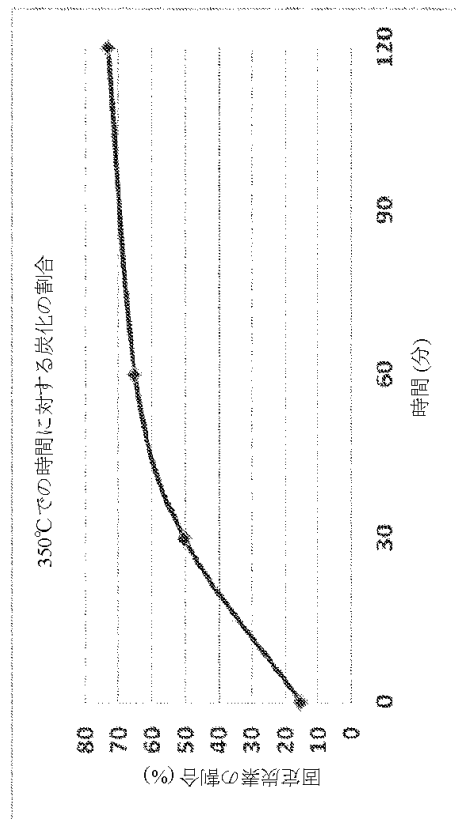


10

【図 17】



【図 18】



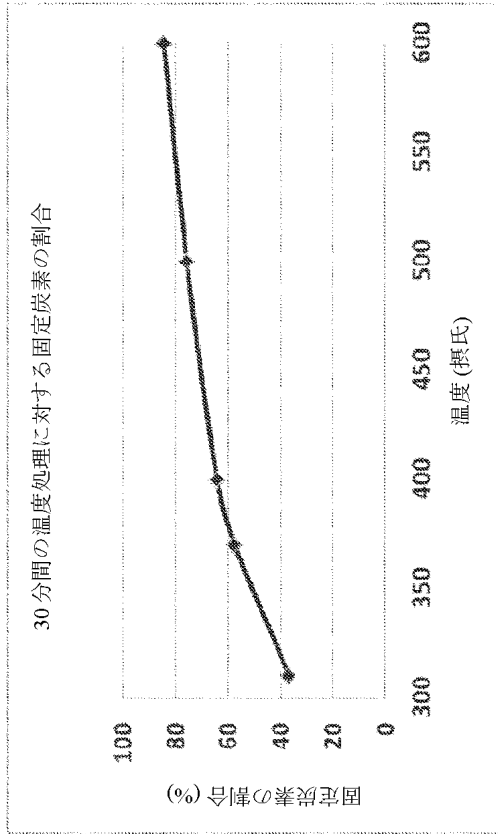
20

30

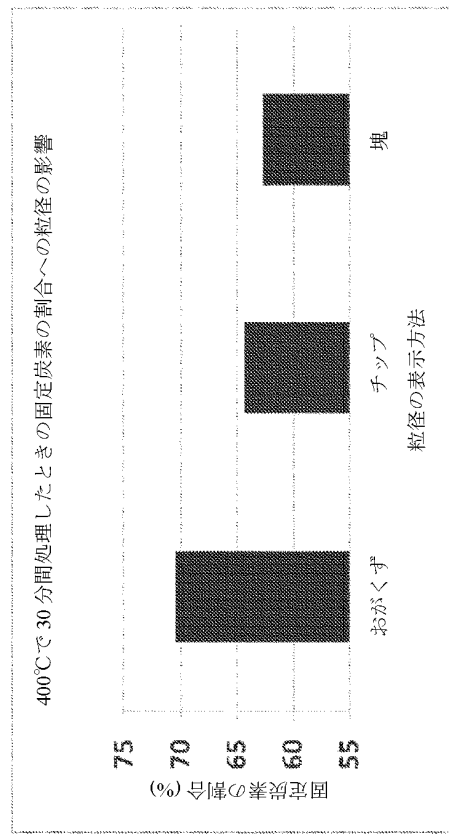
40

50

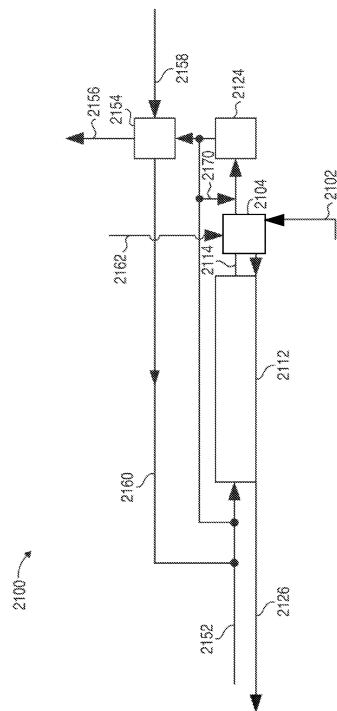
【図 19】



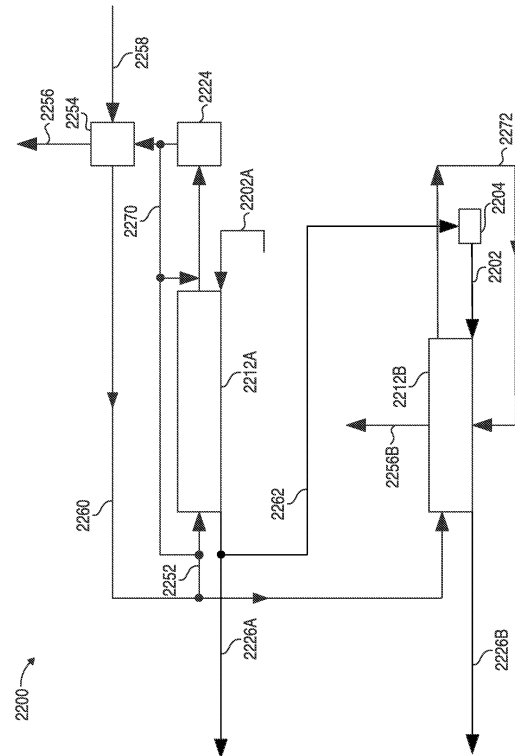
【図 20】



【図 21】



【図 22】



10

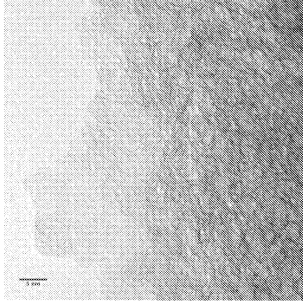
20

30

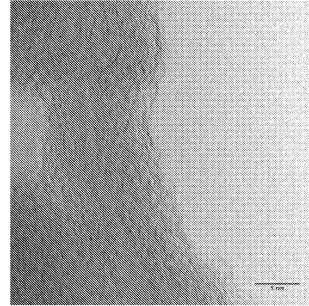
40

50

【図 2 3】

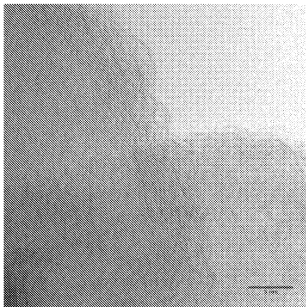


【図 2 4】

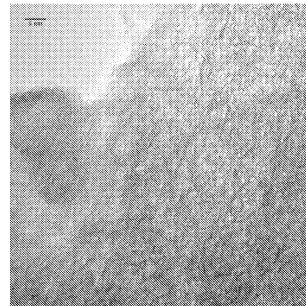


10

【図 2 5】

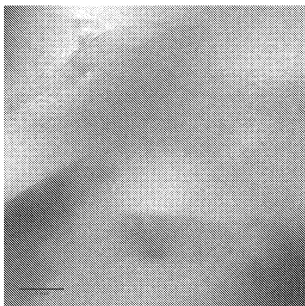


【図 2 6】

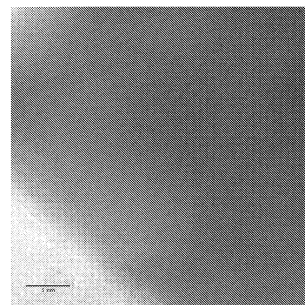


20

【図 2 7】



【図 2 8】

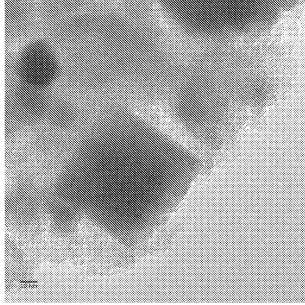


30

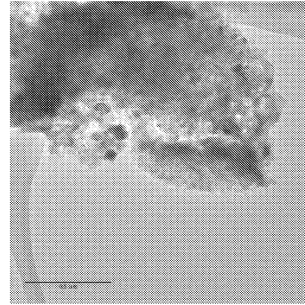
40

50

【図 29】

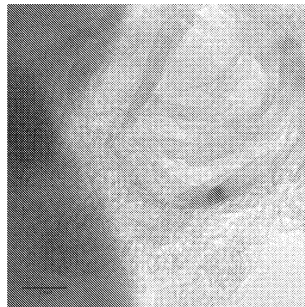


【図 30】



10

【図 31】



20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類

F I

B 0 3 C 1/02 (2006.01)**B 0 3 C****1/02****Z****C 0 1 B 32/184 (2017.01)****C 0 1 B****32/184****C 0 1 B 32/194 (2017.01)****C 0 1 B****32/194**

(32)優先日 平成24年5月7日(2012.5.7)

(33)優先権主張国・地域又は機関

米国(US)

(31)優先権主張番号 61/721,827

(32)優先日 平成24年11月2日(2012.11.2)

(33)優先権主張国・地域又は機関

米国(US)

ミネアポリス ファースト アベニュー ノース 1 3 3

合議体

審判長 宮澤 尚之

審判官 三崎 仁

審判官 増山 淳子

(56)参考文献 特開昭54-135666 (JP, A)

特表2011-516263 (JP, A)

特表2004-534641 (JP, A)

特開2001-294415 (JP, A)

米国特許出願公開第2010/0113267 (US, A1)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

C01B32/30-32/39, C01B32/184, C01B32/194, B01J20/20, B01J20/30