

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2016-517268

(P2016-517268A)

(43) 公表日 平成28年6月16日 (2016.6.16)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
C 1 2 P 19/02 (2006.01)	C 1 2 P 19/02	Z A B 4 B 0 6 4
B 0 9 B 3/00 (2006.01)	B 0 9 B 3/00	3 0 3 Z 4 D 0 0 4
C 0 2 F 11/00 (2006.01)	B 0 9 B 3/00	3 0 4 Z 4 D 0 5 9
B 0 9 B 5/00 (2006.01)	C 0 2 F 11/00	Z
	B 0 9 B 5/00	Z
審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 134 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2015-561700 (P2015-561700)	(71) 出願人	512175199
(86) (22) 出願日	平成26年3月7日 (2014.3.7)		ザイレコ, インコーポレイテッド
(85) 翻訳文提出日	平成27年8月12日 (2015.8.12)		アメリカ合衆国, マサチューセッツ州 O
(86) 国際出願番号	PCT/US2014/021634		1 8 8 0, ウェイク フィールド, 3 6 0
(87) 国際公開番号	W02014/138551		オーデュボン ロード
(87) 国際公開日	平成26年9月12日 (2014.9.12)	(74) 代理人	100114775
(31) 優先権主張番号	61/774, 684		弁理士 高岡 亮一
(32) 優先日	平成25年3月8日 (2013.3.8)	(74) 代理人	100121511
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 小田 直
(31) 優先権主張番号	61/774, 773	(74) 代理人	100202751
(32) 優先日	平成25年3月8日 (2013.3.8)		弁理士 岩堀 明代
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100191086
(31) 優先権主張番号	61/774, 731		弁理士 高橋 香元
(32) 優先日	平成25年3月8日 (2013.3.8)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 バイオマスの加工およびエネルギー

(57) 【要約】

バイオマス原料（例えば、植物バイオマス、動物バイオマス、および自治体廃棄物バイオマス）を加工して、有用な生成物、例えば燃料、熱およびエネルギーを生成する。

【選択図】 なし

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

糖化バイオマス材料を燃焼してエネルギーを生成することを含む、エネルギーを発生する方法。

【請求項 2】

前記糖化バイオマス材料が、細胞を含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記細胞が、酵母細胞、細菌細胞、真菌細胞およびそれらの混合物からなる群から選択される、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記糖化バイオマス材料が、タンパク質材料を含む、請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 5】

前記タンパク質材料が、酵素材料である、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 6】

前記糖化材料が、変性酵素材料を含む、請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 7】

前記糖化バイオマス材料を、糖化の前に処理して難分解性を低下したリグノセルロース材料由来のリグノセルロース残渣を含む、請求項 1 ～ 6 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 8】

前記リグノセルロース材料を、加速電子で処理して難分解性を低下する、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】

前記電子が、約 0.3 MeV ～ 約 5 MeV の平均エネルギーを有する、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 10】

前記電子が、約 0.5 MeV ～ 約 3.5 MeV の平均エネルギーを有する、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 11】

前記電子が、約 0.8 MeV ～ 約 2 MeV の平均エネルギーを有する、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 12】

前記リグノセルロース系バイオマスが、約 10 Mrad ～ 約 100 Mrad の総線量で処理される、請求項 8 ～ 11 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 13】

前記リグノセルロース系バイオマスが、約 15 Mrad ～ 約 50 Mrad の総線量で処理される、請求項 8 ～ 11 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 14】

前記リグノセルロース系バイオマスが、約 20 Mrad ～ 約 45 Mrad の総線量で処理される、請求項 8 ～ 11 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 15】

前記リグノセルロース系バイオマスが、約 25 Mrad ～ 約 40 Mrad の総線量で処理される、請求項 8 ～ 11 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 16】

前記糖化バイオマス材料が、無機固体を含む、請求項 1 ～ 15 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 17】

前記無機固体が、珪藻土、セライト、シリカ、軽石、パーライト、アルミナ、ゼオライト、砂およびそれらの混合物からなる群から選択される、請求項 16 に記載の方法。

【請求項 18】

10

20

30

40

50

前記糖化バイオマス材料が、60%未満の水分を含む、請求項1～17のいずれか1項に記載の方法。

【請求項19】

前記糖化バイオマス材料が、50%未満の水分を含む、請求項1～17のいずれか1項に記載の方法。

【請求項20】

前記糖化バイオマス材料が、45%未満の水分を含む、請求項1～17のいずれか1項に記載の方法。

【請求項21】

前記糖化バイオマス材料が、40%未満の水分を含む、請求項1～17のいずれか1項に記載の方法。

【請求項22】

前記糖化バイオマス材料が、30%未満の水分を含む、請求項1～17のいずれか1項に記載の方法。

【請求項23】

前記糖化バイオマス材料が、燃焼後に5%未満の灰を含む、請求項1～22のいずれか1項に記載の方法。

【請求項24】

前記糖化バイオマス材料が、0.5%未満の硫黄を含む、請求項1～23のいずれか1項に記載の方法。

【請求項25】

前記燃焼が、前記糖化バイオマス材料1ポンドあたり約3500BTUを超えるエネルギーを生成する、請求項1～24のいずれか1項に記載の方法。

【請求項26】

前記燃焼が、前記糖化バイオマス材料1ポンドあたり約4000BTUを超えるエネルギーを生成する、請求項1～24のいずれか1項に記載の方法。

【請求項27】

前記燃焼が、前記糖化バイオマス材料1ポンドあたり約4500BTUを超えるエネルギーを生成する、請求項1～24のいずれか1項に記載の方法。

【請求項28】

前記燃焼が、前記糖化バイオマス材料1ポンドあたり約5000BTUを超えるエネルギーを生成する、請求項1～24のいずれか1項に記載の方法。

【請求項29】

前記燃焼が、前記糖化バイオマス材料1ポンドあたり約6000BTUを超えるエネルギーを生成する、請求項1～24のいずれか1項に記載の方法。

【請求項30】

前記燃焼が、前記糖化バイオマス材料1ポンドあたり約7000BTUを超えるエネルギーを生成する、請求項1～24のいずれか1項に記載の方法。

【請求項31】

前記糖化バイオマス材料が、乾量基準で35重量%未満の炭水化物を含む、請求項1～30のいずれか1項に記載の方法。

【請求項32】

前記糖化バイオマス材料が、乾量基準で30重量%未満の炭水化物を含む、請求項1～30のいずれか1項に記載の方法。

【請求項33】

前記糖化バイオマス材料が、乾量基準で25重量%未満の炭水化物を含む、請求項1～30のいずれか1項に記載の方法。

【請求項34】

前記糖化バイオマス材料が、乾量基準で20重量%未満の炭水化物を含む、請求項1～30のいずれか1項に記載の方法。

10

20

30

40

50

【請求項 35】

前記糖化バイオマス材料が、乾量基準で10重量%未満の炭水化物を含む、請求項1～30のいずれか1項に記載の方法。

【請求項 36】

前記エネルギーが、熱の形態である、請求項1～35のいずれか1項に記載の方法。

【請求項 37】

前記エネルギーが、電気エネルギーの形態である、請求項1～36のいずれか1項に記載の方法。

【請求項 38】

燃焼の間に、ボイラが用いられる請求項1～37のいずれか1項に記載の方法。

10

【請求項 39】

前記ボイラが、ストーカグレートボイラ、流動床ボイラおよび混焼ボイラからなる群から選択される、請求項38に記載の方法。

【請求項 40】

燃焼の間に、ガス化炉が用いられる、請求項1～39のいずれか1項に記載の方法。

【請求項 41】

前記ガス化炉が、固定床または流動床ガス化炉である、請求項40に記載の方法。

【請求項 42】

前記糖化バイオマスが、燃焼の前に、ロータリードラムフィルターを利用して回収される、請求項1～41のいずれか1項に記載の方法。

20

【請求項 43】

前記糖化バイオマスが、燃焼の前に、遠心分離機を利用して回収される、請求項1～42のいずれか1項に記載の方法。

【請求項 44】

バイオマス材料を加工する方法であって、
リグノセルロース材料の第一の部分を製品および固体残渣に加工すること、
前記固体残渣をボイラで燃焼して蒸気を生成すること、
前記蒸気をタービンに取り込ませて電気を生成すること、ならびに
前記蒸気および／または電気エネルギーを利用してリグノセルロース材料の第二の部分を製品に加工すること、
を含む、方法。

30

【請求項 45】

前記加工することが、照射することを含む、請求項44に記載の方法。

【請求項 46】

前記加工することが、糖化することを含む、請求項44または45に記載の方法。

【請求項 47】

前記糖化することが、グルコースを生成する、請求項46に記載の方法。

【請求項 48】

前記糖化することが、キシロースを生成する、請求項46または47に記載の方法。

【請求項 49】

前記加工することが、発酵を含む、請求項44～48のいずれか1項に記載の方法。

40

【請求項 50】

前記固体残渣を燃焼する前に、前記固体残渣を乾燥させることをさらに含む、請求項4～49のいずれか1項に記載の方法。

【請求項 51】

前記乾燥させることが、前記固体残渣の水分量を約25重量%水量未満に減少させる、請求項50に記載の方法。

【請求項 52】

前記乾燥させることが、前記固体残渣の水分量を約20重量%水量未満に減少させる、請求項50に記載の方法。

50

【請求項 53】

前記乾燥させることが、前記固体残渣の水分量を約 15 重量% 水量未満に減少させる、請求項 50 に記載の方法。

【請求項 54】

前記残渣が、スクリー乾燥機を用いて乾燥される、請求項 50～53 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 55】

前記残渣を乾燥剤と混和することをさらに含む、請求項 44～54 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 56】

前記乾燥剤が、微細なバイオマス材料である、請求項 55 に記載の方法。

【請求項 57】

前記微細なバイオマス材料が、約 1 mm 未満の中間粒径を有する、請求項 56 に記載の方法。

【請求項 58】

前記微細なバイオマス材料が、約 500 μ m 未満の中間粒径を有する、請求項 56 に記載の方法。

【請求項 59】

前記微細なバイオマス材料が、約 100 μ m 未満の中間粒径を有する、請求項 56 に記載の方法。

【請求項 60】

燃焼される前に、ケーキ、ペレット、高密度化形状、粉末またはそれらの組み合わせから選択される形態に前記残渣を成形することをさらに含む、請求項 44～59 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 61】

前記残渣が、約 5 重量% 満の水量である未乾燥形態の場合、少なくとも 4000 BTU / ポンド残渣のエネルギー量を有する、請求項 44～60 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 62】

前記残渣が、窒素 (N) 化合物中に少なくとも 0.1 % の窒素を含む、請求項 44～61 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 63】

前記窒素 (N) 化合物が、タンパク質、変性タンパク質、タンパク質残渣、アミノ酸、アミノ酸残渣、尿素、アンモニアおよびそれらの組み合わせからなる群から選択される、請求項 62 に記載の方法。

【請求項 64】

前記リグノセルロース材料が、木材、パーティクルボード、おがくず、農業廃棄物、下水汚物、サイレージ、牧草、穀殻、バガス、綿、ジュート、麻、亜麻、竹、サイザル、マニラ麻、麦わら、トウモロコシの穂軸、トウモロコシの葉茎、スイッチグラス、アルファルファ、干し草、ココナッツの毛、海藻、藻類、およ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 44～63 のいずれか 1 項に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連出願の相互参照

本出願は、以下の仮特許出願の優先権を主張するものである：2013年3月8日出願の米国特許出願第 61 / 774, 684 号；2013年3月8日出願の米国特許出願第 61 / 774, 773 号；2013年3月8日出願の米国特許出願第 61 / 774, 731 号；2013年3月8日出願の米国特許出願第 61 / 774, 735 号；2013年3月8日出願の米国特許出願第 61 / 774, 740 号；2013年3月8日出願の米国特許出願第 61 / 774, 744 号；2013年3月8日出願の米国特許出願第 61 / 774

10

20

30

40

50

、 746号；2013年3月8日出願の米国特許出願第61／774，750号；2013年3月8日出願の米国特許出願第61／774，752号；2013年3月8日出願の米国特許出願第61／774，754号；2013年3月8日出願の米国特許出願第61／774，775号；2013年3月8日出願の米国特許出願第61／774，780号；2013年3月8日出願の米国特許出願第61／774，761号；2013年3月8日出願の米国特許出願第61／774，723号；および2013年3月15日出願の米国特許出願第61／793，336号。これらの仮特許出願それぞれの開示全体は、参照により本明細書に組み入れられる。

【背景技術】

【0002】

背景

例を挙げると農業残渣、木質バイオマス、自治体廃棄物、油料種子粕類および海藻など、多くの潜在的リグノセルロース系原料が、今日は入手可能である。現在、これらの材料の多くは、十分に活用されておらず、例えば動物飼料、バイオコンポスト材料として用いられるか、コジェネレーション施設で焼却されるか、または埋め立てられることさえある。

【0003】

リグノセルロース系バイオマスは、ヘミセルロースマトリックスに包埋され、リグニンに包囲された結晶セルロース原繊維を含む。これが、酵素、ならびに他の化学的、生化学的および／または生物学的工程による接近が困難な緻密なマトリックスを生成する。セルロース系バイオマス材料（例えば、リグニンが除去されたバイオマス材料）は、酵素および他の変換工程により利用し易いが、それでも天然由来のセルロース材料は多くの場合、加水分解酵素と接触させると、低い収率となる（理論収率と比較）。リグノセルロース系バイオマスは、酵素の攻撃に対してより難分解性である。さらにリグノセルロース系バイオマスの各タイプは、それぞれに特有のセルロース、ヘミセルロースおよびリグニンの組成を有する。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

概要

バイオマス材料を低分子量の糖に変換することによりバイオマス材料、例えばセルロース系、リグノセルロース系および／またはデンプン系原料を糖化または液化するための、例えば酵素、1種以上のセルラーゼおよび／またはアミラーゼを用いて該原料を糖化するための多くの工程が、本明細書に開示される。本発明は、例えば発酵などのバイオプロセッシングにより、原料を製品に変換することにも関する。該工程は、エネルギー発生工程の1つ以上の段階から生じる残渣を活用することを含む。

【課題を解決するための手段】

【0005】

一態様において、本発明は、糖化されたバイオマス材料を燃焼してエネルギーを生成することをはじめとする、エネルギー生成方法に関する。場合によりエネルギーは、電気エネルギー、熱エネルギー、またはこれらの組み合わせの形態であってもよい。糖化される材料としては、酵母細胞、細菌細胞、真菌細胞およびこれらの細胞の混合物からなる群から選択される細胞などを含むことができる。細胞は、全細胞（例えば、生存細胞、休眠細胞および／または死亡細胞）または細胞の一部（例えば、溶解ならびに／またはその他の方法で死亡および破壊された細胞）を含むことができる。追加または代わりとして、糖化される材料は、タンパク質材料（例えば、酵素材料、変性酵素材料、ペプチドおよび／またはアミノ酸）を含むことができる。追加または代わりとして、糖化される材料は、珪藻土、セライト、シリカ、軽石、パーライト、アルミナ、ゼオライト、砂およびこれらのいずれかの混合物からなる群から選択される無機材料などの無機固体を含むことができる。

【0006】

幾つかの実施形態において、糖化バイオマス材料は、糖化の前に難分解性を低下させるために、例えば電子加速器からの加速された電子を用いて、処理されたリグノセルロース材料からのリグノセルロース残渣を含む。例えば、電子で処理された場合、電子は約0.3 MeV～約5 MeV、例えば約0.5 MeV～約3.5 MeV、または約0.8 MeV～約2 MeVの平均エネルギーを有することができる。リグノセルロース系バイオマスは、約10 Mrad～約100 Mrad、例えば約15 Mrad～約50 Mrad、約20 Mrad～約45 Mrad、または約25 Mrad～約40 Mradの総線量で処理することができる。場合により糖化バイオマスは、燃焼の前に、ロータリードラムフィルターおよび／またはデカンタ型遠心分離機などの遠心分離機を利用して回収される。

【0007】

幾つかの例において、糖化バイオマス材料は、燃焼される前に、60%未満の水分、例えば、約55%未満、50%、45%、40%、35%、30%、25%、20%、15%または5%未満の水分を含む。例えばバイオマスは、燃焼前に約60%未満の水分を有するように乾燥させることができる（例えば、55%未満、50%、45%、35%、30%、25%、20%、15%、または5%未満の水分を有するように乾燥）。場合により糖化バイオマスは、乾量基準で35重量%未満の炭水化物、例えば33%未満、30%、25%、20%、18%、16%、14%、12%、10%または8%未満の炭水化物を含む。糖化材料は、燃焼され、その燃焼により約3500 BTU／ポンドを超えて、例えば約4000を超えて、4500 BTU／ポンド、5000 BTU／ポンド、6000 BTU／ポンドを超えて、または約7000 BTU／ポンドを超えて生成することができる。場合により糖化バイオマス材料は、50%未満、例えば45%未満または40%の水分を有し、燃焼により約4000 BTU／ポンド材料を超えて生成する。糖化バイオマス材料は、燃焼後に5%未満、例えば4%未満、3%、2.5%、2.0%または1.5%未満の灰を含むことができる。追加または代わりとして、糖化バイオマス材料は、0.5%未満の硫黄、例えば0.4%未満、0.3%、0.2%、0.1%または0.075%未満または0.05%未満の硫黄を含む。

【0008】

幾つかの他の例において、ボイラ、例えばストーカグレートボイラ、流動床ボイラおよび混焼ボイラからなる群から選択されるボイラが、燃焼の間に用いられる。例えば天然ガスまたは石炭を混焼するのに用いられる混焼ボイラを、バイオマスと共に使用することができる。あるいは燃焼の間に、ガス化炉、例えば固定床または流動床ガス化炉が用いられる。

【0009】

別の態様において、本発明は、バイオマス材料を加工する方法に関する。該方法は、リグノセルロース材料の第一の部分を製品および固体残渣に加工すること、ならびに固体残渣をボイラで燃焼して蒸気を生成すること、を含む。該方法は、蒸気をタービンに取り込ませて、電気を生成することを含むことができる。生成されたエネルギー（例えば、蒸気からの熱および／または蒸気タービンからの電気）を利用して、リグノセルロース材料の第二の部分を製品に加工することができる。バイオマスの加工は、バイオマスを照射すること（例えば電子ビームで）および場合により照射されたバイオマスを、例えば酵素により糖化すること、を含むことができる。糖化は、糖、例えばグルコースおよび／またはキシロースを生成することができる。場合によりリグノセルロース材料の加工は、発酵を含むことができる。

【0010】

幾つかの例において、固体残渣は、燃焼される前に、水分量が約25重量%水量未満、例えば約20重量%未満、15重量%未満、約10重量%未満、約5重量%未満、約1重量%未満、または約0.01重量%未満に減少するように乾燥される。約5重量%水量未満の乾燥形態の場合、残渣は、少なくとも4000 BTU／ポンド残渣のエネルギー量を有することができる。場合により固体残渣は、スクリー式乾燥機（例えば、加熱されたフライト、シャフトおよび／またはトラフを有するスクリーコンベヤ）を用いて乾燥さ

10

20

30

40

50

れる。場合により残渣は、乾燥剤、例えば微細なバイオマス材料と混和される。例えば乾燥バイオマスは、固体残渣と共に混合することができ、その混合物中の乾燥バイオマス量は、少なくとも1重量%、少なくとも2重量%、少なくとも3重量%、少なくとも4重量%、少なくとも5重量%、少なくとも6重量%、少なくとも7重量%、少なくとも8重量%、少なくとも9重量%、少なくとも10重量%、少なくとも15重量%、少なくとも20重量%、または約20重量%～約30重量%である。例えば乾燥バイオマスは、約25%未満、20%、15%、10%、5%または約1%未満の水分を有することができる。例えば微細なバイオマス材料は、約1mm未満、約500μm未満、または約100μm未満の中間粒径を有することができる。残渣を乾燥バイオマス（例えば、微細なバイオマス材料）と共に混和して、該材料を乾燥させる、またはさらに乾燥させることができる。乾燥させて乾燥材料を提供することの追加または代わりとして、水分量が約25重量%水量、例えば約20重量%未満、15重量%未満、約10重量%未満、約5重量%未満、約1重量%未満、または約0.01重量%未満に減少するように、容量を付加することができる。残渣は、燃焼される前に、ケーキ、ペレット、高密度化形状、粉末またはこれらの組み合わせに成形することができる（例えば、場合により圧力下で、そして／または乾燥させながら）。残渣は、少なくとも0.1%（例えば、少なくとも0.2%、少なくとも0.5%、または少なくとも1%）の窒素を窒素（I I I）化合物の形態で含むことができ、例えば該窒素化合物は、タンパク質、変性タンパク質、タンパク質残渣、アミノ酸、アミノ酸残渣、尿素、アンモニアおよびこれらの組み合わせからなる群のものであること、またはそれから誘導することができる。

10

20

【0011】

用いられるバイオマス材料は、例えば木材、パーティクルボード、おがくず、農業廃棄物、下水汚物、サイレージ、牧草、穀殻、バガス、綿、ジュート、麻、亜麻、竹、サイザル、マニラ麻、麦わら、トウモロコシの穂軸、トウモロコシの葉茎、スイッチグラス、アルファルファ、干し草、ココナッツの毛、海藻、藻類、およびこれらの組み合わせからなる群から選択することができる。

【0012】

本明細書に開示された工程の多くから得られた残渣を活用して、エネルギーを提供することにより（例えば、コジェネレーションのため）、エネルギーコストが減少すること、および廃棄物処分の必要性が最小限になることから、原料変換工程のコストを有意に減少させることができる。加えて、残渣からバイオマスが得られるため、全体的工程の正味の炭素排出がゼロに近づく。結果として、原料変換工程の経済的な実行可能性および収益性が、著しく向上する可能性がある。加えて、該工程の残渣には、多量のリグニン、例えばリグノセルロース材料などの原料よりも多量のリグニンが存在し得るため、該残渣は、高い熱量を有する。本明細書に記載された方法の幾つかの別の利点は、残渣がバイオマスの加工の際に生成される微粉などの乾燥バイオマスと混和され得るため、残渣をほとんどまたは全く乾燥する必要がないことである。燃焼するためにより乾燥した材料を提供することに加え、乾燥された材料は運搬が容易になり得る。最後に該方法は、場合により残渣が有機窒素（I I I）化合物を含むことができ、それが燃焼の際に反応してNO_xの排出を減少させるために、有利になり得る。

30

40

【0013】

本発明の実行は、場合により以下に要約された特色の1つ以上を含むことができる。幾つかの実行において、選択された特色は、いずれの順序で適用または活用することができる、他の実行においては、特別な選択された順番が適用または活用される。個々の特色を、いずれかの順番で連続的に1回を超えて適用または活用することができる。加えて、適用または活用される特色の全体的な順番、または順番の一部を、一回、繰り返し、または連続していずれかの順序で適用または活用することができる。幾つかの選択的実行において、特色は、当業者に決定される、異なる、または適宜同一の、設定された、または変動する、定量的または定性的パラメータを提供または利用することができる。例えばサイズ、個々の寸法（例えば、長さ、幅、高さ）、使用場所、使用の程度（例えば、難分解性など

50

の程度)、使用期間、使用頻度、密度、濃度、強度および速度は、適宜、当業者に決定される通り、変動しても、または設定されていてもよい。

【0014】

例えば特色は、エネルギー発生の方法；熱エネルギーを発生する方法；電気エネルギーを発生する方法；糖化材料を燃焼してエネルギーを生成する方法；細胞を含む糖化材料を燃焼する方法；酵母細胞を含む糖化材料を燃焼する方法；真菌細胞を含む糖化材料を燃焼する方法；タンパク質材料を含む糖化バイオマス燃焼する方法；酵素材料を含む糖化バイオマスを燃焼する方法；変性酵素材料を含む糖化バイオマスを燃焼する方法；糖化の前に難分解性を低下させるために処理されたリグノセルロース材料から得られた糖化リグノセルロース残渣を燃焼する方法；糖化の前に難分解性を低下させるために加速電子で処理されたリグノセルロース材料から得られた糖化リグノセルロース残渣を燃焼する方法；糖化の前に約0.3 MeV～約5 MeVの平均エネルギーを有する加速電子で処理されたリグノセルロース材料から得られた糖化リグノセルロース残渣を燃焼する方法；糖化の前に約0.5 MeV～約3.5 MeVの平均エネルギーを有する加速電子で処理されたリグノセルロース材料から得られた糖化リグノセルロース残渣を燃焼する方法；糖化の前に約0.8 MeV～約2 MeVの平均エネルギーを有する加速電子で処理されたリグノセルロース材料から得られた糖化リグノセルロース残渣を燃焼する方法；糖化の前に約10 Mrad～約100 Mradの総線量までの加速電子で処理されたリグノセルロース材料から得られた糖化リグノセルロース残渣を燃焼する方法；糖化の前に約15 Mrad～約50 Mradの総線量までの加速電子で処理されたリグノセルロース材料から得られた糖化リグノセルロース残渣を燃焼する方法；糖化の前に約20 Mrad～約45 Mradの総線量までの加速電子で処理されたリグノセルロース材料から得られた糖化リグノセルロース残渣を燃焼する方法；糖化の前に約25 Mrad～約40 Mradの総線量までの加速電子で処理されたリグノセルロース材料から得られた糖化リグノセルロース残渣を燃焼する方法；無機固体を含む糖化材料を燃焼する方法；珪藻土を含む糖化材料を燃焼する方法；シリカを含む糖化材料を燃焼する方法；軽石を含む糖化材料を燃焼する方法；パーライトを含む糖化材料を燃焼する方法；アルミナを含む糖化材料を燃焼する方法；ゼオライトを含む糖化材料を燃焼する方法；砂を含む糖化材料を燃焼する方法；60%未満の水分を含む糖化材料を燃焼する方法；50%未満の水分を含む糖化材料を燃焼する方法；45%未満の水分を含む糖化材料を燃焼する方法；40%未満の水分を含む糖化材料を燃焼する方法；30%未満の水分を含む糖化材料を燃焼する方法；20%未満の水分を含む糖化材料を燃焼する方法；10%未満の水分を含む糖化材料を燃焼する方法；5%未満の水分を含む糖化材料を燃焼する方法；0.5%未満の硫黄を含む糖化材料を燃焼する方法；糖化バイオマス材料の燃焼により約3500 BTU／ポンドを超えるエネルギーを生成する方法；糖化バイオマス材料の燃焼により約4000 BTU／ポンドを超えるエネルギーを生成する方法；糖化バイオマス材料の燃焼により約4500 BTU／ポンドを超えるエネルギーを生成する方法；糖化バイオマス材料の燃焼により約5000 BTU／ポンドを超えるエネルギーを生成する方法；糖化バイオマス材料の燃焼により約6000 BTU／ポンドを超えるエネルギーを生成する方法；糖化バイオマス材料の燃焼により約7000 BTU／ポンドを超えるエネルギーを生成する方法；乾量基準で35重量%未満の炭水化物を含む糖化材料を燃焼する方法；乾量基準で30重量%未満の炭水化物を含む糖化材料を燃焼する方法；乾量基準で25重量%未満の炭水化物を含む糖化材料を燃焼する方法；乾量基準で20重量%未満の炭水化物を含む糖化材料を燃焼する方法；乾量基準で10重量%未満の炭水化物を含む糖化材料を燃焼する方法；ボイラを用いて糖化バイオマス材料を燃焼する方法；ストーカグレーンボイラを用いて糖化バイオマス材料を燃焼する方法；流動床ボイラを用いて糖化バイオマス材料を燃焼する方法；混焼ボイラを用いて糖化バイオマス材料を燃焼する方法；糖化バイオマス材料を燃焼しながらガス化炉を使用する方法；ロータリードラムフィルターを用いて糖化バイオマス材料から固体を回収し、回収された材料を燃焼すること；遠心分離機を用いて糖化バイオマス材料の固体を回収し、回収された材料を燃焼すること、を含む。

10

20

30

40

50

【0015】

例えば特色は、バイオマス材料を加工すること；リグノセルロース材料の一部を製品および固体残渣に加工すること；固体残渣をボイラで燃焼して蒸気を生成すること；蒸気をタービンに取り込ませて電気を生成すること；蒸気および電気を利用してリグノセルロース材料の一部を製品に加工すること；蒸気を利用してリグノセルロース材料の一部を製品に加工すること；電気を利用してリグノセルロース材料の一部を製品に加工すること；リグノセルロース材料を照射すること；リグノセルロース材料を糖化すること；リグノセルロース材料を糖化することによりグルコースを生成すること；リグノセルロース材料を糖化することによりキシロースを生成すること；リグノセルロース材料を発酵すること；固体残渣を燃焼する前に固体残渣を乾燥させること；固体を燃焼する前に固体残渣の水分量を約25重量%未満の水量に減少させること；固体を燃焼する前に固体残渣の水分量を約20重量%未満の水量に減少させること；固体を燃焼する前に固体残渣の水分量を約15重量%未満の水量に減少させること；固体を燃焼する前にスクリー式乾燥機を用いて残渣を乾燥させること；固体残渣を燃焼する前に固体残渣を乾燥剤と混和すること；混合物中の乾燥バイオマス量が少なくとも1重量%になるように固体残渣を乾燥バイオマスと混和すること；混合物中の乾燥バイオマス量が少なくとも2重量%になるように固体残渣を乾燥バイオマスと混和すること；混合物中の乾燥バイオマス量が少なくとも3重量%になるように固体残渣を乾燥バイオマスと混和すること；混合物中の乾燥バイオマス量が少なくとも4重量%になるように固体残渣を乾燥バイオマスと混和すること；混合物中の乾燥バイオマス量が少なくとも5重量%になるように固体残渣を乾燥バイオマスと混和すること；混合物中の乾燥バイオマス量が少なくとも6重量%になるように固体残渣を乾燥バイオマスと混和すること；混合物中の乾燥バイオマス量が少なくとも7重量%になるように固体残渣を乾燥バイオマスと混和すること；混合物中の乾燥バイオマス量が少なくとも8重量%になるように固体残渣を乾燥バイオマスと混和すること；混合物中の乾燥バイオマス量が少なくとも9重量%になるように固体残渣を乾燥バイオマスと混和すること；混合物中の乾燥バイオマス量が少なくとも10重量%になるように固体残渣を乾燥バイオマスと混和すること；混合物中の乾燥バイオマス量が少なくとも15重量%になるように固体残渣を乾燥バイオマスと混和すること；混合物中の乾燥バイオマス量が約20重量%～約30重量%になるように固体残渣を乾燥バイオマスと混和すること；固体残渣を約25%未満の水分量を有する乾燥バイオマスと混和すること；固体残渣を約20%未満の水分量を有する乾燥バイオマスと混和すること；固体残渣を約15%未満の水分量を有する乾燥バイオマスと混和すること；固体残渣を約10%未満の水分量を有する乾燥バイオマスと混和すること；固体残渣を約5%未満の水分量を有する乾燥バイオマスと混和すること；固体残渣を約1%未満の水分量を有する乾燥バイオマスと混和すること；固体残渣を燃焼する前に、固体残渣を微細なバイオマス材料と混和すること；乾燥バイオマスは、微細なバイオマス材料を含み得る；固体残渣を燃焼する前に、固体残渣を約1mm未満の中間粒径を有するバイオマスと混和すること；固体残渣を燃焼する前に、固体残渣を約500μm未満の中間粒径を有するバイオマスと混和すること；残渣を燃焼する前に残渣をケーキに成形すること；残渣を燃焼する前に残渣をペレットに成形すること；残渣を燃焼する前に残渣を高密度化形状に成形すること；残渣を燃焼する前に残渣を粉末に成形すること；水分が5重量%未満の乾燥形態である場合に少なくとも4000BTU/ポンドのエネルギー量を有する残渣を燃焼すること；0.1%の窒素を窒素（I I I）化合物の形態で含む残渣を燃焼すること；タンパク質から提供された0.1%の窒素を含む残渣を燃焼すること；タンパク質残渣から提供された0.1%の窒素を含む残渣を燃焼すること；アミノ酸から提供された0.1%の窒素を含む残渣を燃焼すること；アミノ酸残渣から提供された0.1%の窒素を含む残渣を燃焼すること；尿素から提供された0.1%の窒素を含む残渣を燃焼すること；アンモニアから提供された0.1%の窒素を含む残渣を燃焼すること；木材を含むリグノセルロース材料を加工すること；パーティクルボードを含むリグノセルロース材料を加工すること；おがくずを含むリグノセルロース

10

20

30

40

50

材料を加工すること；農業廃棄物を含むリグノセルロース材料を加工すること；下水汚物を含むリグノセルロース材料を加工すること；サイレージを含むリグノセルロース材料を加工すること；牧草を含むリグノセルロース材料を加工すること；籾殻を含むリグノセルロース材料を加工すること；バガスを含むリグノセルロース材料を加工すること；綿を含むリグノセルロース材料を加工すること；ジュートをを含むリグノセルロース材料を加工すること；麻を含むリグノセルロース材料を加工すること；亜麻を含むリグノセルロース材料を加工すること；竹を含むリグノセルロース材料を加工すること；サイザルを含むリグノセルロース材料を加工すること；マニラ麻を含むリグノセルロース材料を加工すること；麦わらを含むリグノセルロース材料を加工すること；トウモロコシの穂軸を含むリグノセルロース材料を加工すること；トウモロコシの葉茎を含むリグノセルロース材料を加工すること；スイッチグラスを含むリグノセルロース材料を加工すること；アルファルファを含むリグノセルロース材料を加工すること；干し草を含むリグノセルロース材料を加工すること；ココナッツの毛を含むリグノセルロース材料を加工すること；海藻を含むリグノセルロース材料を加工すること；藻類を含むリグノセルロース材料を加工すること、を含むこともできる。

【0016】

本明細書に挙げられた、または添付された全ての発行物、特許出願、特許、および他の参考資料は、それらに含まれる全てに関してその全体が参照により本明細書に組み入れられる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】コジェネレーション工程の例を示す流れ図である。

【図2】原料変換工程におけるコジェネレーション施設への燃料の流れおよび様々なステップに戻されたエネルギーの流れを示す図式である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

詳細な説明

本明細書に記載されたシステム、設備および方法を利用して、バイオマス（例えば、植物バイオマス、動物バイオマス、紙、および自治体廃棄物バイオマス）を加工し、例えばコジェネレーションにより、有用な中間体、生成物およびエネルギーを生成することができる。

【0019】

熱電併給システム（CHP）としても公知であるコジェネレーションは、1つの燃料供給源から、または混焼の場合には複数の燃料供給源から電気および熱を同時に生成することである。幾つかのバイオマス加工法およびシステムが、McHale and Associates, Inc. によるBiomass Technology Review, October 21, 2010, pages 1 to 52、およびwww.epa.govのp30~61の、2013年2月27日にインターネットによりアクセスされたEPA Combined Heat and Power PartnershipによるBiomass Conversion Technologiesに記載されており、それらの開示全体は、付録に添付されることにより本明細書に組み入れられる。付録に添付されている、この文書に記載された任意の工程、設備またはシステムは、本明細書の任意の箇所に記載された任意の工程、設備またはシステム内で／任意の工程、設備またはシステムと共に用いることができる。例えばストーカボイラの下で燃焼されるストーカグレートは、糖化バイオマスを燃焼するのに用いることができる。

【0020】

図1に、コジェネレーション工程の例を示す。最初、ボイラ供給水10および燃料供給源20が、1つ以上のボイラ30に供給される。燃料供給源は、本明細書で議論された固体残渣を含み、場合により他の燃料、例えば天然ガス、原料変換工程により発生されたは廃ガス、および／または原料変換工程で用いられた原料の一部を含んでいてもよい。蒸気

が、ボイラから発生され、蒸気を例えば 500 p s i g および 650 ° F に過熱する 1 つ以上の過熱蒸気発生装置 40 に投入される。この蒸気は、その後、1 つ以上のタービン 50 に注入され、そこで円盤状または他のタービン要素を回し、その一方でシャフトを回転させて、機械的エネルギーを発生させる。この機械的エネルギーは、その後、発電機に投入され、そこで電気 70 に変換される。その間、タービンから排出されて冷却された蒸気は、まだ高温および高圧（例えば、80 p s i g および 310 ° F）であり、加熱または他の目的 60 で原料変換プラントで利用することができる。発電機からの電気エネルギー（例えば、4160 ボルトでの）は、トランスフォーマ、例えば 2 つのトランスフォーマに通され、そこでプラント 80 での使用が可能のように電圧を下げられ（例えば、480 ボルトへ）、そして／または送電網 90 への送出用に電圧を上げられる（例えば、113,000 ボルトへ）。

10

【0021】

1 つの実行によるコジェネレーション工程のこれらおよび他のステップの詳細を、ここに記載する。

【0022】

幾つかの実施形態において、用いられる材料は、乾燥される。原料変換工程の様々な段階から生じる固体残渣は、場合により、約 10 % ~ 50 % またはそれを超える水分量を有していてもよい。この比較的高い水分量が、ボイラの運転に影響を及ぼす可能性があり、ボイラ内のエネルギーの一部は水分の蒸発において消費され、こうしてボイラの温度および効率を低減する。このため幾つかの実行において、固体残渣は、燃焼される前に、例えば約 60 重量%未満（例えば、約 55 重量%未満、約 50 重量%未満、約 45 重量%未満、約 40 重量%未満、約 35 重量%未満、約 30 重量%未満、約 25 重量%未満、約 20 重量%未満、約 15 重量%未満、約 10 重量%未満、または約 5 重量%未満の水分量に乾燥される。

20

【0023】

幾つかの実行において、コジェネレーションシステムは、湿性残渣を加熱乾燥するのに用いられるスクリュース式乾燥機を備えている。例えば間接的熱交換器を用いて、嵩高のバイオマス固体、フィルターケーキ、ペーストおよび／またはスラッジを加熱してもよい。

【0024】

乾燥機は、例えば H o l l o w F l i t e スクリュー式乾燥機であってもよい。このタイプの乾燥機において、個々の粒子は、熱伝達材料、例えばサーマルオイルを含む中空のフライト、シャフトおよびトラフの外表面に接触するため、加熱される。乾燥されている材料は、熱伝達材料と接触しないため、汚染されない。スクリューフライトをジャケット付トラフに沿って回転させることにより、生成物が連続して軸方向に運搬される。乾燥機は、間接的熱交換を利用し、優れた生成物温度制御を提供する。熱伝達材料も再循環されることで、熱の損失を最小限に抑え、効率を上昇させる。熱伝達性流体を加熱するのに用いられる熱エネルギーは、好ましくはコジェネレーション工程により生成される電力により提供される。

30

【0025】

他の実行において、湿性残渣は、ボイラおよび加熱塔をはじめとする任意の場所からの熱を活用することにより、乾燥することができる。例えばボイラからの高温ガスまたは煙突からの熱を用いることができる（例えば、熱交換器を使用する）。

40

【0026】

先に記載された残渣の乾燥の追加または代わりとして、残渣を、乾燥バイオマスなどの乾燥剤と混和することができる。例えば乾燥バイオマスは、総平均水分量を調整するために、残渣よりも少ない水分量を有することができる。例えば乾燥バイオマスは、約 25 % 未満、20 %、15 %、10 %、5 % または約 1 % 未満の水分を有することができる。乾燥バイオマスは、例えば未加工のバイオマスおよび本明細書に記載された方法により加工された任意のバイオマス（例えば、破碎ステップから得られた微粉）を導入することから、供給することができる。例えば乾燥バイオマスは、本明細書に記載された加工から得ら

50

れた湿性残渣と共に混合することができ、混合物中の乾燥バイオマスの量は、少なくとも1重量%、少なくとも2重量%、少なくとも3重量%、少なくとも4重量%、少なくとも5重量%、少なくとも6重量%、少なくとも7重量%、少なくとも8重量%、少なくとも9重量%、少なくとも10重量%、少なくとも15重量%、少なくとも20重量%、または約20重量%～約30重量%である。例えば糖化バイオマスから得られた残渣を、非糖化バイオマスと混和することができる。微細なバイオマス材料は、約1mm未満（例えば、500μmまたは100μm）の中間粒径を有することができる。好ましくは乾燥剤は、湿性残渣よりも低い水分量を有する。

【0027】

場合により乾燥された材料は、ボイラの運転に運搬される。幾つかの実行において、固体残渣は、コンベヤを介してボイラに送達されるが、最初、残渣をボイラ室付近の貯蔵エリアに送達する。貯蔵エリアにおいて、バイオマスは、場合により他の未使用の生バイオマスとブレンドされ、その後、貯蔵ビンに負荷される。貯蔵ビンは、固体燃料をトラフチェーンコンベヤ（*through-chain conveyor*）に一定して輸送する水圧方式で駆動するプッシャープレートに嵌合されており、燃料をボイラの送込み区分に供給する。水圧式で駆動される送込みコンベヤは、燃料を調量「ダンプビン」に押出すプッシャープレートにも嵌合されている。調量ビンは、燃料をボイラ内の燃焼チャンバーに放出する。これらのダンプビンは、凝集性および低い流動性の可能性によりホッパーまたは他の典型的な供給技術を用いた供給が困難となり得る湿性残渣を送達する際に、有益である。

【0028】

燃料が燃焼チャンバーに入ると、バイオマスは酸素欠乏条件下で熱化学式燃焼工程に供され、高温（ $>1800^{\circ}\text{F}$ ）ガスの生成およびバイオマス分解に誘導される。バイオマス（例えば、糖化バイオマス）は、3500BTU/ポンドを超えて、例えば4000BTU/ポンド、4500BTU/ポンド、5000BTU/ポンド、6000BTU/ポンドを超えて、または7000BTU/ポンドを超えて製造することができる。バイオマスは、灰に変換される。バイオマスの灰量は、5重量%未満（例えば、約4重量%未満、約3重量%未満、約2.5重量%未満、約2.0重量%未満、約1.5重量%未満）であってもよい。糖化バイオマスの硫黄量は、約0.5%未満（例えば、約0.4%未満、0.3%、0.2%、0.1%、0.075%または約0.05%未満）であってもよい。得られた高温ガスは、ボイラ内の上部のドラムに移行し、そこで水が蒸気に蒸発される。蒸気はその後、過熱蒸気発生装置に通され、そこで高温の煙道ガスによりさらに加熱される。両方のボイラから得られた蒸気消費率は、500psigおよび650°Fで103,000PPH（ポンド/時間）になり得る。

【0029】

ボイラの適切な運転を維持するために、幾つかの実行において、各ボイラは、煙道ガスからの廃熱を全て捕捉するために、エコノマイザおよびレキュペレータに嵌合されている。エコノマイザは、ボイラ供給水を加熱した後、その水が上部ドラムに入り、そこで蒸気を連続供給するように水位が常に維持され；レキュペレータは、新鮮な空気を加熱し、その空気が押込送風機により供給されて、ボイラ内で燃焼を維持する。

【0030】

ボイラの供給水は、ボイラのペリメータの周辺の内部管を通り、上部ドラムと下部ドラムの間をさらに加熱されながら循環する。

【0031】

場合により、ボイラのブローダウンが実施されてもよく、その間に下部ドラムからの水が放出されて、新鮮なボイラ供給水と交換される。この操作が、手動または自動で実施されてもよく、その操作を利用して、補給水を通してボイラに入る、溶解された固体および粒子を除去する。

【0032】

溶解された固体が除去されなければ、それらは堆積され、最終的に濃度が、ボイラ運転

を不可能にするレベルに達する。加えて、固体がボイラから浄化されなければ、固体がスケール形成、持ち越し汚染、腐食、および／または脆化を招く可能性がある。

【0033】

幾つかの実施形態において、煙道ガスは、誘引通風により、過熱蒸気発生装置、エコノマイザ、およびレキュペレータから電気集塵装置に送られる。以下に議論される電気集塵装置は、煙道ガスから粒子材料を除去し、場合によりバグハウスよりも効果的になり得る。

【0034】

電気集塵装置は、6つの主な構成部分：放電極、回収電極、ラッパー、ホッパー、外殻、および電気系統を含む。

10

【0035】

放電極は、電荷、通常は負電荷をガス流れの汚染物質粒子に放出する。回収電極は、例えば管またはプレートであってもよく、電荷を帯びた粒子を回収し、放電極の電荷と反対の電荷を有し、粒子を放電極に向かって移動させる。

【0036】

粒子は、回収電極および放電極の両方に振動または衝撃をもたらすラッパーにより電極から除去され、ラッパーは粒子をホッパーに投入して、そこで一時的に貯蔵する。

【0037】

外殻は、電極を封入しており、集塵装置の構成部分を支持している。外殻は、絶縁体で覆われていて、熱を保持し腐食を予防する。外殻は、スチールで作製されている。

20

【0038】

電気系統は、トランスフォーマレクチファイアとも呼ばれ、放電極と回収電極の間の電場強度を制御する。電気系統は、標準電流480ボルトを使用し、それを70,000ボルトもの高電圧に上昇させる。電気系統のレクチファイア部分は、電流を交流電流から直流電流に変換する。

【0039】

電気集塵機を出た煙道ガスは、粒子を含まない、または実質的に含まないが、NO_x化合物を含む可能性はある。NO_xは、窒素酸化物（例えば、NOおよびNO₂）の総称である。これらの酸化物は、燃焼、特に高温での燃焼の間に生成される。NO_xの除去技術は、例外なく選択触媒還元（SCR）技術により利用される。NO_x還元工程は、触媒の存在下で煙道ガス流れにアンモニア（NH₃）を注入し、そこでNO_xがNH₃と選択的に反応して、窒素（N₂）および水（H₂O）に変換されることを含む。主な反応は、以下の通り表される：

30



【0040】

煙道ガスは、その後、連続監視装置（CEM）を通過した後、大気に放出される。CEMは、燃焼または工業的工程から生じた排ガスに入って大気に放出される汚染物質の連続測定技術である。EPAは、酸性雨プログラムの下で規制された施設のために、SO₂、流量、NO_x、希釈ガス、および濁度の連続モニタリングに関する要件を確定した。加えてCEMは、指定されたSO₂およびNO_x還元の手順に確実に従う上での手段になる。CEMによりモニタリングされた後、排ガスはその後、300°F～400°F範囲内の温度の排出塔を通して大気に出ることができる。

40

【0041】

500 psigおよび650°Fの高圧蒸気は、100,000 PPHの速度で抽気復水蒸気タービンに供給される。高圧蒸気が、タービンディスクまたはブレードを通過すると、蒸気はその後、原料変換プラントでの使用のために、80 psig飽和蒸気で抽気される。復水サイクルにおいて、蒸気はタービンを離れて、復水器に向かって流れ、そこで水に再変換されて、ホットウェルに、そしてその後、供給水としてボイラに向かう。

【0042】

その間、蒸気のエネルギーが、タービンのシャフトを回転させて、発電機を駆動する。

50

発生する潜在的電力は、例えば約 4～7 メガワットになり得る。

【0043】

発電機は、電磁誘導の原理で作動し、2つの電線または電気伝導体の間の電位差を生成し、その一方で電荷を流し、こうして電流を発生させる。

【0044】

電流は、無停電電源により支援される発電所開閉装置に供給され、電流のおよそ 4000 ボルトは、原料変換プラントでの使用のためにトランスフォーマを通して 480 ボルトに降下される。4000 ボルトでの過剰な電流は、送電網への送出的のためにトランスフォーマを介して 113, 000 V に増加される。

【0045】

コジェネレーション施設 200 への燃料（例えば、様々な工程からの残渣、共生成物、不純物）の流れおよびこれらの燃料から発生したエネルギーから原料変換工程への流れの例を、図 2 に示す。図には、様々な工程を包囲するコジェネレーションプラント 200（例えば、より大きなバイオプロセッシングプランの一部）が示されている。両方向の矢印は、コジェネレーションプラントから様々な工程へのエネルギーの移動、および工程からコジェネレーションプラントまでの材料の移動を示す。片側方向の矢印は、バイオマス加工プラントでの工程に可能な流れを示す。

【0046】

バイオマスの加工において、破碎ステップが、有利になる場合があり、バイオマス変換プラントでの最初のステップになり得る。例えば本明細書で議論された機械的処理の 1 つ以上での、バイオマスの破碎 210 は、微粒子を生じて続く加工ステップにおける工程を困難にする可能性がある。これらの微粉を廃棄するのではなく、むしろこれらを例えば乾燥剤として、コジェネレーション工程に投入することができる。破碎は、かなりのエネルギー投入も必要となり、その一部または全てが、コジェネレーション工程から得ることができる。

【0047】

他の前加工ステップ、例えばバイオマス材料の難分解性を低下させるのに用いられるステップ 220 は、一次工程（例えば、工程 1、230 または工程 2、240）に使用できないがコジェネレーション工程に投入することができる残渣も生成し得る。例えば前加工は、リグニン、前加工により悪影響（例えば、分解、毒物生成、汚染）を受けた原料、および／または微粉（例えば、空気式／振動式運搬の間に生成され、バグハウスまたは他のふるい分けにより回収される）を生成する可能性がある。前加工は、エネルギー、例えば蒸気熱および／または電気（例えば、照射設備および運搬設備などの様々な電源）も必要となる。

【0048】

一次工程 1、230（例えば、糖化）は、例えばリグニン、無機質、タンパク質、脂肪、酵素、変性酵素、および他の成分を含む、固体残渣がかなりの量生成する。これらの残渣、またはこれらの残渣の部分集合もしくは一部は、例えば動物、植物または有機体のための飼料または栄養素として用いられることに加えて、コジェネレーション工程に投入することができる。コジェネレーション工程から生じたエネルギーは、糖化工程で用いることができる。例えば抵抗過熱から発生した蒸気または熱を用いて、糖化の際の糖化混合物の所望の温度を維持することができる。そのエネルギーを、例えばジェットミキサーおよび／または本明細書に記載された他のミキサーを用いた、機械的混合に用いることもできる。

【0049】

一次工程 2、240（例えば、発酵）により、例えば糖化残渣中に見出される材料に加えて、酵母細胞、細菌細胞、真菌細胞またはこれらの細胞の混合物を含む固体残渣が発生する。例えば動物および有機体のための栄養素としての使用に加えて、残渣をコジェネレーション工程に投入し、エネルギーを所望の発酵温度の維持に用いることができる。

【0050】

先に記載された通り糖化され、場合により発酵されたバイオマス材料は、乾量基準で 35 重量%未満、例えば 33 重量%未満、30、25、20、18、16、14、12、10 または 8 重量%未満の炭水化物を含むことができる。炭水化物を含まないバイオマスは、高い熱量を有する可能性がある。例えば以下に記載される通り、乾性リグニンは、ホロセルロースの 7,000、8,000 BTU/ポンドに比較して、約 11,000~12,500 BTU/ポンドのエネルギー量を有することができる。

【0051】

生成物および／または中間体の単離／濃縮および／または精製 250 をはじめとする更なる工程は、コジェネレーションプラント用の燃料として使用され得る副産物（例えば、廃棄物）を発生することもできる。例えば蒸留、濾過および遠心分離（例えば、デカンタ型遠心分離、連続遠心分離）などのステップは全て、高エネルギー量を有する固体を発生する可能性がある。これらの工程は、コジェネレーションプラントから取り出され得るエネルギー、例えば蒸留のための加熱および遠心分離のための電気も必要とする。

10

【0052】

後加工 260（例えば、包装、流通および／または貯蔵）は、様々な工程でエネルギーを必要とする。例えば電気は、包装設備、運搬機器（例えば、流通用）、および気候制御（例えば、貯蔵用）に必要となる場合がある。これらの工程は、コジェネレーションプラントに燃料供給するための寄与物質（contribution）として用いられ得る一部の廃棄物、例えば有効期限切れ製品、包装廃棄物を発生する場合もある。

【0053】

単離された固体／残渣は、例えばセライトなどの珪藻土、シリカガラス、火山性の非晶質ガラス、パーライトなどのガラス、セルロースもしくはリグノセルロース材料、シリカ、アルミナ、ゼオライト、砂、またはこれらの濾過助剤のいずれかの混合物をはじめとする無機材料を含むことができる。例えば糖化、発酵および／または蒸留の後の固体残渣を除去するためにロータリー真空ドラム式濾過（RVDF）の間に用いられる濾過助剤。

20

【0054】

例えば既に先に議論された実施形態、または他の実施形態により、用いられ得る原料を処理するための工程の幾つかの更なる詳細および反復を、以下の開示に記載する。特に本明細書に議論された残渣は、例えば以下の区分に記載される原料処理ステップおよび加工ステップの結果として、発生させることができる。

30

【0055】

原料を処理するシステム

先に議論された方法が用いられ得る（例えば、コジェネレーションの原料が製造され得る、そして／またはコジェネレーションにより生成されたエネルギーが用いられ得る）原料を砂糖および他の製品に変換する工程は、例えばこの処理の前および／または後にサイズを減少させるために、原料を場合により物理的に前処理すること、難分解性を低下させるために原料を場合により処理すること（例えば、照射による）、および原料を糖化して糖溶液を形成すること、を含むことができる。糖化は、以下に詳細に議論される通り、液体媒体、例えば水の中の原料の分散体を酵素と混合することにより実施することができる。糖化の間または糖化の後、混合物（糖化が配送途中で部分的または完全に実施される場合）また溶液を、例えばパイプライン、鉄道車両、トラックまたはバージにより、製造プラントに運搬することができる。プラントでは、溶液をバイオプロセッシング、例えば発酵することができ、所望の生成物または中間体を生成し、その後、例えば蒸留によりさらに加工することができる。個々の加工ステップ、用いられた材料、ならびに形成され得る製品および中間体の例を、以下に詳細に記載する。

40

【0056】

照射処理

原料は、照射により処理されて、難分解性を低下させるように構造を改良することができる。そのような処理は、例えば原料の平均分子量を低下させ、原料の結晶構造を変化させ、そして／または原料の表面積および／もしくは多孔性を増加させることができる。照

50

射は、例えば電子ビーム、イオンビーム、100nm～280nmの紫外（UV）線、 γ 線またはX線照射であってもよい。照射処理および処理用システムは、米国特許第8,142,620号および米国特許出願第12/417,731号で議論されており、それらの開示全体は、参照により本明細書に組み入れられる。

【0057】

照射の各形態は、照射エネルギーにより決定される特定の相互作用を介してバイオマスをイオン化する。重荷電粒子は、主にクーロン散乱を介して物体をイオン化し、さらにこれらの相互作用が、物体をさらにイオン化し得るエネルギー電子を生成する。 α 粒子は、ヘリウム原子の核と同一であり、様々な放射性核種、例えばビスマス、ポロニウム、アスタチン、ラドン、フランシウム、ラジウム、複数のアクチニド系列、例えばアクチニウム、トリウム、ウラン、ネプツニウム、キュリウム、カリホルニウム、アメリシウム、およびプルトニウムの同位体の α 崩壊により生じる。電子は、電子の速度変化により生じたクーロン散乱および制動放射を介して相互作用する。

【0058】

粒子が用いられる場合、それらは、中性（非電荷）、正電荷または負電荷であってもよい。電荷を帯びている場合、荷電粒子は、単一の正もしくは負電荷、または多重電荷、例えば1、2、3、もしくは4つ以上の電荷を帯びることができる。炭水化物含有材料の分子構造を変化させるために分子鎖切断が望ましい場合には、酸性であることを一部の理由として、正の電荷を帯びた粒子が望ましい場合がある。粒子が用いられる場合、粒子は、静止電子の質量、またはそれを超える、例えば静止電子の質量の500、1000、1500、または2000倍またはそれを超える質量を有することができる。例えば該粒子は、約1原子単位～約150原子単位、例えば約1原子単位～約50原子単位、または約1原子単位～約25原子単位、例えば1、2、3、4、5、10、12、または15原子単位の質量を有することができる。

【0059】

γ 線は、試料中の様々な材料への顕著な浸透深さという利点を有する。

【0060】

照射が電磁放射線で実施される実施形態において、電磁放射線は、例えば 10^2 eVを超える、例えば 10^3 eVを超える、 10^4 、 10^5 、 10^6 、または 10^7 eVを超える光子あたりのエネルギー（電子ボルトで）を有することができる。幾つかの実施形態において、電磁放射線は、 $10^4 \sim 10^7$ 、例えば $10^5 \sim 10^6$ eVの光子あたりのエネルギーを有することができる。電磁放射線は、例えば 10^{16} Hzを超える、 10^{17} Hzを超える、 10^{18} Hz、 10^{19} Hz、 10^{20} Hz、または 10^{21} Hzを超える周波数を有することができる。幾つかの実施形態において、電磁放射線は、 $10^{18} \sim 10^{22}$ Hz、例えば $10^{19} \sim 10^{21}$ Hzの周波数を有する。

【0061】

電子衝撃は、10 MeV未満、例えば7 MeV未満、5 MeV未満、または2 MeV未満、例えば約0.5～1.5 MeV、約0.8～1.8 MeV、または約0.7～1 MeVの公称エネルギーを有する電子ビームデバイスを用いて実施されてもよい。幾つかの実行において、公称エネルギーは、約500～800 keVである。

【0062】

電子ビームは、比較的高い総ビーム出力（全ての加速ヘッドのビーム出力を合せたもの、または複数の加速器が用いられる場合には、全ての加速器および全てのヘッドのビーム出力を合せたもの）、例えば少なくとも25 kW、例えば少なくとも30、40、50、60、65、70、80、100、125、または150 kWを有していてもよい。幾つかの例において、該出力は、500 kW、750 kW、または1000 kW以上にも上る。幾つかの例において、電子ビームは、1200 kW以上、例えば1400、1600、1800、または3000 kWのビーム出力を有する。

【0063】

この高い総ビーム出力は、通常、複数の加速ヘッドを用いることにより実現される。例

10

20

30

40

50

えば電子ビームデバイスは、2、4、またはそれを超える加速ヘッドを含んでいてもよい。それぞれが比較的低いビーム出力を有するヘッドを複数使用することで、材料の過剰な温度上昇が予防され、それにより材料の燃焼が予防され、材料の層の厚さを通る線量の均一性も上昇する。

【0064】

バイオマス材料のベッドが比較的均一な厚さを有することが、一般には好ましい。幾つかの実施形態において、厚さは、約1インチ未満（例えば、約0.75インチ未満、約0.5インチ未満、約0.25インチ未満、約0.1インチ未満、約0.1～1インチ、0.2～0.3インチ）である。

【0065】

可能な限り急速に材料を処理することが、望ましい。一般には、処理が0.25 Mrad/秒を超える線量率、例えば約0.5、0.75、1、1.5、2、5、7、10、12、15、または約20 Mrad/秒を超える、例えば約0.25～2 Mrad/秒の線量率で実施されることが好ましい。より高い線量率により、目的の（所望の）線量を得るためのより高い処理能力が可能になる。より高い線量率は、一般に、材料の熱分解を回避するためにより高いライン速度を必要とする。1つの実行において、加速器は、3 MeV、50 mA ビーム電流に設定され、ライン速度は、約20 mmの試料厚さ（例えば、嵩密度0.5 g/cm³の破碎されたトウモロコシの穂軸材料）の場合24 フィート/分である。

【0066】

幾つかの実施形態において、電子衝撃は、材料が少なくとも0.1 Mrad、0.25 Mrad、1 Mrad、5 Mrad、例えば少なくとも10、20、30または少なくとも40 Mradの総線量を受けるまでに、実施される。幾つかの実施形態において、処理は、材料が約10 Mrad～約50 Mrad、例えば約20 Mrad～約40 Mrad、または約25 Mrad～約30 Mradの線量を受けるまでに実施される。幾つかの実行において、25～35 Mradの総線量が好ましく、それが理想的には数回のパスであてられ、例えば5 Mrad/パスで、各パスが約1秒であてられる。冷却スクリュウコンベヤおよび/または冷却された振動コンベヤを利用することにより、冷却の方法、システムおよび設備を、照射前、照射間、照射後および照射と照射の間に利用することができる。

【0067】

先に議論された複数のヘッドを用いることにより、材料を複数のパスで、例えば10～20 Mrad/パス、例えば12～18 Mrad/パスを、数秒間冷却することで間を開けて2パス、または7～12 Mrad/パス、例えば5～20 Mrad/パス、10～40 Mrad/パス、9～11 Mrad/パスで3パス処理することができる。本明細書に議論された通り、1回の高線量よりもむしろ複数回の比較的低い線量で材料を処理することで、材料の過熱を防ぐ傾向があり、材料の厚さを通る線量均一性が上昇する。幾つかの実行において、材料は、各パスの間または後に攪拌されるか、さもなければ混合され、その後、次のパスの前に再度、均一層に平滑化されることで、処理の均一性が高まる。

【0068】

幾つかの実施形態において、電子は、例えば光速の75%よりも大きな速度、例えば光速の85、90、95、または99%を超える速度で加速される。

【0069】

幾つかの実施形態において、本明細書に記載された任意の加工は、例えば熱および/または減圧を利用して、得られた乾燥を維持した、または乾燥されたリグノセルロース材料で行われる。例えば幾つかの実施形態において、セルロース材料および/またはリグノセルロース材料は、25℃および50%の相対湿度で測定して約25重量%未満（例えば、約20重量%未満、約15重量%未満、約14重量%未満、約13重量%未満、約12重量%未満、約10重量%未満、約9重量%未満、約8重量%未満、約7重量%未満、約6重量%未満、約5重量%未満、約4重量%未満、約3重量%未満、約2重量%未満、約1重量%未満、または約0.5重量%未満）の保留水を有する。

【0070】

幾つかの実施形態において、2つ以上のイオン源、例えば2つ以上の電子源を用いることができる。例えば試料は、任意の順序で電子ビームで、続いて γ 線および約100nm～約280nmの波長を有するUV光で処理することができる。幾つかの実施形態において、試料は、3つの電離放射線源、例えば電子ビーム、 γ 線、およびエネルギー性の紫外光で処理される。バイオマスは、処理ゾーンを通して運搬され、そのゾーンで電子衝撃され得る。

【0071】

処理を繰り返して、バイオマスの難分解性をより徹底して低下させることおよび／またはバイオマスをさらに改良することが、有利となり得る。特に工程のパラメータを、材料の難分解性に応じて、最初の（例えば、2番目、3番目、4番目またはそれより後の）パスの後に調整することができる。幾つかの実施形態において、バイオマスが先に記載された様々な工程を通して複数回運搬される循環システムを含むコンベヤを、用いることができる。幾つかの他の実施形態において、多重処理デバイス（例えば、電子ビーム発生機）を用いて、バイオマスを複数回（例えば2、3、4回またはそれを超える回数）処理する。さらに別の実施形態において、1つの電子ビーム発生機が、バイオマスの処理に用いられ得る多重ビーム（例えば、2、3、4またはそれを超えるビーム）の供給源であってもよい。

【0072】

分子／超分子構造を変化させること、および／または炭水化物含有バイオマスの難分解性を低下させることにおける有効性は、用いられる電子エネルギーおよびあてられる線量に依存するが、暴露時間は、出力および線量に依存する。幾つかの実施形態において、線量率および総線量は、バイオマス材料を破壊しない（例えば、焦がさないまたは燃やさない）ように調整される。例えば炭水化物は、例えば単量体の糖として、バイオマスから無傷で放出され得るように、加工の際に損傷させてはならない。

【0073】

幾つかの実施形態において、処理（任意の電子源または電子源の組み合わせでの）は、材料が少なくとも約0.05Mrad、例えば少なくとも約0.1、0.25、0.5、0.75、1.0、2.5、5.0、7.5、10.0、15、20、25、30、40、50、60、70、80、90、100、125、150、175または200Mradの線量を受けるまで実施される。幾つかの実施形態において、処理は、材料が0.1～100Mrad、1～200、5～200、10～200、5～150、50～150Mrad、5～100、5～50、5～40、10～50、10～75、15～50、20～35Mradの線量を受けるまで実施される。

【0074】

幾つかの実施形態において、比較的低い線量の放射線が、例えばセルロースまたはリグノセルロース材料の分子量を増加させるために、用いられる（本明細書に記載された任意の放射線源または線源の組み合わせによる）。例えば、少なくとも約0.05Mrad、例えば少なくとも約0.1Mradまたは少なくとも約0.25、0.5、0.75、1.0、1.5、2.0、2.5、3.0、3.5、4.0または少なくとも約5.0Mradの線量。幾つかの実施形態において、照射は、材料が0.1Mrad～2.0Mrad、例えば0.5rad～4.0Mradまたは1.0Mrad～3.0Mradの線量を受けるまで、実施される。

【0075】

材料への放射線の所望の透過度を実現するために、複数の方向から同時に、または連続して照射されることも望ましくなり得る。例えば木材などの材料の密度および水分量、ならびに用いられる放射線源のタイプ（例えば、 γ 線または電子ビーム）に応じて、材料への放射線の最大透過は、わずか約0.75インチであってもよい。そのような場合、最初に一方の側から材料を照射し、その後材料を回して他の側から照射することにより、より厚い区分（最大1.5インチ）を照射することができる。複数の方向からの照射は、 γ 線

10

20

30

40

50

よりも急速に照射するが大きな浸透深さに達しない電子ビーム線では、特に有用となり得る。

【0076】

放射線不透過性材料

本発明は、放射線不透過性材料を用いて構築される保管庫および／または燃料庫内で材料を加工することを含むことができる（例えば、加工ステップの幾つかのため）。幾つかの実行において、放射線不透過性材料は、多くの材料を透過し得る高エネルギーのX線の成分を遮蔽し得るように選択される。放射線遮蔽格納庫を設計する際の1つの重要な因子は、用いられる材料の減衰長であり、それは特定の材料、材料のブレンド、または層構造に必要となる厚さを決定する。減衰長は、放射線を入射放射線のおよそ $1/e$ （ e ＝オイラー数）倍に減少させる透過距離である。事実上全ての材料が放射線不透過であるが、十分に厚ければ、高いZ値（原子数）を有する元素の高組成率（例えば、密度）を含む材料は、より短い放射線減衰長を有し、つまりそのような材料がより薄く用いられれば、より軽い遮蔽が提供され得る。放射線遮蔽において用いられる高Z値の材料の例が、タンタルおよび鉛である。放射線遮蔽における別の重要なパラメータが、半量距離であり、それは、 γ 線強度を50%低下させる特定材料の厚さである。0.1 MeVのエネルギーのX線照射の例として、半量厚さはコンクリートでは約15.1 mmであり、鉛では約2.7 mmであるが、1 MeVのX線エネルギーでは、コンクリートの半量厚さは、約44.45 mmであり、鉛では約7.9 mmである。放射線不透過性材料は、別の側に通過する放射線を減少させ得る限りは、厚い材料または薄い材料であってもよい。つまり、特定の格納庫が、例えば軽量にするため、またはサイズの制約のため、薄い壁厚を有することが望ましい場合、半量長さが格納庫の所望の壁厚以下になるように、選択された材料が、十分なZ値および／または減衰長を有さなければならない。

【0077】

幾つかの例において、放射線不透過性材料は、良好な遮蔽を提供するために、例えばより高Z値の材料の層を有する層状材料、および他の特性（例えば、構造完全性、衝突抵抗性など）を提供するためにより低Z値の材料の層を有する層状材料であってもよい。幾つかの例において、層材料は、高い原子番号の元素から連続的に低い原子番号の元素に続く勾配を作る積層体を含む、「原子番号の傾斜のある」積層体であってもよい。幾つかの例において、放射線不透過性材料は、インターロックしたブロックであってもよく、例えば鉛および／またはコンクリートのブロックは、NELCO Worldwide（マサチューセッツ州バーリントン所在）により供給することができ、再構成可能な保管庫を用いることができる。

【0078】

放射線不透過性材料は、入射放射線に比較して、少なくとも約10%（例えば、少なくとも約20%、少なくとも約30%、少なくとも約40%、少なくとも約50%、少なくとも約60%、少なくとも約70%、少なくとも約80%、少なくとも約90%、少なくとも約95%、少なくとも約96%、少なくとも約97%、少なくとも約98%、少なくとも約99%、少なくとも約99.9%、少なくとも約99.99%、少なくとも約99.999%）の材料で形成された構造（例えば、壁、ドア、天井、格納庫、これらの連続またはこれらの組み合わせ）を通過する放射線を減少させることができる。それゆえ放射線不透過性材料で作製された格納庫は、同じ量の設備／システム／構成部分の暴露を減少させることができる。放射線不透過性材料としては、ステンレス鋼、原子番号が約25の金属（例えば、鉛、鉄）、コンクリート、泥土、砂およびそれらの組合せを挙げることができる。放射線不透過性材料は、少なくとも約1 mm（例えば、5 mm、10 mm、5 cm、10 cm、100 cm、1 m、10 m）の入射放射線の方向にバリアを含むことができる。

【0079】

放射線源

放射線のタイプが、用いられる放射線源の種類に加え、放射線デバイスおよび関連の設

備を決定する。例えば材料を放射線で処理するための、本明細書に記載された方法、システムおよび設備は、本明細書に記載された線源に加え、任意の他の有用な線源を用いることができる。

【0080】

γ 線源としては、コバルト、カルシウム、テクネチウム、クロム、ガリウム、インジウム、ヨウ素、鉄、クリプトン、サマリウム、セレン、ナトリウム、タリウム、およびキセノンの同位体などの放射線核種が挙げられる。

【0081】

X線源としては、タングステンまたはモリブデンまたは合金などの金属ターゲットを有する得電子ビーム衝突、L y c e a nから営利目的で製造されるものなどのコンパクトな光源が挙げられる。

10

【0082】

α 粒子は、ヘリウム原子の核と同一であり、様々な放射性核種、例えばビスマス、ポロニウム、アスタチン、ラドン、フランシウム、ラジウム、複数のアクチニド系列、例えばアクチニウム、トリウム、ウラン、ネプツニウム、クリウム、カリホルニウム、アメリシウム、およびプルトニウムなどの α 崩壊により生成される。

【0083】

紫外線の供給源としては、ジューテリウムまたはカドミウムランプが挙げられる。

【0084】

赤外線供給源としては、サファイア、亜鉛、またはセレン化物の窓を含むセラミックランプが挙げられる。

20

【0085】

マイクロ波の供給源としては、クリストロン、S l e v i n型RF源、または水素、酸素、もしくは窒素ガスを用いた原子ビーム供給源が挙げられる。

【0086】

粒子（例えば、電子またはイオン）を加速するのに用いられる加速器は、DC（例えば、静電式DC（e l e c t r o s t a t i c DC）または電気力学的DC（e l e c t r o d y n a m i c DC））、RFリニア、磁気誘導リニアまたは連続波であってもよい。例えば、フィールドイオン化源、静電気イオン分離器、フィールドイオン化発生装置、熱電子放出源、マイクロ波放電式イオン源、再循環または静電加速器、電気力学的直線型加速器、ファンデグラフ加速器、コッククロフトワトソン加速器（例えば、P E L L E T R O N（登録商標）加速器）、L I N A C S、D y n a m i t r o n s（例えば、P E L L E T R O N（登録商標）加速器）、（例えば、D Y N A M I T R O N（登録商標）加速器）、サイクロトロン、シンクロトロン、ベータトロン、変圧器型加速器、マイクロトロン、プラズマ発生装置、カスケード加速器および折り返しタンデム型加速器をはじめとする様々な照射デバイスを、本明細書に開示された方法で用いることができる。例えばサイクロトロン型加速器は、R H O D O T R O N（商標）システムなど、ベルギーのI B Aから入手でき、DC型加速器は、D Y N A M I T R O N（登録商標）など、R D I、現在のI B A I n d u s t r i a lから入手できる。他の適切な可塑性システムとしては、例えば日本の日新ハイボルテージから入手できる絶縁鉄心変圧器（I C T）型システム；L 3 - P S D（USA）、L i n a c S y s t e m s（フランス）、M e v e x（カナダ）および三菱重工業（日本）から入手できるS - バンドL I N A C；I o t r o n I n d u s t r i e s（カナダ）から入手できるL - バンドL I N A C；ならびにB u d k e r L a b o r a t o r i e s（ロシア）から入手できるI L U型加速器が挙げられる。イオンおよびイオン加速器は、I n t r o d u c t o r y N u c l e a r P h y s i c s, K e n n e t h S. K r a n e, J o h n W i l e y & S o n s, I n c.（1988）、K r s t o P r e l e c, F I Z I K A B 6（1997）4, 177-206、C h u, W i l l i a m T., “O v e r v i e w o f L i g h t - I o n B e a m T h e r a p y”, C o l u m b u s - O h i o, I C R U - I A E A M e e t i n g, 18-20 M a r c h 2

30

40

50

006、Iwata, Y. et al., "Alternating-Phase-Focused IH-DTL for Heavy-Ion Medical Accelerators", Proceedings of EPAC 2006, Edinburgh, Scotland、およびLeitner, C. M. et al., "Status of the Superconducting ECR Ion Source Venus", Proceedings of EPAC 2000, Vienna, Austriaに議論されている。幾つかの粒子加速器およびその使用は、例えばMedoffへの米国特許第7, 931, 784号に開示されており、その開示全てが、参照により本明細書に組み入れられる。

【0087】

電子は、 β 崩壊を受ける放射性核種、例えばヨウ素、セリウム、テクネチウムおよびリジウムにより生成されてもよい。あるいは電子銃を、熱イオン放出を介して電子源として用い、加速電位を通して加速することができる。電子銃は電子を発生し、その電子をその後、大きな電位（例えば、約500000ボルトを超える、約1000000ボルトを超える、約2000000ボルトを超える、約5000000ボルトを超える、約6000000ボルトを超える、約7000000ボルトを超える、約8000000ボルトを超える、約9000000ボルトを超える、または約10000000ボルトを超える）を通して加速し、その後、X-Y平面内で磁氣的に走査し、そこで最初、電子をZ方向に加速管の下へ加速し、窓箔を通して抽出する。電子ビームを走査することは、操作ビームを通して運搬される材料、例えばバイオマス照射する際に、照射表面を増加させるのに有用である。電子ビームを走査することは、熱負荷も窓上で均一に分布させ、電子ビームによる部分的加熱により窓箔の破裂の低減を支援する。窓箔の破裂は、その後必要となる電子銃を修復および再始動するためのかなりの中断時間の原因となる。

【0088】

フィールドイオン化源、静電気イオン分離器、フィールドイオン化発生装置、熱電子放出源、マイクロ波放電式イオン源、再循環または静電加速器、力学的直線型加速器、ファンデグラフ加速器および折り返しタンデム型加速器をはじめとする様々な他の照射デバイスを、本明細書に開示された方法で用いてもよい。そのようなデバイスは、例えばMedoffの米国特許第7, 931, 784号に開示されており、その開示全てが、参照により本明細書に組み入れられる。

【0089】

電子ビームを、放射線源として用いることができる。電子ビームは、高線量率（例えば、1、5、または10Mrad/秒）、高処理能力、少ない閉じ込め、および少ない封じ込め設備の利点を有する。電子ビームは、高い電気効率（例えば、80%）も有することができる。他の放射線方法に比較して低いエネルギー使用が可能で、言い換えれば用いられる少量のエネルギーに対応して低い運転コストおよび低い温室ガス放出に変えることができる。電子ビームは、例えば静電発電機、カスケードジェネレータ、トランスジェネレータ、走査システムを有する低エネルギー加速器、リニアカソードを有する低エネルギー加速器、リニア型加速器、およびパルス加速器により発生させることができる。

【0090】

電子は、例えば分子鎖切断機構により、炭水化物含有材料の分子構造に変化を起こす際により効率的になり得る。加えて、0.5~10MeVのエネルギーを有する電子は、本明細書に記載されたバイオマス材料などの低密度材料、例えば嵩密度0.5g/cm³未満および深さ0.3~10cmを有する材料を透過することができる。電離放射源としての電子は、例えば材料の比較的薄い、例えば約0.5インチ未満、例えば約0.4インチ未満、0.3インチ、0.25インチ、または約0.1インチ未満の堆積、層またはベッドの場合に有用となり得る。幾つかの実施形態において、電子ビームの各電子のエネルギーは、約0.3MeV~約2.0MeV（100万電子ボルト）、例えば約0.5MeV~約1.5MeV、または約0.7MeV~約1.25MeVである。材料を照射する方法は、2011年10月18日出願の米国特許出願公開第2012/0100577 A

10

20

30

40

50

1号に開示されており、その開示全体が、参照により本明細書に組み入れられる。

【0091】

電子ビーム照射デバイスは、商業的に入手してもよく、または構築されてもよい。例えばインダクター、キャパシター、ケーシング、電源、ケーブル、配線、電圧制御システム、電流制御要素、絶縁材料、マイクロコントローラー、および冷却設備などの要素または構成部分を購入して、デバイスに組み立てることができる。場合により市販のデバイスを、改良および／または適合させてもよい。例えばデバイスおよび構成部分は、Ion Beam Applications (Louvain-la-Neuve、ベルギー所在)、Wasik Associates Inc. (マサチューセッツ州ドレーカット)、NHVコーポレーション(日本)、the Titan Corporation (カリフォルニア州サンディエゴ所在)、Vivirad High Voltage Corp (マサチューセッツ州ビレリカ所在)、および／またはBudker Laboratories (ロシア)をはじめとする本明細書に記載された市販の供給業者のいずれかから購入することができる。典型的な電子エネルギーは、0.5 MeV、1 MeV、2 MeV、4.5 MeV、7.5 MeV、または10 MeVであってもよい。典型的な電子ビーム照射デバイスの電力は、1 kW、5 kW、10 kW、20 kW、50 kW、60 kW、70 kW、80 kW、90 kW、100 kW、125 kW、150 kW、175 kW、200 kW、250 kW、300 kW、350 kW、400 kW、450 kW、500 kW、600 kW、700 kW、800 kW、900 kWまたは1000 kWであってもよい。用いられ得る加速器としては、NHV照射装置の中エネルギーシリーズEPS-500 (例えば、500 kV加速電圧および65、100または150 mAビーム電流)、EPS-800 (例えば、800 kV加速電圧および65または100 mAビーム電流)、またはEPS-1000 (例えば、1000 kV加速電圧および65または100 mAビーム電流)が挙げられる。同じくNHVの高エネルギーシリーズの加速器、例えばEPS-1500 (例えば、1500 kV加速電圧および65 mAビーム電流)、EPS-2000 (例えば、2000 kV加速電圧および50 mAビーム電流)、EPS-3000 (例えば、3000 kV加速電圧および50 mAビーム電流)およびEPS-5000 (例えば、5000 kV加速電圧および30 mAビーム電流)を用いることができる。

【0092】

電子ビーム照射デバイスの電力仕様を考慮する上でのトレードオフとしては、運転コスト、資本コスト、減価償却、およびデバイスの設置面積が挙げられる。電子ビーム照射の暴露線量レベルを考慮する上でのトレードオフは、エネルギーコスト、ならびに環境、安全、および健康(ESH)の問題であろう。典型的には発生機は、特にこの工程で発生されるX線からの生成では、例えば鉛またはコンクリートの、保管庫に収容されている。電子エネルギーを考慮する上でのトレードオフとしては、エネルギーコストを包含する。

【0093】

電子ビーム照射デバイスは、固定ビームまたは走査ビームのいずれかを生成することができる。走査ビームは、大きな固定ビーム幅を効果的に交換するため、長い走査・掃引および高い走査速度が有利となり得る。さらに0.5 m、1 m、2 mまたはそれを超える、入手可能な掃引幅が、利用可能である。走査ビームは、より大きな走査幅であること、ならびに部分的加熱および窓が不能になる可能性が低いことから、本明細書に記載されたほとんどの実施形態において好ましい。

【0094】

電子銃 — 窓

電子加速器の抽出システムは、2つの窓箔を含むことができる。2つの窓箔抽出システムの冷却ガスは、パージガスまたは混合物、例えば空気、または純粋な気体であってもよい。一実施形態において、ガスは、窒素、アルゴン、ヘリウムおよび／または二酸化炭素などの不活性ガスである。電子ビームへのエネルギー損失が最小限に抑えられることから、液体よりもむしろ気体を用いることが好ましい。窓上または窓の間の空間に衝突する前にラインで予備混合または混合されたパージガスの混合物を用いることもできる。例えば

熱交換システム（例えば、冷凍装置）を使用すること、および／または凝縮ガス（例えば、液体窒素、液体ヘリウム）からのボイルオフを使用することにより、冷却ガスを冷却することができる。窓箔は、2013年10月10日出願のPCT/US2013/64332号に記載されており、それらの開示全体が、参照により本明細書に組み入れられる。

【0095】

放射線処理の間の加熱および処理能力

電子ビームからの電子が非弾性衝突のものと相互作用する場合、複数の工程が、バイオマス中で起こる可能性がある。例えば材料のイオン化、材料中のポリマーの分子鎖切断、材料中のポリマーの架橋、材料の酸化、X線（ブルースシュトゥールンク）の発生および分子の振動励起（例えば、光子発生）。特定の機構に束縛されるものではないが、難分解性の低下は、これらの非弾性衝突効果の幾つか、例えばイオン化、ポリマーの分子鎖切断、酸化および光子発生によるものである。その作用の幾つか（例えば、特にX線発生）は、遮蔽およびバリアの工作、例えばコンクリート（または他の放射線不透過性材料）の保管庫に照射工程を封入することを必要とする。照射の別の作用である振動励起は、試料を温めることに等しい。以下に説明される通り、照射による試料の加熱は、難分解性低下を支援し得るが、過剰な加熱は、材料を破壊する可能性がある。

【0096】

電離放射線の吸着による断熱温度上昇（ ΔT ）は、式： $\Delta T = D / C_p$ （式中、 D は、 kGy での平均線量であり、 C_p は、 $\text{J/g}^\circ\text{C}$ での熱容量であり； ΔT は、 $^\circ\text{C}$ での温度変化である）により示される。典型的な乾燥バイオマス材料は、2に近い熱容量を有する。水の熱容量は、非常に高い（ $4.19 \text{ J/g}^\circ\text{C}$ ）ため、湿性バイオマスは、水の量に存してより高い熱容量を有する。金属は、かなり低い熱容量を有し、例えばステンレス鋼は、 $0.5 \text{ J/g}^\circ\text{C}$ の熱容量を有する。放射線の様々な線量に関するバイオマスおよびステンレス鋼の一定した放射線吸着による温度変化を、表1に示す。実際に、高温ではバイオマスの分解を誘発して、理論から極めて大きく逸脱する。

【表1】

表1：バイオマスおよびステンレス鋼についての計算による温度上昇

線量 (Mrad)	推定バイオマス ΔT ($^\circ\text{C}$)	ステンレス鋼 ΔT ($^\circ\text{C}$)
10	50	200
50	250 (分解)	1000
100	500 (分解)	2000
150	750 (分解)	3000
200	1000 (分解)	4000

【0097】

高温は、バイオマス中のバイオポリマーを破壊および／または変性して、ポリマー（例えば、セルロース）が、更なる加工に適さなくなる。高温に供されたバイオマスは、暗色および粘着性を帯びようになり、臭気を発して、分解を示す可能性がある。粘着性により材料の運搬が困難になる可能性もある。臭気は、不快に感じる場合があり、安全性の問題を生じ得る。事実、バイオマスを約 200°C 未満（例えば、約 190°C 未満、約 180°C 未満、約 170°C 未満、約 160°C 未満、約 150°C 未満、約 140°C 未満、約 130°C 未満、約 120°C 未満、約 110°C 未満、約 60°C ～約 180°C 、約 60°C ～約 160°C 、約 60°C ～約 150°C 、約 60°C ～約 140°C 、約 60°C ～約 130°C 、約 60°C ～約 120°C 、約 80°C ～約 180°C 、約 100°C ～約 180°C 、約 120°C ～約 180°C 、約 140°C ～約 180°C 、約 160°C ～約 180°C 、約 100°C ～約 140°C 、約 80°C ～約 120°C ）に保持することが、本明細書に記載された工程において有益であることが見出されている。

【0098】

約 10 Mrad を超える照射が本明細書に記載された工程に望ましいことが、見出されている（例えば、難分解性の低下）。高い処理能力もまた、照射がバイオマスを加工する

上でのボトルネックにならないために望ましい。処理は、線量率の式： $M = F P / D \cdot \text{時間}$ （式中、 M は、照射される材料の質量（ kg ）であり、 F は、吸着される電力の比率（単位なし）であり、 P は、発せられる電力（ $\text{kW} = M e V$ での電圧 $\times$ mAでの電流）であり、時間は、処理時間（秒）であり、 D は、吸着された線量（ kGy ）である）により左右される。吸着される電力の比率が固定されている模範的工程において、発せられる電力は、一定であり、設定された放射線量が望ましく、処理能力（例えば、 M 、加工されるバイオマス）は、照射時間を増加させることにより増加し得る。しかし材料を冷却させずに放射時間を増加させると、先に示された計算により示される通り、材料を過度に加熱する可能性がある。バイオマスは、低い熱伝導率（約 $0.1 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ 未満）を有するため、例えばエネルギーが伝達されるヒートシンクが存在する限り、エネルギーを急速に放出し得る金属（約 $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ を超える）とは異なり、放熱が緩やかである

10

【0099】

電子銃 — ビームストップ

幾つかの実施形態において、該システムおよび方法は、ビームストップ（例えば、シャッター）を含む。例えばビームストップを用いて、電子ビームデバイスの出力を下げずに、材料の照射を急速に停止または減少させることができる。あるいはビームストップは、電子ビームの出力を上昇させながら用いることができ、ビームストップは、所望のレベルのビーム電流に達するまで、電子ビームを停止させることができる。ビームストップは、第一の窓箔と第二の窓箔の間に配置させることができる。例えばビームストップは、可動性であるように、即ちビームパスの内外へ移動できるように、搭載することができる。例えば照射線量を制御するために、ビームの部分的な被覆を用いることもできる。ビームストップは、床に、バイオマスのコンベヤに、壁に、放射線デバイスに（例えば、スキャンホーンの）、または任意の構造支持体に搭載することができる。好ましくは、ビームがビームストップにより効果的に制御され得るように、ビームストップがスキャンホーンに関して固定されている。ビームストップは、ヒンジ、レール、ホイール、スロット、または他の手段を組み込むことができ、ビーム内外へ移動する操作を可能にする。ビームストップは、電子の少なくとも5%、例えば電子の少なくとも10%、20%、30%、40%、50%、60%、70%、少なくとも80%、85%、90%、91%、92%、93%、94%、95%、96%、97%、98%、99%、または約100%を停止させる任意の材料で作製することができる。

20

30

【0100】

ビームストップは、非限定的に、ステンレス鋼、鉛、鉄、モリブデン、銀、金、チタン、アルミニウム、スズ、またはこれらの合金、またはそのような金属で作製された（例えば、金属コートセラミック、金属コートポリマー、金属コート複合体、多層金属材料）積層体（層化材料）をはじめとする金属で作製することができる。

【0101】

ビームストップは、例えば水溶液またはガスなどの冷却流動体で、冷却することができる。ビームストップは、例えば空洞を有し、部分的または完全に中空であってもよい。ビームストップの内部空間は、流体およびガスを冷却するのに用いることができる。ビームストップは、平面、曲線、円形、楕円形、正方形、長方形、面取りのある形状およびくさび形など、任意の形状であってもよい。

40

【0102】

ビームストップは、幾つかの電子を通すような穿孔を有することができ、それにより窓の全エリアまたは窓の特定の領域を通る放射線レベルを制御（例えば、低下）することができる。ビームストップは、例えば繊維またはワイヤから形成された、メッシュであってもよい。複数のビームストップを一緒に、または独立に使用して、照射を制御することができる。ビームストップは、ビームを所定の場所の内外に移動させるために、例えばモーターへの無線信号またはハードウェアにより、遠隔制御することができる。

【0103】

50

ビームダンプ

本明細書に開示された実施形態は、放射線処理を活用する際に、ビームダンプを含むこともできる。ビームダンプの目的は、荷電粒子のビームを安全に吸収することである。ビームダンプは、ビームストップと同様に、荷電粒子のビームを遮断するのに用いることができる。しかしビームダンプは、ビームストップよりもかなり強固で、長期間にわたりフルパワーの電子ビームを遮断することを目的とする。それらは多くの場合、加速器の出力を増加させながら、ビームを遮断するのに用いられる。

【0104】

ビームダンプは、そのようなビームにより発生した熱に順応するようにも設計されており、通常、銅、アルミニウム、炭素、ベリリウム、タングステン、または水銀などの材料で作製されている。例えばビームダンプと熱接触し得る冷却流体を利用して、ビームダンプを冷却することができる。

【0105】

バイオマス材料

本明細書に記載された方法および設備において用いられ得るようなリグノセルロース材料としては、例えば木材、パーティクルボード、林業廃棄物（例えば、おがくず、アスペン材、木材チップ）、牧草（例えば、スイッチグラス、ススキ、コードグラス、クサヨシ）、穀物残渣（例えば、粃殻、オーツ麦の殻、小麦殻、大麦殻）、農業廃棄物（例えば、サイレージ、菜種のわら、小麦わら、大麦わら、オーツ麦わら、米わら、ジュート、麻、亜麻、竹、サイザル、マニラ麻、トウモロコシの穂軸、トウモロコシの葉茎、大豆の葉茎、トウモロコシ繊維、アルファルファ、干し草、ココナッツの毛）、糖加工残渣（例えば、バガス、ビートパルプ、リュウゼンツランバガス）、藻類、海藻、肥やし、下水汚物、およびこれらのいずれかの混合物が挙げられる。

【0106】

幾つかの例において、リグノセルロース材料としては、トウモロコシの穂軸が挙げられる。粉碎またはハンマーミルされたトウモロコシの穂軸は、照射のために比較的均一な厚さの層に広げることができ、照射の後、更なる加工のために媒体中に分散することが容易である。収穫および回収を容易にするために、幾つかの例において、トウモロコシの茎、トウモロコシの穀粒などとうもろこしの植物全体が用いられ、そして幾つかの例において、該植物の根系さえも用いられる。

【0107】

有利には更なる栄養素（窒素供給源以外、例えば尿素またはアンモニア以外）が、トウモロコシの穂軸、または顕著な量のトウモロコシの穂軸を含むセルロースもしくはリグノセルロース材料の発酵の際に必要な。

【0108】

破碎の前後のトウモロコシの穂軸は、運搬および分散も容易であり、干し草および牧草などの他のセルロースまたはリグノセルロース材料よりも空気中で爆発性混合物を形成する傾向が小さい。

【0109】

セルロース材料としては、例えば紙、紙製品、紙廃棄物、紙パルプ、着色紙、積載紙（loaded paper）、塗工紙、充填紙、雑誌、印刷物（例えば、本、カタログ、使用説明書、ラベル、カレンダー、グリーティングカード、パンフレット、目論見書、新聞紙）、印刷用紙、ポリコート紙、カードストック、厚紙、ボール紙、高α-セルロース量を有する材料、例えば綿、およびこれらのいずれかの混合物が挙げられる。例えば開示全体が、参照により本明細書に組み入れられる、米国特許出願第13/396,365号（Medoffらによる2012年2月14日出願の“Magazine Feeds to cks”）に記載された紙製品である。

【0110】

セルロース材料は、部分的または完全に脱木質化されたリグノセルロース材料も含むことができる。

10

20

30

40

50

【0111】

幾つかの例において、他のバイオマス材料、例えばデンプン質材料を用いることができる。デンプン質材料としては、デンプンそのもの、例えばコーンスターチ、小麦デンプン、ジャガイモデンプンもしくは米デンプン、デンプン誘導体、または食用の食品もしくは作物などのデンプンを含む材料が挙げられる。例えばデンプン質材料は、アラカチャ、蕎麦、バナナ、大麦、キャッサバ、クズ、オクラ、サゴ、モロコシ、通常の家庭用のジャガイモ、サツマイモ、タロイモ、ヤマノイモ、または1種以上の豆、例えば空豆、レンズ豆、エンドウ豆であってもよい。任意の1種以上のデンプン質材料のブレンドもまた、デンプン質材料である。デンプン質材料とセルロースまたはリグノセルロース材料との混合物を用いることもできる。例えばバイオマスは、植物全体、植物の一部または植物の異なる部分、例えば小麦の苗、綿の苗、トウモロコシの苗、米の苗または樹木であってもよい。デンプン質材料は、本明細書に記載された方法のいずれかにより処理することができる。

10

【0112】

原料として用いられ得る微生物材料としては、非限定的に、炭水化物（例えば、セルロース）、例えば原生生物、例えば動物の原生生物（例えば、鞭毛藻類、アメーバ、繊毛虫、および孢子虫などの原虫）および植物の原生生物（例えば、アルベオラータ、クロララクニオン藻、クリプトモナド、ユーグレナ藻、灰色藻、ハプト藻、紅藻、ストラメノパイル、および緑色植物亜界）の供給源を含む、または供給源を提供することが可能な任意の天然由来または遺伝子組換え微生物体または生物体を挙げることができる。他の例としては、海藻、プランクトン（例えば、マクロプランクトン、メソプランクトン、ミクロプランクトン、ナノプランクトン、ピコプランクトン、およびフェムトプランクトン）、植物プランクトン、細菌（例えば、グラム陽性菌、グラム陰性菌、および好極限性細菌）、酵母および／またはこれらの混合物が挙げられる。幾つかの例において、微生物バイオマスは、天然供給源、例えば海洋、湖、水体、例えば塩水もしくは淡水、または陸上から得ることができる。代わりまたは追加として、微生物バイオマスは、培養系、例えば大規模乾式および湿式培養、ならびに発酵系から得ることができる。

20

【0113】

別の実施形態において、バイオマス材料、例えばセルロース、デンプン質およびリグのセルロース原料は、野生型の変種に関して修飾されたトランスジェニックの微生物および植物から得ることができる。そのような修飾は、例えば選択および育種の反復ステップにより植物中の所望の素質を得てもよい。その上、植物は、野生型の変種に関して除去、修飾、発現抑制および／または付加されていてもよい。例えば遺伝子修飾植物は、組換えDNA法により生成することができ、その場合の遺伝子修飾は、親種からの特異的遺伝子を導入もしくは修飾すること、または例えば異なる種の植物および／または細菌から植物に特異的遺伝子（複数可）が導入されるトランスジェニック育種を利用すること、を含む。遺伝子変種を作出する別の方法は、新しい対立遺伝子を内在遺伝子から人工的に作出する突然変異育種による。その人工遺伝子は、例えば化学的突然変異原（例えば、アルキル化剤、エポキシド、アルカロイド、過酸化物、ホルムアルデヒドの使用による）、照射（例えば、X線、 γ 線、中性子、 β 粒子、 α 粒子、陽子、重陽子、UV線）および温度ショックまたは他の外部ストレス負荷により植物または種子を処理すること、それに続く選択技術をはじめとし、様々な方法により作出することができる。修飾遺伝子を提供する他の方法は、エラープローンPCRおよびDNAシャッフルの後、所望の修飾DNAを所望の植物または種子に挿入することによる。所望の遺伝子変異を主旨または植物に導入する方法としては、例えば細菌保有者、微粒子銃、リン酸カルシウム沈殿法、電気穿孔、遺伝子スプライシング、遺伝子サイレンシング、リポフェクション、マイクロインジェクション、およびウイルス保有者の使用が挙げられる。更なる遺伝子修飾材料は、2012年2月14日出願の米国特許出願第13/396,369号に記載されており、その開示全体は、参照により本明細書に組み入れられる。

30

40

【0114】

本明細書に記載された方法のいずれかは、本明細書に記載された任意のバイオマス材料

50

の混合物で実践することができる

【0115】

他の材料

本明細書に記載された方法、設備およびシステムの材料を使用して、他の材料（例えば、天然または合成材料）、例えばポリマーを、処理および／または作製することができる。例えば本明細書に記載された方法により生成されるエネルギーを用いて、材料を加工してもよい。例えばポリエチレン（例えば、直鎖状低密度エチレンおよび高密度ポリエチレン）、ポリスチレン、スルホン化ポリスチレン、ポリ（塩化ビニル）、ポリエステル（例えば、ナイロン、DACRON（商標）、KODEL（商標））、ポリアルキレンエステル、ポリビニルエステル、ポリアミド（例えば、KEVLAR（商標））、ポリエチレンテレフタレート、酢酸セルロース、アセタール、ポリアクリロニトリル、ポリカルボナート（例えば、LEXAN（商標））、アクリル系〔例えば、ポリ（メタクリル酸メチル）〕、ポリアクリロニトリル、ポリウレタン、ポリプロピレン、ポリブタジエン、ポリイソブチレン、ポリアクリロニトリル、ポリクロロプレン（例えば、ネオプレン）、ポリ（シス-1,4-イソプレン）〔例えば、天然ゴム〕、ポリ（トランス-1,4-イソプレン）〔例えば、グッタペルカ〕、フェノールホルムアルデヒド、メラミンホルムアルデヒド、エポキシド、ポリエステル、ポリアミン、ポリカルボン酸、ポリ乳酸、ポリビニルアルコール、ポリ酸無水物、ポリフルオロカーボン（例えば、TEFLON（登録商標））、ケイ素類（例えば、シリコーンゴム）、ポリシラン、ポリエーテル（例えば、ポリエチレンオキシド、ポリプロピレンオキシド）、ワックス、オイル、およびこれらの混合物。プラスチック、ゴム、エラストマー、繊維、ワックス、ゲル、オイル、接着剤、熱可塑性物質、熱硬化性物質、生分解性ポリマー、これらのポリマーから生成された樹脂、他のポリマー、他の材料およびこれらの組み合わせも含まれる。カチオン重合、アニオン重合、ラジカル重合、メタセシス重合、開環重合、グラフト重合、付加重合をはじめとする任意の有用な方法により生成することができる。幾つかの例において、本明細書に開示された処理は、例えばラジカルで開始されるグラフト重合および架橋に用いることができる。ポリマーと、例えばガラス、金属、バイオマス（例えば、繊維、粒子）、セラミックとの複合体を、処理および／または作製することもできる。

【0116】

本明細書に開示された方法、システムおよび設備を用いることにより処理され得る他の材料は、セラミック、無機質、金属、無機化合物である。例えばケイ素とゲルマニウムの結晶、窒化ケイ素、金属酸化物、半導体、絶縁体、セメントおよび／または導体。

【0117】

追加として、製造された複数部品の、または成形された材料（例えば、鋳造された、押出された、溶接された、リベットで留められた、層状の、またはいずれかの方法の組み合わせ）、例えばケーブル、パイプ、板、格納庫、集積半導体チップ、開路板、ワイヤ、タイヤ、窓、積層材料、ギア、ベルト、機械、これらの組み合わせを処理することができる。例えば本明細書に記載された方法により材料を処理して、表面を修飾し、例えば更なる官能基化、結合（例えば、溶接）および／または処理を受け易くすることで、材料を架橋することができる。

【0118】

バイオマス材料の調製 — 機械的処理

バイオマスは、例えば約35%未満の水分量（例えば、約20%未満、約15%未満、約10%未満、約5%未満、約4%未満、約3%未満、約2%未満または約1%未満）の、乾燥形態であってもよい。バイオマスは、湿潤状態、例えば固体が少なくとも約10重量%（例えば、少なくとも約20重量%、少なくとも約30重量%、少なくとも約40重量%、少なくとも約50重量%、少なくとも約60重量%、少なくとも約70重量%）の湿性固体、スラリー、または懸濁物として送達することもできる。

【0119】

本明細書に開示された工程は、低嵩密度の材料、例えば約0.75 g/cm³ 未満、例

例えば約 0.7 g/cm^3 未満、 0.65 、 0.60 、 0.50 、 0.35 、 0.25 、 0.20 、 0.15 、 0.10 、 0.05 g/cm^3 またはそれ未満、例えば 0.025 g/cm^3 未満の嵩密度を有するように物理的に前処理されたセルロースまたはリグノセルロース原料を活用することができる。嵩密度は、ASTM D1895Bを利用して決定することができる。概要を述べると、該方法は、既知の容積のメスシリンダに試料を充填すること、および試料の重量を得ること、を含む。嵩密度は、試料のグラム重量をシリンダーの既知の容積の立方センチメートルで割ることにより計算される。所望なら、低密度材料を、例えば開示全体が参照により本明細書に組み入れられる、2011年7月5日公開の米国特許第7,971,809号に記載された方法により、高密度化することができる。

10

【0120】

幾つかの例において、処理前加工は、バイオマス材料のふるい分けを含む。ふるい分けは、所望の開口サイズ、例えば約 6.35 mm ($1/4$ インチ、 0.25 インチ) 未満、(例えば、約 3.18 mm ($1/8$ インチ、 0.125 インチ) 未満、約 1.59 mm ($1/16$ インチ、 0.0625 インチ) 未満、約 0.79 mm ($1/32$ インチ、 0.03125 インチ) 未満、例えば約 0.51 mm ($1/50$ インチ、 0.02000 インチ) 未満、約 0.40 mm ($1/64$ インチ、 0.015625 インチ) 未満、約 0.23 mm (0.009 インチ) 未満、約 0.20 mm ($1/128$ インチ、 0.0078125 インチ) 未満、約 0.18 mm (0.007 インチ未満)、約 0.13 mm (0.005 インチ) 未満、または約 0.10 mm ($1/256$ インチ、 0.00390625 インチ) 未満) を有するメッシュまたは穿孔板を通して行うことができる。1つの構成において、所望のバイオマスは、その穿孔またはふるいを通り抜け、つまりその穿孔またはふるいよりも大きなバイオマスは、照射されない。これらの大きな材料は、例えば破碎により、再加工され、またはそれらは単に加工から取り除くことができる。別の構成において、穿孔よりも大きな材料は、照射され、より小さな材料は、ふるい分け工程により除去されるか、または再循環される。この種の構成において、振動コンベヤなどのコンベヤそのもの(例えば、コンベヤの一部)を、穿孔することができ、またはメッシュを含んで作製することができる。例えば1つの特定の実施形態において、バイオマス材料は、湿潤性であってもよく、穿孔またはメッシュによって照射の前に水をバイオマスから流出させてもよい。

20

30

【0121】

材料のふるい分けは、手動での方法、例えば望ましくない材料を除去するオペレータまたはメカノイド(例えば、色、反射性または他のセンサーを備えたロボット)により行うことができる。ふるい分けは、磁石が運搬される材料の付近に配設されていて磁気材料が磁石により除去される、磁気ふるいによって行うこともできる。

【0122】

任意の処理前加工が、材料の加熱(例えば、材料の乾燥に加えて、または材料の乾燥を目的として)を含むことができる。例えばバイオマスまたは他の材料を運搬するコンベヤの一部を、加熱されたゾーンに送出することができる。加熱されたゾーンは、例えばIR線、マイクロ波、燃焼(例えば、ガス、石炭、オイル、バイオマス)、抵抗加熱および/または誘導コイルにより作製することができる。熱は、少なくとも一方の側または1つ以上の側からあてること、連続的または周期的に与えること、そして材料の一部だけまたは材料全てにあてることができる。例えば、コンベヤトラフの一部を、加熱ジャケットの使用により加熱することができる。加熱は、例えば材料の乾燥を目的とするものであってもよい。材料を乾燥する場合、加熱により、または加熱せずに、運搬されている時にガス(例えば、空気、酸素、窒素、 He 、 CO_2 、アルゴン)をバイオマスの上部および/またはバイオマスの中に移動させることにより、乾燥を容易にすることもできる。

40

【0123】

場合により処理前加工は、材料を冷却することを含むことができる。材料の冷却は、開示が参照により本明細書に組み入れられる、2011年3月8日公開の米国特許第7,9

50

00, 857号に記載される。例えば冷却は、冷却流体、例えば水（例えば、グリセロールを含む）、または窒素（例えば、液体窒素）をコンベヤトラフの底に供給することによって行うことができる。あるいは冷却ガス、例えば凍結窒素を、バイオマスの上部、または運搬システムの下に吹き付けることができる。

【0124】

別の任意の処理前加工法は、材料をバイオマスまたは他の原料に添加することを含むことができる。更なる材料は、例えばバイオマスが運搬されている時に材料をバイオマスの上に浴びせること、振りかけること、および／または注入することにより、添加することができる。添加され得る材料としては、例えば開示全体が参照により本明細書に組み入れられる、米国特許出願公開第2010/0105119 A1（2009年10月26日出願）および米国特許出願公開第2010/0159569 A1（2009年12月16日出願）に記載された金属、セラミックおよび／またはイオンが挙げられる。添加され得る任意の材料としては、酸および塩基が挙げられる。添加され得る他の材料は、酸化剤（例えば、過氧化物、塩素酸塩）、ポリマー、重合性モノマー（例えば、不飽和結合を含むもの）、水、触媒、酵素および／または生物体である。材料は、純粋な形態で、例えば溶媒（例えば、水または有機溶媒）中の溶液として、そして／または溶液として、添加することができる。幾つかの例において、溶媒は、揮発性であり、例えばこれまで記載された通りガスの加熱および／または吹き出しにより、蒸発するように作製することができる。添加される材料は、バイオマス上に均一なコーティングを形成することができ、または異なる成分（例えば、バイオマスおよび更なる材料）の均質混合物であってもよい。添加される材料は、照射の効率を上昇させること、照射を弱めること、または照射の作用を変化させること（例えば、電子ビームからX線または加熱へ）により、次の照射ステップを変調することができる。該方法は、照射への影響を有していなくてもよいが、さらに下流の加工に有用であってもよい。添加材料は、例えば粉塵のレベルを低下させることにより、材料の運搬を支援してもよい。

【0125】

バイオマスは、ベルトコンベヤ、空気式コンベヤ、スクリューコンベヤ、ホッパー、パイプ、手動で、またはこれらの組み合わせによりコンベヤ（例えば、本明細書に記載された保管庫内で用いられる振動コンベヤ）に送達することができる。バイオマスは、例えばこれらの方法のいずれかによりコンベヤ上に滴下、注入および／または配置させることができる。幾つかの実施形態において、材料は、封入された材料の分配システムを用いてコンベヤに送達されて、低酸素大気の維持ならびに／または粉塵および微粉の制御を支援する。舞い上がる、または空気に浮遊させたバイオマスの微粉および粉塵は、爆発災害を形成する、または電子銃の窓箔を損傷する可能性があるため（そのようなデバイスが、材料を処理するのに用いられる場合）、望ましくない。

【0126】

材料をならして、約0.0312～5インチ（例えば、約0.0625～2.000インチ、約0.125～1インチ、約0.125～0.5インチ、約0.3～0.9インチ、約0.2～0.5インチ、約0.25～1.0インチ、約0.25～0.5インチ、0.100+/-0.025インチ、0.150+/-0.025インチ、0.200+/-0.025インチ、0.250+/-0.025インチ、0.300+/-0.025インチ、0.350+/-0.025インチ、0.400+/-0.025インチ、0.450+/-0.025インチ、0.500+/-0.025インチ、0.550+/-0.025インチ、0.600+/-0.025インチ、0.700+/-0.025インチ、0.750+/-0.025インチ、0.800+/-0.025インチ、0.850+/-0.025インチ、0.900+/-0.025インチ、0.900+/-0.025インチの均一な厚さを形成することができる。

【0127】

一般に、電子ビームを通して可能な限り急速に材料を運搬して、処理能力を最大にすることが好ましい。例えば材料は、少なくとも1フィート／分、例えば少なくとも2フィー

ト／分、少なくとも3フィート／分、少なくとも4フィート／分、少なくとも5フィート／分、少なくとも10フィート／分、少なくとも15フィート／分、20、25、30、35、40、45、50フィート／分の速度で運搬することができる。運搬速度は、例えばバイオマスの厚さ1／4インチでのビーム電流に関し、100mAでのコンベヤは、約20フィート／分で移動して有用な照射線量を提供することができ、50mAでのコンベヤは、約10フィート／分で移動して、ほぼ同じ照射線量を提供することができる。

【0128】

バイオマス材料が、放射線ゾーンを通過して運搬された後、任意の処理後加工を実施することができる。任意の処理後加工は、例えば照射前加工に関して記載された工程であってもよい。例えばバイオマスを、ふるい分けても、加熱しても、冷却しても、そして／または添加剤と混和してもよい。照射後に特有なこととして、ラジカルのクエンチング、例えば流体もしくは気体（例えば、酸素、亜酸化窒素、アンモニア、液体）の添加、圧力、熱の利用、および／またはラジカルスカベンジャーの添加によるラジカルのクエンチングを行うことができる。例えばバイオマスを、囲い込まれたコンベヤの外部で運搬して、ガス（例えば、酸素）に暴露し、そこでクエンチしてカルボキシル化された基を形成することができる。一実施形態において、バイオマスは、反応性ガスまたは流体への照射の間に暴露される。照射されたバイオマスのクエンチングは、開示全体が参照により本明細書に組み入れられる、2011年12月27日公開の米国特許第8,083,906号に記載される。

【0129】

所望なら、照射に加えて1つ以上の機械的処理を利用して、炭水化物含有材料の難分解性をさらに低下させることができる。これらの工程は、照射の前、照射の間および／または照射後に適用することができる。

【0130】

幾つかの例において、機械的処理としては、受け取り時の原料の初期調製、例えば破碎、例えば切断、粉碎、せん断、微粉碎または打ち切りなどによる材料のサイズ減少を挙げることができる。例えば幾つかの例において、まとまりのない原料（例えば、リサイクル紙、デンプン質材料、またはスイッチグラス）は、せん断または細断により調製される。機械的処理は、炭水化物含有材料の嵩密度を低下させ、炭水化物含有材料の表面積を増加させ、そして／または炭水化物含有材料の1つ以上の寸法を減少させることができる。

【0131】

代わりまたは追加として、原料を、別の処理、例えば酸（ HCl 、 H_2SO_4 、 H_3PO_4 ）、塩基（例えば、 KOH および NaOH ）、化学的酸化剤（例えば、過氧化物、塩素酸塩、オゾン）、照射、水蒸気爆発、熱分解、音波処理、酸化、化学的処理などの化学的処理で処理することができる。処理は、どのような順序でも、どのような連続でも、そしてそれらを組み合わせていてもよい。例えば原料は最初、1つ以上の処理方法、例えば酸加水分解（例えば、 HCl 、 H_2SO_4 、 H_3PO_4 の使用）を含みそれらと組み合わせた化学的処理、放射線、音波処理、酸化、熱分解または水蒸気爆発により物理的に処理し、その後、機械的に処理することができる。この連続は、他の処理、例えば照射または熱分解の1つ以上により処理される材料がより脆性の傾向があり、それゆえ機械的処理により材料の構造をさらに変化させることが容易となり得るため、有利となろう。別の例として、原料は、本明細書に記載されたコンベヤを用いて電離放射線を通して運搬され、その後、機械的に処理することができる。化学的処理は、リグニンの一部または全てを除去することができ（例えば、化学パルプ化）、材料を部分的または完全に加水分解することができる。該方法は、予め加水分解された材料で使用することもできる。該方法は、予め加水分解されていない材料で用いることもできる。該方法は、加水分解材料と、非加水分解材料、例えば約50%以上の非加水分解材料、約60%以上の非加水分解材料、約70%以上の非加水分解材料、約80%以上の非加水分解材料、または約90%以上の非加水分解材料との混合物で用いることができる。

【0132】

加工の最初および／または後に実行され得るサイズ減少に加えて、機械的処理は、炭水化物含有材料を「切り開く」、「応力を加える」、破壊する、または破断して、物理的処理の間に材料のセルロースに分子鎖切断および／または結晶構造の崩壊を受け易くさせるのにも有利となり得る。

【0133】

炭水化物含有材料を機械的に処理する方法としては、例えば、ミリングまたは粉碎が挙げられる。ミリングは、例えばハンマーミル、ボールミル、コロイドミル、コニカルもしくはコーンミル、ディスクミル、エッジミル、ウィリーミル、グリストミルまたは他のミルが挙げられる。粉碎は、例えば切断／衝撃型グラインダーを用いて実施されてもよい。幾つかの模範的グラインダーとしては、石材用グラインダー、ピングラインダー、コーヒーグラインダーおよびバークラインダーが挙げられる。粉碎またはミリングは、例えば、ピンミルの場合のように、往復運動ピンまたは他の要素により、提供されてもよい。他の機械的処理方法としては、機械的切り裂きまたは引き裂き、繊維に圧力を加える他の方法、および空気摩擦ミリングが挙げられる。適切な機械的処理は、これまで加工処理ステップにより開始された材料の内部構造の崩壊を継続する任意の他の技法をさらに含む。

【0134】

機械的供給調製系は、例えば、特定最大サイズ、特定の長さ対幅、または特定の表面積比などの特定の性質を有する流れを生じるよう構成することができる。物理的調製は、反応速度を上昇させ、コンベヤ上の材料の動きを改善し、材料の照射プロファイルを改善し、材料の放射線均一性を改善し、または材料を切開して、それらを工程および／もしくは試薬、例えば溶液中の試薬に接近し易くすることによって必要とされる加工時間を減少させることができる。

【0135】

原料の嵩密度は、制御（例えば、増大）することができる。幾つかの状況では、例えば材料を高密度化し（例えば高密度化は、別の場所に運搬するのを容易にかつ低コストにし得る）、その後、材料をより低い嵩密度状態に戻す（例えば、運搬後）ことにより、低嵩密度材料を調製することが望ましい。該材料は、例えば、約 0.2 g/cc 未満から約 0.9 g/cc を超えるまで（例えば、約 0.3 未満～約 0.5 を超えるまで、約 0.3 未満～約 0.9 g/cc を超えるまで、約 0.5 未満～約 0.9 を超えるまで、約 0.3 未満～約 0.8 g/cc を超えるまで、約 0.2 未満～約 0.5 g/cc を超えるまで）に高密度化することができる。例えば材料は、開示全体が、参照により本明細書に組み入れられる、米国特許第 7,932,065 号 (Medoff) および国際公開 WO 2008/073186 号 (2007 年 10 月 26 日出願；英語で公開；米国を指定) に開示された方法および設備により高密度化され得る。高密度化材料は、本明細書に記載された方法のいずれかにより加工することができ、または本明細書に記載された方法のいずれかにより加工された任意の材料は、次に、高密度化することができる。

【0136】

幾つかの実施形態において、加工される材料は、繊維源をせん断することにより提供される繊維を含む繊維性材料の形態である。例えば、剪断は、回転式ナイフカッターで実施することができる。

【0137】

例えば、難分解性であるか、または難分解性レベルが低減された繊維源は、例えば回転式ナイフカッターで剪断されて、最初の繊維性材料を提供し得る。最初の繊維性材料は、例えば 1.59 mm 以下 ($1/16$ インチ、 0.0625 インチ) の平均開口サイズを有する、第一のふるいに通されて、第二の繊維性材料を提供する。所望なら、繊維源は、例えばシュレッダーで、剪断前に切断することができる。例えば、紙が繊維源として用いられる場合、紙は最初、シュレッダー、例えば Munson (ニューヨーク州ユーティカ所在) 製造のものなどの卓上回転式スクリーシュレッダーを用いて、例えば、 $1/4 \sim 1/2$ インチ幅の細片に切断することができる。細断に代わるものとして、ギロチンカッターを用いて、所の望サイズに切断することにより、紙はサイズを減少することができる。

例えば、ギロチンカッターは、紙を、例えば幅 10 インチ、長さ 12 インチの、シートに切断するために用いることができる。

【0138】

幾つかの実施形態において、繊維源の剪断、およびその結果生じる第一の繊維性材料の第一のふるいへの通過は、同時に実施される。剪断および通過は、バッチ式工程でも実施することができる。

【0139】

例えば、回転式ナイフカッターを用いて、同時に、繊維源を剪断して第一の繊維性材料をふるい分けすることができる。回転式ナイフカッターは、繊維源を細断することにより調製される細断繊維源を積載され得るホッパーを含む。

10

【0140】

幾つかの実行において、原料は、糖化および／または発酵の前に物理的に処理される。物理的処理工程は、本明細書中に記載された工程、例えば機械的処理、化学的処理、照射、音波処理、酸化、熱分解または水蒸気爆発のいずれかのうちの 1 つ以上を含むことができる。処理方法は、これらの技法のうちの 2、3、4、または全ての組み合わせ（任意の順序）で用いることができる。1 つより多い処理方法が用いられる場合、該方法は、同時に、または異なる時点で適用することができる。バイオマス原料の分子構造を変化させる他の工程も、単独で、または本明細書に開示された工程と組み合わせで用いることができる。

【0141】

用いられ得る機械的処理、ならびに機械的処理される炭水化物含有材料の性質は、開示全体が参照により本明細書に組み入れられる、2011 年 10 月 18 日出願の米国特許出願公開第 2012/0100577 A1 号にさらに詳細に記載される。

20

【0142】

音波処理、熱分解、酸化、水蒸気爆発

所望により、炭水化物含有材料の難分解性を低下させる、またはさらに低下させるために、照射の代わりまたは追加として、1 つ以上の音波処理、熱分解、酸化または水蒸気爆発工程を用いることができる。例えばこれらの工程は、照射の前、照射の間および／または照射後に適用することができる。これらの工程は、開示全体が参照により本明細書に組み入れられる、Medoff の米国特許第 7,932,065 号に詳細に記載される。

30

【0143】

中間体および生成物

本明細書中に記載される工程を用いて、バイオマス材料を、1 種以上の製品、例えばエネルギー（例えば、本明細書に記載されたコジェネレーションに加えて）、燃料、食物および材料に変換することができる。例えば、有機酸、有機酸の塩、酸無水物、有機酸のエステルおよび燃料、例えば内燃機関のための燃料または燃料電池のための原料などの中間体および生成物を、製造することができる。即座に入手可能であるが、多くの場合、加工するのが困難になり得るセルロースおよび／またはリグノセルロース材料、例えば自治体廃棄物流れおよび廃棄紙流れ、例えば新聞、クラフト紙、段ボール紙またはこれらの混合物を含む流れを原料として用い得るシステムおよび工程が、本明細書に記載される。

40

【0144】

生成物の具体的例としては、水素、糖（例えば、グルコース、キシロース、アラビノース、マンノース、ガラクトース、フルクトース、二糖、オリゴ糖および多糖）、アルコール（例えば、一価アルコールまたは二価アルコール、例えばエタノール、n-プロパノール、イソブタノール、sec-ブタノール、tert-ブタノールまたはn-ブタノール）、水和または水性アルコール（例えば、10%を超える、20%、30%、または40%を超える水を含む）、バイオディーゼル、有機酸、炭化水素（例えば、メタン、エタン、プロパン、イソブテン、ペンタン、n-ヘキサン、バイオディーゼル、バイオガソリンおよびそれらの混合物）、共生成物（例えば、セルロース分解タンパク質（酵素）または単細胞タンパク質などのタンパク質）、ならびに任意の組み合わせまたは相対濃度での、な

50

らびに場合により任意の添加剤（例えば、燃料添加剤）と組み合わせたこれらのいずれかの混合物が挙げられるが、これらに限らない。他の例としては、カルボン酸、カルボン酸塩、カルボン酸とカルボン酸塩とカルボン酸エステルとの混合物（例えば、メチル、エチルおよびn-プロピルエステル）、ケトン（例えば、アセトン）、アルデヒド（例えば、アセトアルデヒド）、 α および β 不飽和酸（例えば、アクリル酸）およびオレフィン（例えば、エチレン）が挙げられる。その他のアルコールおよびアルコール誘導体としては、プロパノール、プロピレングリコール、1,4-ブタンジオール、1,3-プロパンジオール、糖アルコール（例えば、エリトリトール、グリコール、グリセロール、ソルビトール、トレイトール、アラビトール、リビトール、マンニトール、ダルシトール、フシトール、イジトール、イソマルト、マルチトール、ラクチトール、キシリトールおよびポリオール）、ならびにこれらのアルコールのいずれかのメチルまたはエチルエステルが挙げられる。その他の生成物としては、アクリル酸メチル、メタクリル酸メチル、D-乳酸、L-乳酸、ピルビン酸、ポリ乳酸、クエン酸、ギ酸、酢酸、プロピオン酸、酪酸、コハク酸、吉草酸、カプロン酸、3-ヒドロキシプロピオン酸、パルミチン酸、ステアリン酸、シュウ酸、マロン酸、グルタル酸、オレイン酸、リノール酸、グリコール酸、 γ -ヒドロキシ酪酸、およびそれらの混合物、これらの酸のいずれかの塩、これらの酸およびその各塩のいずれかの混合物が挙げられる。

【0145】

上記生成物と互いの任意の組み合わせ、および／または上記生成物と本明細書中に記載される工程もしくは他の方法で製造され得る他の生成物との任意の組み合わせは、一緒に包装され、製品として販売され得る。該生成物は、混和され、例えば混合、ブレンド、もしくは共溶解されてもよく、または単に一緒に包装もしくは販売され得る。

【0146】

本明細書中に記載された生成物または生成物の組合せのいずれかは、製品販売の前に、例えば精製もしくは単離後、または包装後でも、生成物（複数可）中に存在し得る1つ以上の潜在的に望ましくない混入物を中和するために、衛生化または滅菌され得る。そのような衛生化は、電子衝撃で、例えば約20 Mrad未満、例えば約0.1～15 Mrad、約0.5～7 Mrad、または約1～3 Mradの線量で実行することができる。

【0147】

本明細書中に記載された工程は、プラントの他の部分で用いられる、または公開市場で販売される（例えば、本明細書の以前に記載された）水蒸気と電気を生成する（コジェネレーション）に有用となる様々な副産物流れを生成することができる。例えば、燃焼副産物流れから生成された水蒸気は、蒸留工程に用いることができる。別の例として、燃焼副産物流れから生成された電気は、前処理に用いられる電子ビーム発生機を作動するために用いることができる。

【0148】

水蒸気および電気を生成するために用いられる副産物は、工程全体を通して複数の供給源から得られる。例えば廃水の嫌気性消化は、メタンが高濃度のバイオガスと、少量の廃棄物バイオマス（スラッジ）を生じ得る。別の例として、糖化後および／または蒸留後固体（例えば、前処理および一次工程後に残存する未変換のリグニン、セルロースおよびヘミセルロース）が用いること、例えば燃料として燃焼することができる。

【0149】

食品および医薬品をはじめとする他の中間体および生成物は、開示全体が参照により本明細書に組み入れられる、2010年5月20日公開のMedoffへの米国特許出願公開第2010/0124583 A1号に記載される。

【0150】

リグニン由来生成物

記載された方法によるリグノセルロース加工からの使用済みバイオマス（例えば、使用済みリグノセルロース材料）は、高いリグニン量を有することが期待され、コジェネレーションプラントでの燃焼を通じたエネルギー生成に有用であることに加え、他の貴重な生

10

20

30

40

50

成物としての用途を有し得る。例えばリグニンは、プラスチックとして入手されたまま使用することができ、または合成により他のプラスチックに格上げすることもできる。幾つかの例において、それは結合剤、分散剤、乳化剤もしくは金属イオン封鎖剤として用いられ得るリグのスルホナートに変換することができる。

【0151】

結合剤として用いられる場合、リグニンまたはリグノスルホナートは、例えば練炭中で、セラミック中で、カーボンブラックを結合させるために、肥料と除草剤を結合させるため、粉塵抑制剤として、合板およびパーティクルボードを作製する際、動物飼料を結合させるため、ファイバーガラスの結合剤として、リノリウムペースト中の結合剤として、そして土壌安定化剤として、用いることができる。

10

【0152】

分散剤として用いられる場合、リグニンまたはリグのスルホナートは、例えばコンクリートミックス、粘土およびセラミック、染料および顔料、革のなめしおよび石膏ボードで用いることができる。

【0153】

乳化剤として用いられる場合、リグニンまたはリグノスルホナートは、例えばアスファルト、顔料および染料、殺虫剤、ならびにワックスエマルジョン中で用いることができる。

【0154】

金属イオン封鎖剤として用いられる場合、リグニンまたはリグノスルホナートは、例えば微量栄養素系、洗浄化合物および水処理システム中で、例えばボイラおよび冷却システムに用いることができる。

20

【0155】

エネルギー生成の場合、リグニンは一般に、ホモセルロース（セルロールおよびヘミセルロース）よりも多くの炭素を含むため、ホロセルロースよりも高いエネルギー量を有する。例えば乾性リグニンは、ホロセルロースの7,000、8,000 BTU／ポンドに比較して、約11,000～12,500 BTU／ポンドのエネルギー量を有することができる。そのためリグニンは、高密度化して燃焼用のブリケットおよびペレットに変換することができる。例えばリグニンは、本明細書に記載された任意の方法によりペレットに変換することができる。より緩やかに燃焼するペレットまたはブリケットの場合、約0.5 Mrad～5 Mradの放射線量をあてるなどで、リグニンを架橋させることができる。架橋は、緩やかな燃焼のフォームファクターを作ることができる。ペレットまたはブリケットなどのフォームファクターは、例えば400～950℃で、空気の下で熱分解することにより「合成の炭」または木炭に変換することができる。熱分解の前に、リグニンを架橋して、構造完全性を維持することが望ましくなり得る。

30

【0156】

糖化

これまで記載された通り、原料を即座に加工され得る形態に変換するために、原料中のグルカンまたはキシラン含有セルロースを、糖化剤、例えば酵素または酸により、低分子量炭水化物、例えば糖に加水分解することができる（糖化と称される工程）。その後、低分子量炭水化物を、例えば既存の製造プラントにおいて、例えば単細胞タンパク質プラント、酵素製造プラント、または燃料プラント、例えばエタノール製造施設において、用いることができる。

40

【0157】

これまで開示された通り、原料は、酵素を用いて、例えば溶媒中で、例えば水溶液中で、材料および酵素を混和することにより、加水分解することができる。

【0158】

あるいは、バイオマス、例えばバイオマスのセルロースおよび／またはリグニン部分を分解し、様々なセルロース分解酵素（セルラーゼ）、リグニナーゼまたは様々な小分子バイオマス分解代謝産物を含有または製造する生物体により供給することができる。これら

50

の酵素は、結晶セルロースまたはバイオマスのリグニン部分を分解するために相乗的に作用する酵素の複合体であり得る。セルロース分解酵素の例としては、エンドグルカナーゼ、セロビオヒドロラーゼおよびセロビアーゼ（ β -グルコシダーゼ）が挙げられる。

【0159】

糖化の間に、セルロース基質は最初、任意の位置でエンドグルカナーゼにより加水分解されて、オリゴマー中間体を生成し得る。これらの中間体は、その場合、セルロースポリマーの末端からセロビオースを生成するためのセロビオヒドロラーゼのような外分割グルカナーゼのための基質である。セロビオースは、グルコースの水溶性1, 4-結合二量体である。最後に、セロビアーゼは、セロビオースを切断して、グルコースを生成する。この工程の効率（例えば、加水分解するための時間および／または加水分解の完全性）は、セルロース材料の難分解性に依存する。

10

【0160】

それゆえ処理されたバイオマス材料は、該材料およびセルラーゼ酵素を流動媒体、例えば水溶液中で混和することにより、糖化することができる。幾つかの例において、開示全体が参照により本明細書に組み入れられる、2012年4月26日公開のMedoffおよびMastermanへの米国特許出願公開第2012/0100577 A1号に記載される通り、材料は、糖化の前に高温水中で沸騰、浸漬、または蒸解される。

【0161】

糖化工程は、製造プラントにおいてタンク（例えば、少なくとも4000、40,000または500,000Lの容積を有するタンク）中で部分的もしくは完全に実施することができ、そして／または輸送中に、例えば鉄道車輛、タンカートラック、スーパータンカーもしくは船の船倉において、部分的もしくは完全に実施することができる。完全糖化に要する時間は、工程条件、ならびに用いられる炭水化物含有材料および酵素に依存する。糖化が、制御された条件下で製造プラントにおいて実施される場合、セルロースは、約12～96時間で、実質的に完全に、糖、例えばグルコースに変換され得る。糖化が、輸送中に部分的または完全に実施される場合、糖化は、より長い時間を要し得る。

20

【0162】

例えば開示全体が参照により本明細書に組み入れられる、WO 2010/135380号として英語で公開され米国を指定した、2010年5月18日出願の国際出願PCT/US2010/035331号に記載されたようなジェットミキシングを用いて、糖化中にタンク内容物が混合されるのが、一般的に好ましい。

30

【0163】

界面活性剤の添加により、糖化の速度を増強することができる。界面活性剤の例としては、非イオン性界面活性剤、例えばTWEEN（登録商標）20またはTWEEN（登録商標）80ポリエチレングリコール界面活性剤、イオン性界面活性剤、または両性イオン性界面活性剤が挙げられる。

【0164】

糖化により生じる糖溶液の濃度が相対的に高いこと、例えば40重量%を超える、または50重量%を超える、60重量%、70重量%、80重量%、90重量%または95重量%を超えることが、一般的に好ましい。水は、例えば蒸発により除去されて、糖溶液の濃度を増大し得る。これは、出荷される容量を減少させ、溶液中での微生物増殖も阻害する。

40

【0165】

あるいは低濃度の糖溶液が用いられてもよく、この場合、抗菌性添加剤、例えば広域抗生物質を、低濃度で、例えば50～150ppmで添加することが望ましくなり得る。他の適切な抗生物質としては、アンフォテリシンB、アンピシリン、クロラムフェニコール、シプロフロキサシン、ゲンタマイシン、ヒグロマイシンB、カナマイシン、ネオマイシン、ペニシリン、プロマイシン、ストレプトマイシンが挙げられる。抗生物質は、運搬および貯蔵中の微生物の増殖を阻害し、適切な濃度で、例えば15～1000重量ppm、例えば25～500ppm、または50～150ppmで用いることができる。糖濃度が

50

相対的に高い場合でも、所望なら、抗生物質を含ませることができる。あるいは、防腐特性を有する抗菌性の他の添加物が、用いられてもよい。好ましくは、抗菌性添加剤（複数可）は、食品等級である。

【0166】

酵素を有する炭水化物含有材料に添加される水の量を限定することにより、相対的に高濃度の溶液が得られる。例えば糖化が起こる程度を制御することにより、濃度を制御することができる。例えば、濃度は、溶液により多くの炭水化物含有材料を添加することにより、増大され得る。溶液中で生成されている糖を保持するために、界面活性剤、例えば先に議論された界面活性剤の1種を添加することができる。溶液の温度を上昇させることにより、溶解度も増大することができる。例えば、溶液は、40～50℃、60～80℃、またはそれを超える温度を保持することができる。

10

【0167】

糖化剤

適切なセルロース分解酵素としては、バシラス属、ヒトヨタケ属、ミセリオフィトラ属、セファロスポリウム属、シタリジウム属、ペニシリウム属、アスペルギルス属、シュードモナス属、フミコラ属、フザリウム属、チエラピア属、アクレモニウム属、クリソスポリウム属およびトリコデルマ属の菌株由来のセルラーゼが挙げられ、特にアスペルギルス種（例えば、欧州特許公開第0458162号参照）、フミコラ・インソレンス（シタリジウム・テルモフィルムとして再分類；例えば、米国特許第4,435,307号参照）、コプリヌス・シエレウス、フザリウム・オキシスポルム、ミセリオフィトラ・テルモフィラ、メリピルス・ギガンテウス、チエラピア・テレストリス、アクレモニウム種（例えば非限定的に、A. ペルシシヌム、A. アクレモニウム、A. ブラキペニウム、A. ジクロモスポルム、A. オブクラバツム、A. ピンケルトニエ、A. ロゼオグリセウム、A. インコロラツムおよびA. フラツムなど）の種から選択される菌株により産生されるものが挙げられる。好ましい菌株としては、フミコラ・インソレンス DSM1800、フザリウム・オキシスポルム DSM2672、ミセリオフィトラ・テルモフィラ CBS117.65、セファロスポリウム種 RYM-202、アクレモニウム種 CBS478.94、アクレモニウム種 CBS265.95、アクレモニウム・ペルシシヌム CBS169.65、アクレモニウム・アクレモニウム AHU9519、セファロスポリウム種 CBS535.71、アクレモニウム・ブラキペニウム CBS866.73、アクレモニウム・ジクロモスポルム CBS683.73、アクレモニウム・オブクラバツム CBS311.74、アクレモニウム・ピンケルトニエ CBS157.70、アクレモニウム・ロゼオグリセウム CBS134.56、アクレモニウム・インコロラツム CBS146.62、およびアクレモニウム・フラツム CBS299.70Hが挙げられる。セルロース分解酵素は、クリソスポリウム属、好ましくはクリソスポリウム・ルクノウエンスの菌株から得ることもできる。用いられ得る更なる菌株としては、トリコデルマ属（特に、T. ピリデ、T. リーセイおよびT. コニングー）、好アルカリ性バシラス属（例えば米国特許第3,844,890号および欧州特許公開第0458162号参照）、およびストレプトミセス属（例えば、欧州特許公開第0458162号参照）が挙げられるが、これらに限らない。

20

30

40

【0168】

酵素に加えて、またはそれと併せて、酸、塩基および他の化学物質（例えば、酸化剤）を、リグノセルロース材料およびセルロース材料を糖化するのに用いることができる。これらは、任意の組み合わせまたは順番（例えば、酵素の添加前、添加後および／または添加中）で用いることができる。例えば強い鉱酸（例えば、HCl、H₂SO₄、H₃PO₄）および強塩基（例えば、NaOH、KOH）を用いることができる。

【0169】

糖

本明細書に記載された工程において、例えば糖化後に、糖（例えば、グルコースおよびキシロース）を単離および／または精製することができる。例えば糖は、沈降、結晶化、

50

クロマトグラフィー（例えば、擬似移動床クロマトグラフィー、高圧クロマトグラフィー）、電気透析、遠心分離、抽出、当該技術分野で公知の任意の他の単離方法、およびそれらの組み合わせにより単離および／または精製することができる。

【0170】

水素添加および他の化学転換

本明細書に記載された工程は、水素添加を含み得る。例えば、グルコースおよびキシロースは、それぞれソルビトールおよびキシリトールに水素添加され得る。水素添加は、高圧（例えば、10～12000 psi）下で、H₂と併用で触媒（例えば、Pt/γ-Al₂O₃、Ru/C、ラネーニッケル、または当該技術分野で公知の他の触媒）の使用により遂行され得る。本明細書に記載された工程から得られた生成物の化学転換の他のタイプ、例えば有機糖由来生成物（例えば、フルフラルおよびフルフラル由来生成物）の生成を、利用することができる。糖由来生成物の化学転換は、開示全体が参照により本明細書に組み入れられる、2012年7月3日出願の米国特許出願第13/934,704号に記載される。

10

【0171】

発酵

例えば酵母およびザイモナス菌は、糖（複数可）からアルコール（複数可）への発酵または変換に用いることができる。他の微生物は、以下に議論される。発酵の至適pHは、約pH4～7である。例えば、酵母の至適pHは、約pH4～5であるが、ザイモナス属の至適pHは、約5～6である。典型的な発酵時間は、約24～168時間（例えば24～96時間）で、温度は20℃～40℃（例えば、26℃～40℃）の範囲内であるが、好熱性微生物では、より高温が好ましい。

20

【0172】

幾つかの実施形態において、例えば嫌気性生物が、用いられる場合、発酵の少なくとも一部は、酸素の非存在下、例えばN₂、Ar、He、CO₂またはそれらの混合物などの不活性ガスで覆われて、実行される。加えて混合物は、発酵の一部または全ての間、タンクを通して流れる不活性ガスの一定したパーセントを有し得る。幾つかの例において、嫌気性条件が、発酵中の二酸化炭素生成により達成または保持され、更なる不活性ガスは必要とされない。

【0173】

幾つかの実施形態において、発酵工程の全てまたは一部を、低分子量の糖が完全に生成物（例えば、エタノール）に変換される前に、遮断することができる。中間発酵生成物としては、高濃度の糖および炭水化物が挙げられる。糖および炭水化物は、当該技術分野で公知の任意手段により単離され得る。これらの中間発酵生成物は、ヒトまたは動物消費のための食物の調製に用いることができる。追加または代わりとして、中間発酵生成物は、ステンレス鋼の実験用ミルで微粒子径に粉碎されて、小麦粉様物質を生成することができる。ジェットミキシングを、発酵中に用いることができ、幾つかの例において、糖化および発酵は、同一タンク中で実施される。

30

【0174】

微生物のための栄養素は、糖化および／または発酵中に添加され、例えば食物ベースの栄養素パッケージは、開示全体が参照により本明細書に組み入れられる、2011年7月15日出願の米国特許出願公開第2012/0052536号に記載される。

40

【0175】

「発酵」は、内容が全体として参照により本明細書に組み入れられる、2013年6月27日公開のPCT/US2012/71093号、2012年6月27日公開のPCT/US2012/71907号、および2012年6月27日公開のPCT/US2012/71083号に開示される。

【0176】

内容が全体として参照により本明細書に組み入れられる、国際出願PCT/US2007/074028号（2007年7月20日出願；WO2008/011598として英

50

語で公開され、米国を指定)に記載されているように、可動性発酵槽を利用することができる。同様に、糖化設備は、可動性であってもよい。さらに、糖化および／または発酵は、輸送中に、一部または完全に実施されてもよい。

【0177】

発酵剤

発酵に用いられる微生物(複数可)は、天然由来微生物および／または遺伝子操作された微生物であってもよい。例えば微生物は、細菌(例えば非限定的に、セルロース分解性細菌など)、真菌(例えば非限定的に、酵母など)、植物、原生生物、例えば原生動物または真菌様原生生物(例えば非限定的に、粘菌など)、または藻類であってもよい。生物体が適合性である場合、生物体の混合物を利用することができる。

10

【0178】

適切な発酵微生物は、炭水化物、例えばグルコース、フルクトース、キシロース、アラビノース、マンノース、ガラクトース、オリゴ糖または多糖を発酵生成物に変換する能力を有する。発酵微生物としては、サッカロミセス種(例えば非限定的に、*S. セレビシエ*(パン酵母)、*S. ディスタチクス*、*S. ウバルム*など)、*クルイベロミセス*属(例えば非限定的に、*K. マルキシアヌス*、*K. フラギリス*など)、*カンジダ*属(例えば非限定的に、*C. シュードトロピカリス*および*C. ブラッшке*)、*ピキア・スチピチス*(*カンジダ・シェハテ*の共通系統)、*クラビスポラ*属(例えば非限定的に、*C. ルシタニエ*および*C. オブンチエ*など)、*パチソレン*属(例えば非限定的に、*P. タンノフィルス*など)、*ブレタノミセス*属(例えば非限定的に、*B. クラウセニイ*(*Philippidis*, G. P., 1996, Cellulose bioconversion technology, in Handbook on Bioethanol: Production and Utilization, Wyman, C. E., ed., Taylor & Francis, Washington, DC, 179-212)など)の菌株が挙げられる。その他の適切な微生物としては、例えば、*ザイモナス・モビリス*、*クロストリジウム*種(例えば非限定的に、*C. テルモセルム*(*Philippidis*, 1996, 上記)、*C. サッカロブチラセトニクム*、*C. チロブチリクム*、*C. サッカロブチリクム*、*C. プニセウム*、*C. ベイジェルンキイ*および*C. アセトブチリクム*)、*モニリエラ*種(例えば非限定的に、*M. ポリニス*、*M. トメントサ*、*M. マディダ*、*M. ニグレッセンス*、*M. エドセファリ*(*M. oedocephali*)、*M. メガチリエンシス*)、*ヤロウィア・リポリチカ*、*アウレオバシジウム*種、*トリコスボロノイデス*種、*トリゴノプシス・バリアビリス*、*トリコスボロン*種、*モニリエラアセトアブタンス*種、*チフラ・バリアビリス*、*カンジダ・マグノリエ*、*ウスチラギノミセテス*種、*シュードザイマ・ツクバエンシス*、*ジゴサッカロミセス*属の酵母種、*デバリオマイセス*属、*ハンセヌラ*属および*ピチカ*属、ならびに*トルラ*属の黒色真菌(例えば、*T. コラリナ*)などが挙げられる。

20

30

【0179】

更なる微生物としては、*ラクトバチルス*の群が挙げられる。例としては、*ラクトバチルス・カゼイ*、*ラクトバチルス・ラムノサス*、*ラクトバチルス・デルブルエキイ*、*ラクトバチルス・プランタルム*、*ラクトバチルス・コリニフォルミス*、例えば*ラクトバチルス・コリニフォルミス*亜種*トルケンス*、*ラクトバチルス・ペントサス*、*ラクトバチルス・プレビス*が挙げられる。他の微生物としては、*ペディオコッカス・ペントサセウス*(*Pediosoccus penosaceus*)、*リゾプス・オリゼ*が挙げられる。

40

【0180】

複数の生物体、例えば細菌、酵母および真菌を用いて、糖およびアルコールなどのバイオマス由来生成物をコハク酸および類似の生成物に発酵することができる。例えば生物体は、*アクチノバシルス・スクシノゲネス*、*アナエロビオスピリルム・スクシニシプロデュセンス*、*マンハイミア・スクシニシプロデュセンス*、*ルミノコッカス・フラベファシエン*ス、*ルミノコッカス・アルプス*、*フィプロバクター・スクシノゲネス*、*バクテロイデス・フラギリス*、*バクテロイデス・ルミニコラ*、*バクテロイデス・アミロフィルス*、*バクテリ*

50

オデス・スクシノゲネス、マンヘイミア・スクシニシプロデュセンス、コリネバクテリウム・グルタミカム、アスペルギルス・ニゲル、アスペルギルス・フミガーツス、ピソクラミス・ニベア、レンチヌス・デジェネ、ペシロマイセス・バリオチ、ペニシリウム・ビニフェラム、サッカロマイセス・セレビスエ、エンテロコッカス・フェカリ、プレボテラ・ルミニコラ、デバリオマイセス・ハンセニイ、カンジダ・カテヌラタ VKM Y-5、C. ミコデルマ VKM Y-240、C. ルゴサ VKM Y-67、C. パルジゲナ (paludigena) VKM Y-2443、C. ウティリス VKM Y-74、C. ウティリス 766、C. ゼイラノイデス VKM Y-6、C. ゼイラノデス VKM Y-14、C. ゼイラノデス VKM Y-2324、C. ゼイラノデス VKM Y-1543、C. ゼイラノデス VKM Y-2595、C. バリダ VKM Y-934、クルイペロマイセス・ウィッカーハミイ VKM Y-589、ピキア・アノマラ VKM Y-118、P. ベッセイイ VKM Y-2084、P. メディア VKM Y-1381、P. ギリエルモンディ H-P-4、P. ギリエルモンディ 916、P. イノシトボラ VKM Y-2494、サッカロマイセス・セレビスエ VKM Y-381、トルロプシス・カンジダ 127、トルロプシス・カンジダ 420、ヤロウイア・リポリティカ 12a、Y. リポリティカ VKM Y-47、Y. リポリティカ 69、Y. リポリティカ VKM Y-57、Y. リポリティカ 212、Y. リポリティカ 374/4、Y. リポリティカ 585、Y. リポリティカ 695、Y. リポリティカ 704、およびこれらの生物体の混合物から選択することができる。

10

【0181】

20

多くのそのような微生物菌株は、商業的に、または寄託機関、幾つか挙げると ATCC (American Type Culture Collection、米国バージニア州マナサス所在)、NRRL (Agricultural Research Service Culture Collection、Peoria、米国イリノイ州ピオリア所在) または DSMZ (Deutsche Sammlung von Mikroorganismen und Zellkulturen GmbH、ドイツ ブラウンシュバイク所在) などを通して、公的に入手可能である。

【0182】

市販の酵母としては、例えば Red Star (登録商標) / Lesaffre Ethanol Red (米国の Red Star / Lesaffre A から入手可能)、FALI (登録商標) (米国の Burns Philip Food Inc.、の Fleischmann's Yeast, a division から入手可能)、SUPERSTART (登録商標) (Alltech、現在の Lalemand から入手可能)、GERT STRAND (登録商標) (スウェーデンの Gert Strand AB から入手可能) および FERMOL (登録商標) (DSM Specialties から入手可能) が挙げられる。

30

【0183】

蒸留

ここでまで記載された通り、発酵後、得られた流体は、例えば「ビールカラム」を用いて蒸留されて、大部分の水および残留固体からエタノールおよび他のアルコールを分離し得る。ビールカラムを出る蒸気は、例えば 35 重量% エタノールであり、精留塔に供給することができる。精留塔からのほぼ共沸混合性 (92.5%) のエタノールおよび水の混合物は、蒸気相分子ふるいを用いて、純 (99.5%) エタノールに精製することができる。ビールカラム底は、三重効用蒸発器の第一効用に送出することができる。精留塔還流冷却器は、この第一効用のために熱を提供することができる。第一効用後、固体は、遠心分離器を用いて分離して、回転式乾燥機で乾燥することができる。遠心分離流出液の一部 (25%) は、発酵に再循環され、残りは第二および第三蒸発器効用に送出することができる。蒸発器凝縮物のほとんどが、かなり透明な凝縮物として該工程に戻され、小部分が、廃水処理に分けられて、低沸点化合物の蓄積を防止することができる。

40

【0184】

50

炭化水素含有材料

本明細書に記載された方法およびシステムを使用する他の実施形態において、例えばバイオマスと混合された、炭化水素含有材料を加工することができる。例えばコジェネレーションプラントで発生されたエネルギーは、炭化水素含有材料を加工するために用いることができ、またはボイラ用の燃料を提供することによりエネルギーを生成するのに用いることができる。本明細書に記載された工程の幾つかは、本明細書に記載された任意の炭化水素含有材料を処理するのに用いることができる。本明細書で用いられる「炭化水素含有材料」は、油砂、油頁岩、タールサンド、粉炭、石炭スラリー、ピッチューメン、様々なタイプの石炭、ならびに炭化水素成分および固形分の両方を含む他の天然由来および合成材料を含むことを意味する。固形分としては、岩、砂、粘土、石、沈泥、掘削スラリー、または他の固体有機物および／もしくは無機物を挙げることができる。その用語は、掘削廃棄物および副産物などの廃棄生成物、精錬された廃棄物および副産物、または炭化水素成分を含む他の廃棄生成物、例えばアスファルトシングルおよび被覆、アスファルト舗装なども包含し得る。

10

【0185】

運搬システム

様々な運搬システムを用いて、バイオマス材料を、例えば議論された通り保管庫へ、そして保管庫内の電子ビームの下に運搬することができる。模範的コンベヤは、ベルトコンベヤ、空気式コンベヤ、スクリュコンベヤ、カート、列車、線路上の列車またはカート、エレベータ、フロントローダ、バックホー、クレーン、様々なスクレーパおよびショベル、トラック、ならびに投入デバイスを用いることができる。例えば振動コンベヤは、本明細書に記載された様々な工程で用いることができる。振動コンベヤは、開示全体が参照により本明細書に組み入れられる、2013年10月10日出願のPCT/US2013/64289号に記載される。

20

【0186】

振動コンベヤは、材料を広げて、コンベヤトラフの表面で均一な層を生成するのに、特に有用である。例えば最初の原料は、少なくとも4フィートの高さ（例えば、少なくとも約3フィート、少なくとも約2フィート、少なくとも約1フィート、少なくとも約6インチ、少なくとも約5インチ、少なくとも約4インチ、少なくとも約3インチ、少なくとも約2インチ、少なくとも約1インチ、少なくとも約1/2インチ）およびコンベヤの幅よりも小さい全長（例えば、約10%未満、約20%未満、約30%未満、約40%未満、約50%未満、約60%未満、約70%未満、約80%未満、約90%未満、約95%未満、約99%未満）になり得る材料の堆積を形成することができる。振動コンベヤは、材料を、好ましくは先に議論された通り、コンベヤトラフの幅全体にかけ、均一な厚さを有するように、広げることができる。幾つかの例において、更なる展延方法が、有用になり得る。例えば散布スプレッダ、滴下スプレッダ（例えば、CHRISTY SPREADER（商標））またはそれらの組み合わせなどのスプレッダを用いて、広い面積に原料を滴下すること（例えば、配置すること、注入すること、ばらまくこと、および／または振りかけること）ができる。場合によりスプレッダは、振動コンベヤ上に広いシャワーまたはカーテンとしてバイオマスを送達することができる。さらに、第一のコンベヤ（例えば、第一のコンベヤは原料の照射において用いられる）から上流の第二のコンベヤが、第一のコンベヤ上にバイオマスを滴下することができ、そこで第二のコンベヤが、第一のコンベヤよりも小さい、運搬方向に対して横方向の幅を有し得る。特に第二のコンベヤが、振動コンベヤである場合、原料は、第二のコンベヤおよび第一のコンベヤの活動により広げられる。幾つかの選択的实施形態において、第二のコンベヤは、斜め方向に切断された端部から吐出されるようになっており（例えば、4:1比で斜めに切断）、材料が広いカーテンとして（例えば、第二のコンベヤの幅よりも広い）第一のコンベヤに滴下することができる。スプレッダ（例えば、散布スプレッダ、滴下スプレッダ、コンベヤ、またはクロスカット振動コンベヤ）によるバイオマスの最初の滴下エリアは、第一の振動コンベヤの幅全体に広がり得るか、またはこの幅の一部に広がり得る。材料は、コンベヤに滴下され

30

40

50

ると、コンベヤの振動により、さらに均一に広げられて、好ましくはコンベヤの幅全体が、バイオマスの均一層で覆われるようになる。幾つかの実施形態において、スプレッダの組み合わせを使用することができる。原料を広げる幾つかの方法は、開示全体が参照により本明細書に組み入れられる、2002年7月23日に出願され2006年12月26日に公開された米国特許第7,153,533号に記載される。

【0187】

一般に、電子ビームを通して可能な限り急速に材料を運搬し、処理能力を最大にすることが好ましい。例えば材料は、少なくとも1フィート/分、例えば少なくとも2フィート/分、少なくとも3フィート/分、少なくとも4フィート/分、少なくとも5フィート/分、少なくとも10フィート/分、少なくとも15フィート/分、少なくとも20フィート/分、少なくとも25フィート/分、少なくとも30フィート/分、少なくとも40フィート/分、少なくとも50フィート/分、少なくとも60フィート/分、少なくとも70フィート/分、少なくとも80フィート/分、少なくとも90フィート/分の速度で運搬することができる。運搬の速度は、ビーム電流および目的となる照射線量に関係し、例えば、5.5フィート幅のコンベヤに1/4インチ厚のバイオマスを100mAで広げる場合、コンベヤは、約20フィート/分で移動して、有用な照射線量を提供することができる（例えば、1パスで約10Mrad）、50mAでは、コンベヤは、約10フィート/分で移動して、ほぼ同じ照射線量を提供することができる。

【0188】

材料を運搬し得る速度は、運搬される材料の形状および重量、ならびに所望の処理に依存する。材料、例えば粒子材料を流す場合、振動コンベヤでの運搬には特に実行し易い。運搬速度は、例えば少なくとも100ポンド/時間（例えば、少なくとも500ポンド/時間、少なくとも1000ポンド/時間、少なくとも2000ポンド/時間、少なくとも3000ポンド/時間、少なくとも4000ポンド/時間、少なくとも5000ポンド/時間、少なくとも10000ポンド/時間、少なくとも15000ポンド/時間、または少なくとも25000ポンド/時間）になり得る。幾つかの典型的な運搬速度は、約1000~10,000ポンド/時間（例えば、約1000~8,000ポンド/時間、約2000~7,000ポンド/時間、約2000~6,000ポンド/時間、約2000~5,000ポンド/時間、約2000~4,500ポンド/時間、約1500~5,000ポンド/時間、約3000~7,000ポンド/時間、約3000~6,000ポンド/時間、約4000~6,000ポンド/時間および約4000~5,000ポンド/時間）になり得る。典型的な運搬速度は、材料の密度に依存する。例えば密度約35ポンド/フィート³および運搬速度約5000ポンド/時間のバイオマスの場合、材料は、約143フィート³/時間の速度で運搬され、材料が1/4インチ厚で、5.5フィート幅のトラフに入れられる場合、材料は約1250フィート/時間（約21フィート/分）の速度で運搬される。それゆえ材料を運搬する速度は、大きく変動し得る。好ましくは例えば1/4インチ厚のバイオマスは、約5~100フィート/分（例えば、約5~100フィート/分、約6~100フィート/分、約7~100フィート/分、約8~100フィート/分、約9~100フィート/分、約10~100フィート/分、約11~100フィート/分、約12~100フィート/分、約13~100フィート/分、約14~100フィート/分、約15~100フィート/分、約20~100フィート/分、約30~100フィート/分、約40~100フィート/分、約2~60フィート/分、約3~60フィート/分、約5~60フィート/分、約6~60フィート/分、約7~60フィート/分、約8~60フィート/分、約9~60フィート/分、約10~60フィート/分、約15~60フィート/分、約20~60フィート/分、約30~60フィート/分、約40~60フィート/分、約2~50フィート/分、約3~50フィート/分、約5~50フィート/分、約6~50フィート/分、約7~50フィート/分、約8~50フィート/分、約9~50フィート/分、約10~50フィート/分、約15~50フィート/分、約20~50フィート/分、約30~50フィート/分、約40~50フィート/分）の速度で運搬される。例えば電子ビーム（例えば、シャワー、照射野）の下を通過する

10

20

30

40

50

時に材料の一定した照射の維持を支援するために、材料が一定速度で運搬されることが好ましい。

【0189】

記載された振動コンベヤは、材料をふるい分けて選別するためのふるいを含むことができる。トラフの側面または底部の開口部を、例えばサイズまたは形状により、特定材料を選別、選択または除去するために用いることができる。幾つかのコンベヤは、支持構造への動的力を低減するために、釣合い重りを有する。幾つかの振動コンベヤは、螺旋エレベータとして構成され、表面のあたりで湾曲するように設計され、そして／または1つのコンベヤから他方のコンベヤに材料を滴下するように（例えば、段階的、カスケードまたは一連の段もしくは階段として）設計されている。材料を運搬することに加えて、コンベヤは、ふるい分け、分離、選別、分類、分配、サイズわけ、検閲、抜き取り、金属除去、凍結、ブレンド、混合、配列、加熱、蒸解、乾燥、脱水、浄化、洗浄、濾過、クエンチング、コーティング、除塵、および／または供給のために単独で、または他の設備もしくはシステムと連結させて、使用することができる。コンベヤは、カバー（例えば、防塵カバー）、側部吐出ゲート、底部吐出ゲート、特別なライナー（例えば、抗粘着性、ステンレス鋼、ゴム、特注のスチール、および／または溝付き）、分離したトラフ、クエンチプール、ふるい、穿孔プレート、検出器（例えば、金属検出器）、高温設計、食品等級の設計、ヒータ、乾燥機および／または冷却器を含むこともできる。加えてトラフは、様々な形状、例えば平坦な底部、V字形の底部、最上部のフランジ、湾曲した底部、いずれかの方向に隆起のある平板、管状、半円型、覆い付き、またはこれらのいずれかの組み合わせであってもよい。特に該コンベヤは、照射システムおよび／または設備と連結することができる。

10

20

【0190】

コンベヤ（例えば、振動コンベヤ）は、耐腐食性材料で作製することができる。コンベヤは、ステンレス鋼（例えば、304、316ステンレス鋼、HASTELLOY（登録商標）合金およびINCONEL（登録商標）合金）を含む構造材料を使用することができる。例えばHynes（米国インディアナ州コーコモー所在）のHASTELLOY（登録商標）耐腐食性合金、例えばHASTELLOY（登録商標）B-3（登録商標）合金、HASTELLOY（登録商標）HYBRID-BC1（登録商標）合金、HASTELLOY（登録商標）C-4合金、HASTELLOY（登録商標）C-22（登録商標）合金、HASTELLOY（登録商標）C-22HS（登録商標）合金、HASTELLOY（登録商標）C-276合金、HASTELLOY（登録商標）C-2000（登録商標）合金、HASTELLOY（登録商標）G-30（登録商標）合金、HASTELLOY（登録商標）G-35（登録商標）合金、HASTELLOY（登録商標）N合金およびHASTELLOY（登録商標）ULTIMET（登録商標）合金。

30

【0191】

振動コンベヤは、非粘着性の剥離コーティング、例えばTUFFLON（商標）（DuPont、米国デラウェア州所在）を含むことができる。振動コンベヤは、耐腐食性コーティングを含むこともできる。例えば、Metal Coatings Corp（米国テキサス州ヒューストン所在）から供給され得るコーティングなど、例えばフルオロポリマーXYLAN（登録商標）、二硫化モリブデン、エポキシフェノール、リン酸第一鉄金属コーティング、エポキシ用のポリウレタン高光沢トップコート、無機亜鉛、ポリテトラフルオロエチレン、PPS/RYTON（登録商標）、フッ素化エチレンプロピレン、PVDF/DYKOR（登録商標）、ECTFE/HALAR（登録商標）およびセラミックエポキシコーティング。コーティングは、プロセスガス（例えば、オゾン）、化学腐食、点食、焼き付き腐食および酸化への耐性を改善することができる。

40

【0192】

場合により、本明細書に記載された運搬システムに加えて、1つ以上の他の運搬システムが取り囲まれていてもよい。囲みを利用する場合、取り囲まれた運搬システムは、酸素レベルの低い大気中に保持されるように、不活性ガスでパージさせることもできる。酸素

50

レベルを低く保つことで、幾つかの例において反応性および毒性により望ましくない、オゾンの形成が回避される。例えば酸素は、約20%未満（例えば、約10%未満、約1%未満、約0.1%未満、約0.01%未満または約0.001%未満の酸素）になり得る。パージは、非限定的に窒素、アルゴン、ヘリウムまたは二酸化炭素などの不活性ガスを用いて実施することができる。これは、液体供給源（例えば、液体窒素またはヘリウム）の蒸発により供給すること、そのものの位置で空気から発生もしくは分離すること、またはタンクから供給することができる。不活性ガスは、再循環することができ、任意の残留酸素を、銅触媒床などの触媒を用いて除去することができる。あるいはパージと、再循環と、酸素除去の組み合わせを、酸素レベルを低く保つために実施することができる。

【0193】

取り囲まれたコンベヤは、バイオマスと反応し得る反応性ガスでパージすることもできる。これは、照射工程の前、照射工程中または照射工程後に実施することができる。反応性ガスは、亜酸化窒素、アンモニア、酸素、オゾン、炭化水素、芳香族化合物、アミド、過氧化物、アジド、ハロゲン化物、オキシハロゲン化物、リン化物、ホスフィン、アルシン、スルフィド、チオール、ボラン、および／または水素化物であってもよいが、これらに限らない。反応性ガスは、例えば照射（例えば、電子ビーム、UV照射、マイクロ波照射、加熱、IR線）により、囲みの中で活性化させて、反応性ガスをバイオマスと反応させることができる。バイオマスそのものは、例えば照射により、活性化することができる。好ましくはバイオマスは、電子ビームにより活性化されてラジカルを生成し、その後、例えばラジカルカップリングまたはクエンチングにより、活性化または不活性化反応性ガスと反応させる。

【0194】

取り囲まれたコンベヤに供給されたパージガスは、例えば約25℃未満、約0℃未満、約-40℃未満、約-80℃未満、約-120℃未満に冷却することもできる。例えばガスは、液体窒素などの圧縮ガスから蒸発させること、または固体二酸化炭素から昇華させることができる。別の例として、ガスは冷凍機により冷却することができ、またはコンベヤの一部もしくは全体を冷却することができる。

【0195】

他の実施形態

本明細書で議論された任意の材料、加工または加工された材料を用いて、複合体、充填剤、結合剤、可塑性添加剤、吸着剤および制御放出剤などの生成物および／または中間体を作製することができる。該方法は、例えば圧力および熱を材料に加えることによる、高密度化を含むことができる。例えば複合体は、繊維性材料を樹脂またはポリマーと混和することにより作製することができる。例えば放射線架橋性樹脂、例えば熱可塑性樹脂を繊維性材料と混和して、繊維性材料／架橋性樹脂の混和物を提供することができる。そのような材料は、例えば建築材料、保護シート、コンテナおよび他の構造材料（例えば、鋳造および／または押出生成物）として有用になり得る。吸収剤は、例えばペレット、チップ、繊維および／またはシートの形態であってもよい。吸着剤を、例えばペット用寝床材、梱包材として、または汚染制御システムにおいて用いることができる。制御放出性マトリックスは、例えばペレット、チップ、繊維および／またはシートの形態であってもよい。制御放出性マトリックスは、例えば薬物、殺生物剤、芳香剤を放出するために用いることができる。例えば複合体、吸収剤および制御放出剤、ならびにそれらの使用は、開示全体が参照により本明細書に組み入れられる、2006年3月23日出願の国際特許出願PCT/US2006/010648号および2011年11月22日出願の米国特許第8,074,910号に記載される。

【0196】

幾つかの例において、バイオマス材料は、例えば加速された電子を用いて、第一のレベルで処理されて難分解性を低下させ、1種以上の糖（例えば、キシロース）を選択的に放出する。バイオマスは、その後、第二のレベルに処理されて、1種以上の他の糖（例えば、グルコース）を放出することができる。場合によりバイオマスは、処理間で乾燥させる

ことができる。処理は、化学処理および生化学処理を施して、糖を放出することができる。例えばバイオマス材料は、約20Mrad未満（例えば、約15Mrad未満、約10Mrad未満、約5Mrad未満、約2Mrad未満）のレベルに処理され、その後、10%未満（例えば、約9%未満、約8%未満、約7%未満、約6%未満、約5%未満、約4%未満、約3%未満、約2%未満、約1%未満、約0.75%未満、約0.50%未満、約0.25%未満）の硫酸を含む硫酸溶液で処理されて、キシロースを放出することができる。例えば溶液に放出されるキシロースを固体から分離し、場合により固体を溶媒／溶液（例えば、水および／または酸性化水）で洗浄することができる。場合により固体を、例えば空气中、および／または真空下で場合により加熱しながら（例えば、約150℃未満、約120℃未満）で水分量約25重量%未満（約20重量%未満、約15重量%未満、約10重量%未満、約5重量%未満、）に乾燥させることができる。その後、固体を約30Mrad未満（例えば、約25Mrad未満、約20Mrad未満、約15Mrad未満、約10Mrad未満、約5Mrad未満、約1Mrad未満または全くない）のレベルで処理し、その後、酵素（例えば、セルラーゼ）で処理して、グルコースを放出することができる。グルコース（例えば、溶液中グルコース）を、残留固体から分離することができる。その後、固体をさらに加工して、例えばエネルギーまたは他の生成物（例えば、リグニン由来生成物）を生成するのに用いることができる。

10

【0197】

香味剤、芳香剤および着色剤

例えば本明細書に記載された工程、システムおよび／または設備により生成される、本明細書に記載された生成物および／または中間体のいずれかを、香味剤、芳香剤、着色剤および／またはこれらの混合物と混和することができる。例えば、糖、有機酸、燃料、ポリオール、例えば糖アルコール、バイオマス、繊維および複合体（場合により香味剤、芳香剤および／または着色剤と共に）の任意の1種以上を、混和（例えば、製剤、混合または反応）することができ、または他の生成物を作製するのに用いることができる。例えば1種以上のそのような生成物を用いて、石鹸、洗剤、キャンディー、飲料（例えば、コーラ、ワイン、ビール、リキュール、例えばジンまたはウォッカ、スポーツ飲料、コーヒー、紅茶）、シロップ医薬品、接着剤、シート（例えば、織物、不織布、フィルター、ティッシュ）および／または複合体（例えば、板）を作製することができる。例えば1種以上のそのような生成物を、ハーブ、花、花びら、スパイス、ビタミン、ポプリ、または蠟燭と混和することができる。例えば製剤、混合または反応させた混和物は、グレープフルーツ、オレンジ、アップル、ラズベリー、バナナ、レタス、セロリ、シナモン、チョコレート、バニラ、ペパーミント、ミント、玉ねぎ、にんにく、胡椒、サフラン、生姜、ミルク、ワイン、ビール、紅茶、赤身の牛肉、魚、二枚貝、オリーブオイル、ココナッツ脂肪、豚脂、バター脂肪、ビーフブイヨン、マメ科植物、ジャガイモ、マーマレード、ハム、コーヒーおよびチーズの香味剤／芳香剤を有することができる。

20

30

【0198】

香味剤、芳香剤および着色剤は、任意の量、例えば約0.001重量%～約30重量%、例えば約0.01重量%～約20重量%、約0.05重量%～約10重量%、または約0.1重量%～約5重量%添加することができる。これらは、任意の手段および任意の順序または連続で（例えば、攪拌、混合、乳化、ゲル化、注入、加熱、音波処理、および／または懸濁）製剤、混合および／または反応させることができる（例えば、本明細書に記載される任意の1種以上の生成物または中間体と）。充填剤、結合剤、乳化剤、抗酸化剤、例えばタンパク質のゲル、デンプンおよびシリカを、用いることもできる。

40

【0199】

一実施形態において、照射により生成された反応部位が香味剤、芳香剤および着色剤の反応適合性部位と反応し得るようにバイオマスを照射した直後に、香味剤、芳香剤および着色剤をバイオマスに添加することができる。

【0200】

香味剤、芳香剤および着色剤は、天然および／または合成材料であってもよい。これら

50

の材料は、化合物、組成物またはこれらの混合物のうちの1つ以上であってもよい（例えば、複数の化合物の製剤または天然組成物）。場合により香味剤、芳香剤、抗酸化剤および着色剤は、例えば発酵工程（例えば、本明細書に記載された糖化材料の発酵）から、生物学的に誘導することができる。代わりまたは追加として、これらの香味剤、芳香剤および着色剤は、生物体の全体（例えば、植物、真菌、動物、細菌または酵母）または生物体の一部から採取することができる。生物体は、回収および／または抽出されて、本明細書に記載された方法、システムおよび設備を用いること、高温抽出、超臨界流体抽出、化学的抽出（例えば、酸および塩基を含む溶媒または反応性抽出）、機械的抽出（例えば、圧迫、破碎、濾過）、酵素の使用、出発原料を破壊するような細菌の使用、ならびにこれらの方法の組み合わせなど任意の手段により、色、香味剤、芳香剤および／または抗酸化剤を提供することができる。該化合物は、化学反応、例えば糖（例えば、本明細書に記載された通り生成される）とアミノ酸との混和（メイラード反応）により誘導することができる。香味剤、芳香剤、酸化剤および／または着色剤は、本明細書に記載された方法、設備またはシステムにより生成される中間体および／または生成物、例えばエステルおよびリグニン由来生成物であってもよい。

10

【0201】

香味剤、芳香剤または着色剤の幾つかの例が、ポリフェノールである。ポリフェノールは、多くの果物、野菜、穀粒および花の赤色、紫色および青色着色剤を担う顔料である。ポリフェノールは、抗酸化性も有することができ、多くの場合、苦味を有する。抗酸化性は、これらを重要な防腐剤にする。ポリフェノールの分類に、フラボノイド、例えばアントシアニン、フラバノール、フラバン-3-オール、フラバノンおよびフラバノールである。用いられ得る他のフェノール性化合物としては、フェノール酸およびそのエステル、例えばクロロゲン酸および高分子タンニンが挙げられる。

20

【0202】

着色剤のうち、無機化合物、無機質または有機化合物、例えば二酸化チタン、酸化亜鉛、酸化アルミニウム、カドミウムイエロー（例えば、CdS）、カドミウムオレンジ（例えば、若干のSeを含むCdS）、アリザリンクリムゾン（例えば、合成または非合成ローズマダー）、ウルトラマリン（例えば、合成ウルトラマリン、天然ウルトラマリン、合成ウルトラマリンバイオレット）、コバルトブルー、コバルトイエロー、コバルトグリーン、ビリジアン（例えば、酸化クロム（III）水和物）、黄銅鉱、コニカルコ石、コルヌビア石、コーンウォール石およびリロコナイトを用いることができる。カーボンブラックおよび自己分散型ブラックなどの黒色顔料を用いてもよい。

30

【0203】

用いられ得る幾つかの香味剤および芳香剤としては、アカレアTBHQ、アセトC-6、アリルアミルグリコラート、 α -テルピネオール、アンブレットリド、アンブリノール95、アンドラン、アフェルメート、アップルライド（APPLELIDE）、BACDANOL（登録商標）、ベルガマル、 β -イオノンエポキシド、 β -ナフチルイソブチルエーテル、ビシクロノナラクトン、BORNAFIX（登録商標）、カントキサール、CASHMERAN（登録商標）、CASHMERAN（登録商標）VELVET、CASSIFFIX（登録商標）、セドラフィックス、CEDRAMBER（登録商標）、セドリルアセタート、セレストリド、シンナマルバ、シトラルジメチルアセタート、CITROLATE（商標）、シトロネロール700、シトロネロール950、シトロネロールクール、シトロネリルアセタート、シトロネリルアセタートピュア、シトロネリルアセタートピュア、シトロネリルホルマート、クラリセット、クロナール、コニフェラン、コニフェランピュア、コルテクスアルデヒド50%ペオモサ、シクラブテ、CYCLACET（登録商標）、CYCLAPROP（登録商標）、CYCLEMAX（商標）、シクロヘキシルエチルアセタート、ダマスコル、 δ ダマスコン、ジヒドロシクラセット、ジヒドロミルセノール、ジヒドロテルピネオール、ジヒドロテルピニルアセタート、ジメチルシクロルモール、ジメチルオクタノールPQ、ジミルセトール、ジオラ、ジペンテン、DULCINYL（登録商標）RECRYSTALLIZED、エチルー3-フェニルグリ

40

50

シダート、フレーラモン、フレーラニル、フローラルスーパー、フロラロゾン、フロリフ
 ォール、フレイストーン (FRA I S T O N E)、フルクトン、GALAXOLIDE (登
 録商標) 50、GALAXOLIDE (登録商標) 50 BB、GALAXOLIDE (登
 録商標) 50 I P M、GALAXOLIDE (登録商標) U N D I L U T E D、G
 A L B A S C O N E、ゲラルデヒド、ゲラニオール5020、ゲラニオール600タイプ
 、ゲラニオノール950、ゲラニオール980 (ピュア)、ゲラニオールCFTクール、
 ゲラニオールクール、ゲラニルアセタートクール、ゲラニルアセタートピュア、ゲラニル
 ホルマート、グリサルバ、グアイルアセタート、H E L I O N A L (商標)、ヘルバック
 、H E R B A L I M E (商標)、ヘキサデカノリド、ヘキサロン、ヘキセニルサリチラー
 トシスー3、ヒヤシンスボディ、ヒヤシンスボディNo. 3、ハイドラトロピックアルデ
 ヒドDMA、ヒドロキシオール、ハイポーレム、インドラローム、イントレレベンアルデ
 ヒド、イントレレベンアルデヒドスペシャル、イオノンアルファ、イオノンベータ、イソ
 シクロシトラル、イソシクロゲラニオール、I S O E S U P E R (登録商標)、イソ
 ブチルキノリン、ジャスマル、J E S S E M A L (登録商標)、K H A R I S M A L (登
 録商標)、K H A R I S M A L (登録商標) S U P E R、クフシニル、K O A V O N E (登
 録商標)、K O H I N O O L (登録商標)、L I F F A R O M E (商標)、リモキサール、
 L I N D E N O L (商標)、L Y R A L (登録商標)、リレイムスーパー、マンダリ
 ンアルド10%トリエチル、C I T R、マリティマ、MCKチャイニーズ、M E I J I F
 F (商標)、メラフレール、メロゾン、メチルアントラニラート、メチルイオノンアルフ
 ァエキストラ、メチルイオノンガンマA、メチルイオノンガンマクール、メチルイオノン
 ガンマピュア、メチルラベンダーケトン、M O N T A V E R D I (登録商標)、ミュゲシ
 ア、ミュゲアルデヒド50、ムスクZ4、ミラックアルデヒド、ミルセニルアセタート、
 N E C T A R A T E (商標)、ネロール900、ネリルアセタート、オシメン、オクタセ
 タール、オレンジフラワーエーテル、オリボン、O R R I N I F F 2 5 %、オキサスピラ
 ン、オゾフレール、P A M P L E F L E U R (登録商標)、ペオモサ、P H E N O X A N
 O L (登録商標)、ピコニア、プレシクレモンB、プレニルアセタート、プリスマントール、
 レセダボディ、ロザルバ、ロザムスク、サンジノール、S A N T A L I F F (商標)
 、シベルタール、テルピネオール、テルピノレン20、テルピノレン90PQ、テルピノ
 レンレクト (T E R P Y N O L E N E R E C T.)、テルピニルアセタート、テルピニ
 ルアセタートJAX、T E T R A H Y D R O M U G U O L (登録商標)、テトラヒドロ
 ミルセノール、テトラメラン、T I M B E R S I L K (商標)、トバカロール、T R I M
 O F I X (登録商標) O T T、T R I P L A L (登録商標)、T R I S A M B E R (登
 録商標)、バノリス、V E R D O X (商標)、V E R D O X (商標) H C、V E R T E N
 E X (登録商標)、V E R T E N E X (登録商標) H C、V E R T O F I X (登録商標)
 C O E U R、ベルトリフ、ベルトリフイソ、ビオリフ、ビバルディエ、ゼノリド、A B S
 インディア 7 5 P C T ミグリオール、A B S モロッコ 5 0 P C T D P G
 、A B S モロッコ 5 0 P C T T E C、アブソルートフレンチ、アブソルートイン
 ディア、アブソルートMD 5 0 P C T B B、アブソルートモロッコ、コンセントレ
 ート P G、ティンクチャー20 P C T、アンバーグリス、アンブレットアブソルート
 、アンブレットシードオイル、アルモワーズオイル70 P C T ツヨン、バジルアブソ
 ルートグランベール、バジルグランベールA B S M D、バジルオイルグランベール、バ
 ジルオイルバーベナ、バジルオイルベトナム、ベイオイルテルペンレス、ビーズワックス
 A B S N G、ビーズワックスアブソルート、ベンゾインレジノイドシナム、ベンゾイ
 ンレジノイドシナム50 P C T D P G、ベンゾインレジノイドシナム 5 0 P C T
 P G、ベンゾインレジノイドシナム 7 0 . 5 P C T T E C、ブラックカラントブ
 ッド A B S 6 5 P C T P G、ブラックカラントブッド A B S M D 3 7 P
 C T T E C、ブラックカラントブッド A B S ミグリオール、ブラックカラントブッ
 ドアブソルートバーガンディ、ボアドローズオイル、ブランアブソルート、ブランレジノ
 イド、ブルームアブソルートイタリー、カルダモングアテマラCO2エキストラクト、カル
 ダモンオイルグアテマラ、カルダモノイルインディア、キャロットハート、キャシーア

ブソルートエジプト、キャシーアブソルート MD 50 PCT IPM、キャストレ
 ウム ABS 90 PCT TEC、キャストレウム ABS C 50 PCT ミ
 グリオール、キャストレウム アブソルート、キャストレウムレジノイド、キャストレウ
 ムレジノイド 50 PCT DPG、セドロールセドレン、セドラスアトランティカオ
 イルレジスト、カモミールオイルロマン、カモミールオイルワイルド、カモミールオイル
 ワイルドロウリモネン (CHAMOMILE OIL WILD LOW LIMONE
 NE)、シナモンバークオイルセイロン、シストアブソルート、シストアブソルートカラ
 ーレス、シトロネラオイルアジアアイロンフリー、シベット ABS 75 PCT P
 G、シベットアブソルート、シベットティンクチュア 10 PCT、クラリセージ A
 BS フレンチ デコル (DECOL)、クラリセージアブソルートフレンチ、クラリセ
 ージ シーレス (C'LESS) 50 PCT PG、クラリセージオイルフレンチ、
 コバイババルサム、コバイババルサムオイル、コリアンダーシードオイル、シブレスオイ
 ル、シブレスオイルオーガニック、ダバナオイル、ガルバノール、ガルバナナムアブソルー
 トカラーレス、ガルバナナムオイル、ガルバナナムレジノイド、ガルバナナムレジノイド 50
 PCT DPG、ガルバナナムレジノイドヘルコリンBHT、ガルバナナムレジノイドTE
 C BHT、ゲンチアン (GENETIANE) アブソルート MD 20 PCT B
 B、ゲンチアンコンクリート、ゲラニウム ABS エジプト MD、ゲラニウムアブソ
 ルートエジプト、ゲラニウムオイルチャイナ、ゲラニウムオイルエジプト、ジンジャーオ
 イル624、ジンジャーオイル 精留可溶性 (RECTIFIED SOLUBLE)、
 グアヤクウッドハート、ヘイ ABS MD 50 PCT BB、ヘイアブソルート、
 ヘイアブソルート MD 50 PCT TEC、ヒーリングウッド、ヒソップオイルオー
 ガニック、イモータル ABS ユーゴ MD 50 PCT TEC、イモータルア
 ブソルートスペイン、イモータルアブソルートユーゴ、ジャスミンABSインディアMD
 、ジャスミンアブソルートエジプト、ジャスミンアブソルートインディア、ジャスミン (A
 SMIN) アブソルートモロッコ、ジャスミンアブソルートサンバック、ジョンキルA
 BS MD 20 PCT BB、ジョンキルアブソルートフランス、ジュニパーベリー
 オイルFLG、ジュニパーベリーオイル 精留可溶性、ラブダニウムレジノイド 50
 PCT TEC、ラブダニウムレジノイド BB、ラブダニウムレジノイド MD、ラブ
 ダニウムレジノイド MD 50 PCT BB、ラバンジンアブソルート H、ラバン
 ジンアブソルート MD、ラバンジンオイル、アブリアルオーガニック、ラバンジンオイ
 ルグロッソオーガニック、ラバンジンオイルスーパー、ラベンダーアブソルート H、ラ
 ベンダーアブソルート MD、ラベンダーオイルクマリンフリー、ラベンダーオイルクマ
 リンフリーオーガニック、ラベンダーオイルメイレットオーガニック、ラベンダーオイル
 MT、メイスアブソルート BB、モクレン花オイルローメチルオイゲノール、モクレン
 花オイル、モクレン花オイル MD、モクレン葉オイル、マンダリンオイル MD、マン
 ダリンオイル BHT、マテアブソルート BB、モスツリー (MOSS TREE) ア
 ブソルート MD TEX IFRA 43、モスオーク ABS MD TEC IF
 RA 43、モスオークアブソルート IFRA 43、モスオークアブソルート MD
 IPM IFRA 43、ミルラレジノイド BB、ミルラレジノイド MD、ミルラ
 レジノイドTEC、マートルオイルアイロンフリー、マートルオイルチュニジア精留、ナル
 シスABS MD 20 PCT BB、ナルシスアブソルートフレンチ、ネロリオイ
 ルチュニジア、ナツメグオイルテルペンレス、カーネーションアブソルート、オリバナム
 アブソルート、オリバナムレジノイド、オリバナムレジノイド BB、オリバナムレジノ
 イド DPG、オリバナムレジノイドエキストラ 50 PCT DPG、オリバナムレ
 ジノイド MD、オリバナムレジノイド MD 50 PCT DPG、オリバナムレ
 ジノイドTEC、オポポナックスレジノイド TEC、オレンジビガラードオイル MD
 BHT、オレンジビガラードオイル MD SCFC、オレンジフラワーアブソルートチ
 ュニジア、オレンジフラワーウォーターアブソルートチュニジア、オレンジリーフアブソ
 ルート、オレンジリーフウォーターアブソルートチュニジア、オリスアブソルートイタリ
 ー、オリスコンクリート 15 PCT イロン (IRONE)、オリスコンクリート

10

20

30

40

50

8 P C T イロン、オリスナチュラル 15 P C T イロン 4095 C、オリスナ
 チュラル 8 P C T イロン 2942 C、オリスレジノイド、オスマンサスアブソル
 ート、オスマンサスアブソルート MD 50 P C T B B、パチョリハート No 3、
 パチョリオイルインドネシア、パチョリオイルインドネシアアイロンフリー、パチョリオ
 イルインドネシア MD、パチョリオイルレジスト、ペニーロイヤルハート、ペパーミン
 トアブソルート MD、プチグレインビガラードオイルチュニジア、プチグレインシトロ
 ニエオイル、プチグレインオイルバラグアイテルペンレス、プチグレインオイルテルペン
 レス S T A B、ピメントベリーオイル、ピメントリーフオイル、ロジノール E X ゲラニウ
 ムチャイナ、ローズ A B S ブルガリアンローメチルオイゲノール、ローズ A B S モロッコ
 ローメチルオイゲノール、ローズ A B S ターキッシュローメチルオイゲノール、ローズア
 ブソルート、ローズアブソルートブルガリアン、ローズアブソルートダマスケナ、ローズ
 ア

ブソルート MD、ローズアブソルートモロッコ、ローズアブソルートターキッシュ、ロー
 ズオイルブルガリアン、ローズオイルダマスケナ低メチルオイゲノール、ローズオイルター
 キッシュ、ローズマリーオイルカンファーオーガニック、ローズマリーオイルチュニジ
 ア、ビャクダンオイルインディア、ビャクダンオイルインディア精留、サンタロール、シ
 ヌスモーレオイル、S T ジョンブレッドティンクチュア 10 P C T、スチラックスレ
 ジノイド、タジェットオイル、ティーツリーハート、トンカ豆 A B S 50 P C T
 ソルベント、トンカ豆アブソルート、チュベローズアブソルートインディア、ベチバーハ
 ートエキストラ、ベチバーオイルハイチ、ベチバーオイルハイチ MD、ベチバーイルジ
 ャワ、ベチバーオイルジャワ MD、バイオレットリーフアブソルートエジプト、バイオレ
 ットリーフアブソルートエジプトデコル、バイオレットリーフアブソルートフレンチ、バ
 イオレットリーフアブソルート MD 50 P C T B B、ニガヨモギオイルテルペン
 レス、イランエキストラオイル、イラン I I I オイルおよびこれらの組み合わせが挙げら
 れる。

【0204】

着色剤は、英国染料染色学会によるカラーインデックスに列挙されたものであってもよ
 い。着色剤は、染料および顔料を含み、織物、ペイント、インクおよびインクジェット用
 インクを着色するために一般に用いられるものを含む。用いられ得る幾つかの着色剤とし
 ては、カロテノイド、アリーリドイエロー、ジアアリーリドイエロー、β-ナフトール、ナ
 フトール、ベンゾイミダゾロン、ジスアゾ濃縮顔料、ピラゾロン、ニッケルアゾイエロー
 、フタロシアニン、キナクリドン、ペリレンおよびペリノン、イソインドリノンおよびイ
 ソインドリン顔料、トリアリールカルボニウム顔料、ジケトピロロピロール顔料、チオイ
 ンジゴイドが挙げられる。カロテノイドとしては、例えば、α-カロテン、β-カロテン
 、γ-カロテン、リコペン、ルテインおよびアスタキサンチンアナットーエクス、脱水ビ
 ート（ビート粉末）、カンタキサンチン、カラメル、β-アポー8'-カロテナール、コ
 チニールエクス、カーミン、銅クロロフィリンナトリウム、焼成し部分的に脱脂し蒸解し
 た綿実粉（toasted partially defatted cooked c
 ottonseed flour）、グルコン酸第一鉄、乳酸第一鉄、ブドウ色エクス、
 ブドウ果皮エクス（エノシアニナ）、ニンジンオイル、パブリカ、パブリカオレオレジン
 、雲母系パールエッセンス顔料、リボフラビン、サフラン、二酸化チタン、トマトリコペ
 ンエクス、トマトリコペン濃縮物、ターメリック、ターメリックオレオレジン、F D & C
 青色1号、F D & C 青色2号、F D & C 緑色3号、オレンジB、シトラスレッド2号、F
 D & C 赤色3号、F D & C 赤色40号、F D & C 黄色5号、F D & C 黄色6号、アルミナ
 （乾燥水酸化アルミニウム）、炭酸カルシウム、銅クロロフィリンカリウムナトリウム（
 クロロフィリン-銅錯体）、ジヒドロキシアセトン、オキシ塩化ビスマス、フェロシアン
 化第二鉄アンモニウム、フェロシアン化第二鉄、水酸化クロムグリーン、酸化クロムグリー
 ーン、グアニン、パイロフィライト、タルク、アルミニウム粉末、ブロンズ粉末、銅粉末
 、酸化亜鉛、D & C 青色4号、D & C 緑色5号、D & C 緑色6号、D & C 緑色8号、D &
 C 橙色4号、D & C 橙色5号、D & C 橙色10号、D & C 橙色11号、F D & C 赤色4号

、D & C 赤色 6 号、D & C 赤色 7 号、D & C 赤色 17 号、D & C 赤色 21 号、D & C 赤色 22 号、D & C 赤色 27 号、D & C 赤色 28 号、D & C 赤色 30 号、D & C 赤色 31 号、D & C 赤色 33 号、D & C 赤色 34 号、D & C 赤色 36 号、D & C 赤色 39 号、D & C 紫色 2 号、D & C 黄色 7 号、D & C 黄色 7 号エクス、D & C 黄色 8 号、D & C 黄色 10 号、D & C 黄色 11 号、D & C 黒色 2 号、D & C 黒色 3 (3) 号、D & C 茶色 1 号、D & C クロム-コバルト-酸化アルミニウムエクス、クエン酸鉄アンモニウム、ピロガロール、ログウッドエクス、1, 4-ビス [(2-ヒドロキシ-エチル) アミノ] -9, 10-アントラセンジオンビス (2-プロパノイック) エステルコポリマー、1, 4-ビス [(2-メチルフェニル) アミノ] -9, 10-アントラセンジオン、1, 4-ビス [4-(2-メタクリルオキシエチル) フェニルアミノ] アントラキノコポリマー、カルバゾール
10
バイオレット、クロロフィリン-銅錯体、クロム-コバルト-酸化アルミニウム、C. I. バットオレンジ 1, 2-[[2, 5-ジエトキシ-4-[(4-メチルフェニル) チオール] フェニル] アゾ] -1, 3, 5-ベンゼントリオール、16, 23-ジヒドロジナフト [2, 3-a: 2', 3'-i] ナフト [2', 3': 6, 7] インドロ [2, 3-c] カルバゾール-5, 10, 15, 17, 22, 24-ヘキソン、N, N'- (9, 10-ジヒドロ-9, 10-ジオキソ-1, 5-アントラセンジイル) ビスベンズアミド、7, 16-ジヒドロ-6, 15-ジヒドロ-5, 9, 14, 18-アントラジントロン、16, 17-ジメトキシジナフト (1, 2, 3-cd: 3', 2', 1'-lm) ペリレン-5, 10-ジオン、ポリ (ヒドロキシエチルメタクリレート) -ダイコポリマー (3)、リアクティブブラック 5、リアクティブブルー 21、リアクティブオレンジ
20
78、リアクティブイエロー 15、リアクティブブルー 19、リアクティブブルー 4、C. I. リアクティブレッド 11、C. I. リアクティブイエロー 86、C. I. リアクティブブルー 163、C. I. リアクティブレッド 180、4-[(2, 4-ジメチルフェニル) アゾ] -2, 4-ジヒドロ-5-メチル-2-フェニル-3H-ピラゾ-3-オン (ソルベントイエロー 18)、6-エトキシ-2- (6-エトキシ-3-オキソベンゾ [b] チエン-2 (3H) -イリデン) ベンゾ [b] チオフェン-3 (2H) -オン、フタロシアニングリーン、ビニルアルコール/メタクリル酸メチル-ダイ反応生成物、C. I. リアクティブレッド 180、C. I. リアクティブブラック 5、C. I. リアクティブオレンジ 78、C. I. リアクティブイエロー 15、C. I. リアクティブブルー 21、1-アミノ-4-[[4-[(2-プロモ-1-オキソアリル) アミノ] -2-スルホナトフェニル] アミノ] -9, 10-ジヒドロ-9, 10-ジオキソアントラセン-2-スルホン酸二ナトリウム (リアクティブブルー 69)、D & C 青色 9 号、[フタロシアニナト (2-)] 銅およびこれらの混合物が挙げられる。

【0205】

本明細書の実施例以外で、または他に明記されなければ、本明細書の以下の部分および添付の特許請求の範囲における材料、元素、量、反応時間および温度、量の比などの数値範囲、量、値およびパーセント値の全ては、用語「約」が値、量、または範囲と共に明確に表れ得ないとしても、言語「約」によって始まると読み取ることができる。したがって反することが示されない限り、以下の明細書および特許請求の範囲に示された数値パラメータは、本発明により得ようとする所望の特性に応じて変動し得る近似値である。最低限
40
でも、そして特許請求の範囲と同様の原則の適用を限定する試みではなく、各数値パラメータは少なくとも、報告された有効数字の数を考慮して、通常の端数処理法を利用することにより、解釈されなければならない。

【0206】

本発明の広範囲に示された数値範囲およびパラメータは近似であるが、具体的実施例に示された数値は、可能な限り正確に報告されている。しかしながら、いずれの数値も、基礎をなす各検査測定に見出された標準偏差から必然的に生じた誤差を本質的に含有する。さらに数値範囲が、本明細書に示されている場合、これらの範囲は、引用された範囲の終了点を含む (例えば、終了点を用いられてもよい)。重量パーセントが、本明細書に用いられている場合、報告された数値は、全重量に対するものである。

【0207】

同じく、本明細書に引用された任意の数値範囲はそこに包含される部分範囲の全てを含むことが理解されなければならない。例えば「1～10」の範囲は、引用された最小値1と引用された最大値10の間の（そしてそれらを含み）部分範囲全てを含み、即ち1と等しいまたは1よりも大きな最小値と、10と等しいまたは10よりも小さい最大値を有するものとする。本明細書で用いられる用語「one」、「a」、または「an」は、他に断りがなければ、「少なくとも1」、または「1以上」を含むものとする。

【0208】

本明細書で参照により組み入れられると述べられた任意の特許、特許公開、または他の開示材料の全体または一部は、組み入れられた材料が既存の定義、表明、また本開示に示された他の開示材料と矛盾しない程度にのみ、本明細書に組み入れられる。そのため必要な程度にまで、本明細書に明白に示された開示は、参照により本明細書に組み入れられた任意の矛盾材料にとって代わる。参照により本明細書に組み入れられると述べられていながら、本明細書に示された既存の定義、表面、または他の開示材料と矛盾する任意の材料またはその一部は、組み入れられた材料と既存の開示材料の間で矛盾が生じない程度のみ組み入れられる。

【0209】

本発明は、好ましい実施形態を参照して具体的に図示および記載されたが、添付の特許請求の範囲に包含される発明の範囲を逸脱することなく、形態および詳細の様々な変更を施し得ることは、当業者に理解されよう。

付録

【0210】

5. バイオマス変換技術

この文書に関して、バイオマス変換は、バイオマスを電気および／または熱を発生させるのに用いられるエネルギーに変換する方法を指す。電力および熱生成のためのバイオマス変換技術の主要な部類は、直接燃焼およびガス化システムである。直接燃焼式の部類では、具体的な技術としては、ストーカボイラ、流動床ボイラおよび混焼が挙げられる。ガス化の部類では、具体的な技術としては、固定床ガス化炉および流動床ガス化炉が挙げられる。嫌気性ダイジェスタも、バイオマス変換技術として考慮されるが、ダイジェスタに関する詳細な情報は、EPAのAgSTAR Program<www.epa.gov/agstar>から即座に入手することができ、それゆえこの章で議論しない。

【0211】

バイオマスの電力システムは、100～1000 MW範囲内の石炭動力プラントに比較し、典型的には50 MW未満のサイズである。今日のバイオマス発電所のほとんどは、直接燃焼システムである。バイオマス燃料は、ボイラで燃焼されて、高圧蒸気を生成し、それが蒸気タービン式発電機を出力するために用いられる。多くの用途では、蒸気は、中ぐらの圧力および温度でタービンから抽出され、プロセス加熱、空間加熱および空間冷却に利用される。混焼は、既存の発電所のボイラにおける石炭の部分の代わりにバイオマスを用いることが必要となる。それは、新しいバイオマス発電機を導入するための最も経済的な短期的選択肢である。既存の発電所設備のかなりを大幅に改良せずに使用し得るため、混焼は、新しいバイオマス発電所を構築するよりもかなり安価である。交換される石炭に比較して、バイオマスは、SO₂、NO_x、CO₂、および他の空気排出物が削減される。

【0212】

バイオマスのガス化システムは、固体バイオマスが分解して火災可能なガスを形成する環境でバイオマスを加熱することにより運転する。生成されるガス、つまり合成ガスまたはシンガスは、浄化され、濾過されて、その後、嫌気性ダイジェスタから生成されるLFGまたはバイオガスに比較して、単純サイクルまたは複合サイクルモードでのガスタービンで燃焼することができる。より小型のシステムでは、シンガスは、レシプロエンジン、

マイクロタービン、スターリングエンジン、または燃料電池で燃焼することができる。バイオマス副産物を利用するガス化技術は、従来の技術よりも、化学物質の回収が改善されてプロセス蒸気および電子をより効率的に発生し、資本コストが低いことで、パルプおよび製紙業界で人気がある。ガス化され得るパルプおよび製紙業界副産物としては、ホグマシンで切られた木くず、樹皮、および使用済み黒液が挙げられる。

【0213】

表5-1に、熱および電力を生成するためのバイオマス変換技術の概要を示す。

【表2】

表5-1. バイオマスCHP変換技術の概要

バイオマス変換技術	一般的な燃料タイプ	供給サイズ	水分量	産出範囲
ストーカグレー ト、アンダーフ ァイアストーカ ボイラ	おがくず、樹皮、チップ、 ホグ燃料、シェービング、 エンドカット、サンダー ダスト	0.25～ 2インチ	10～5 0%	4～300MW (多くは20～ 50mW範囲)
流動床ボイラ	木材残渣、ピート、様々 な燃料	<2インチ	<60%	300MWまで (多くは20～ 25mW範囲)
混焼－微粉炭ボ イラ	おがくず、樹皮、シェー ビング、サンダーダスト	<0.25 インチ	<25%	1000mWま で
混焼－ストー カ、流動床ボイ ラ	おがくず、樹皮、シェー ビング、ホグ燃料	<2インチ	10～5 0%	300mWまで
固定床ガス化炉	木片またはホグ燃料、靱 殻、貝殻、下水汚物、泥	0.25～ 4インチ	<20%	50mWまで
流動床ガス化炉	ほとんどの木材および農 業残渣	0.25～2 インチ	15～3 0%	25mWまで

出典：Based on Wright, 2006

【0214】

モジュラーシステムは、先に述べられたものと同じ技術の幾つかを利用するが、より小規模では、農場、公共建築物、および小さな業界にはより適用可能である。複数のモジュラーシステムが現在、開発中であり、バイオマスが豊富で電力が不足した遠隔地域では最も有用になり得る。

【0215】

5.1 直接燃焼システム

固体燃料バイオマスの最も一般的な利用法は、得られた高温煙道ガスで直接燃焼して、ボイラ内に蒸気を生成させるもので、19世紀に逆戻りする技術である。ボイラは現在、様々な燃料を燃焼させて、工業的プロセスでの加熱、営利目的での加熱および公共的加熱、ならびに発電において重要な役割を担う。ボイラは、生成される蒸気または高温水の構成、サイズ、および品質により識別される。ボイラサイズは、1時間あたりのMMBtu (MMBtu/時間)での投入燃料により測定されることが多いが、1時間あたりの出力(蒸気のポンド量)により測定することもできる。大型ボイラは、多くの場合、電力を発生するのに用いられるため、ボイラサイズを発電適用で出力される電力に関係づける

ことも有用となり得る。典型的なボイラおよび蒸気タービンがもたらす効率を利用すれば、100MMBtu/時間の入熱で、約10MW電気出力が得られる。

【0216】

バイオマス燃焼のために最も一般的に用いられるタイプの2種のボイラが、ストーカボイラおよび流動床ボイラである。これらのいずれかが、全体としてバイオマス燃料により燃料供給すること、またはバイオマスと石炭の組み合わせで混焼することができる。各選択肢それぞれの効率、利用性、運転の問題、設備および設置費用、O&Mの要件およびコスト、ならびに商業化状態を、以下に議論する。

【0217】

5. 1. 1 ボイラ

【0218】

特徴

【0219】

ストーカボイラ

ストーカボイラは、固体燃料を過剰な空気ですべて直接火炎燃焼して高温の煙道ガスを生成し、その後、ボイラの熱交換区分で蒸気を生成する。蒸気は、加熱目的で直接使用されるか、または蒸気タービンジェネレータを通過して、電力を生成する。ストーカ燃焼式のボイラは、1920年代に石炭用に初めて導入され、後の1940年代に、Detroit Stoker Companyが、木材用に初めて移床スプレッドストーカボイラを設置した。機械的ストーカは、固体燃料をボイラに自動で供給するために用いられた伝統的技術である。ストーカは全て、燃料に通される空気ですべて燃料を燃やすグレートに燃料を供給するように設計されている。ストーカは、ボイラの炉の区分に配置されており、燃焼後に灰残渣を除去するように設計されている。ストーカユニットは、機械的手段を利用して燃料を移動させて、ボイラの本体付近に配置されたグレートで、そしてグレートの上で燃える火に燃料を添加する。熱が、火および燃焼ガスからボイラ壁上の水管に伝達する。

【0220】

近代の機械的ストーカは、1) 燃料供給システム、2) 燃焼する燃料を支持して一次燃焼空気の通路を提供する固定式または移動式グレートアセンブリ、3) 更なる空気を供給して燃焼を完了させ、大気への排出を最小限に抑えるオーバーファイアエアシステム、および4) 灰吐出しシステム、の4つの構成要素からなる。図5は、ストーカボイラの異なる区分を示す。

【0221】

ストーカ設置を成功するには、用いられる燃料、負荷条件、および提供される容量に関して正しいサイズおよびタイプのストーカを選択する必要がある。ストーカボイラは、典型的には燃料を添加および分配する方法により説明される。2つの一般的タイプのシステム—下込めストーカおよび上込めストーカが存在する。下込めストーカは、グレートの下から燃料および空気の両方を供給するが、上込めストーカは、グレートの上から燃料を、下から空気を供給する。上込めストーカは、さらに2つのタイプ：マスフィード (mass feed) および散布式に分別される。マスフィードストーカでは、燃料はグレート表面の一端に連続で供給されて、グレートが燃焼すると、グレート上を横方向に水平に移動する。残留する灰は、反対の端から吐出される。燃焼空気は、グレートの下から導入されて、燃料の燃焼床を通過して上方に移動する。最も一般的なタイプのストーカボイラである散布式ストーカにおいて、燃焼空気は、主にグレート下から再度導入されるが、燃料は、グレートのエリアを横向きに均一に投入または散布される。燃料の微粒子が、上方に移動する空気と逆向きに落とされると、燃料の微粒子が浮遊して燃焼する。残留するより重い部分が、グレート表面に落ちて燃焼し、任意の残留する灰がグレートの排出口から除去される。チェーングレート、移動グレート、および水冷振動グレートストーカが、それ以外のあまり一般的でない配置であり、様々な手段を利用して燃料をグレート上で燃焼する均等で薄いベッドを維持している。他の特殊なストーカボイラとしては、つりあい通風、サイクロン燃焼式、固定床、シェーカーハース式、タンジェンシャル燃焼式、および壁燃

10

20

30

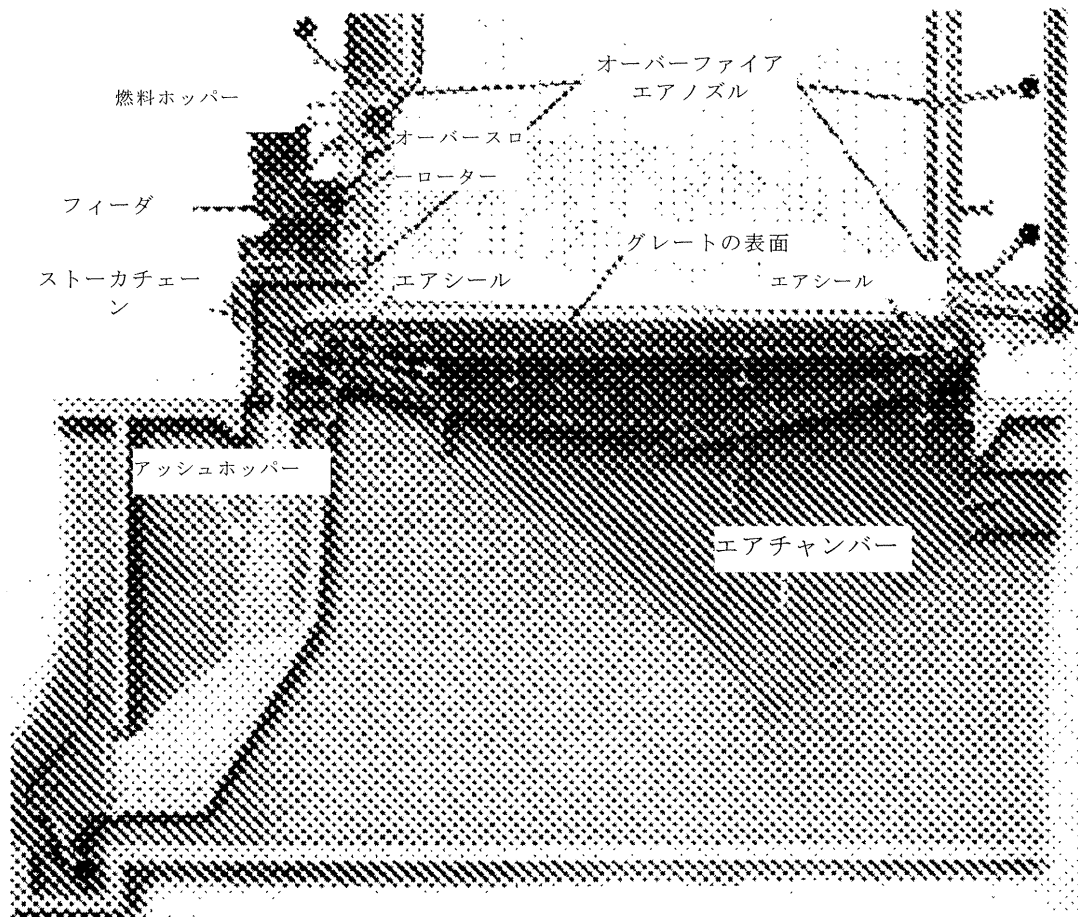
40

50

焼式が挙げられる。実施上の配慮によろい、ストーカサイズが限定され、結果として最大蒸気発生速度が限定される。石炭動力の場合、最大は、1時間あたりの約350,000ポンド（ポンド／時間）であるが、木材またはバイオマス燃焼では約700,000ポンド／時間である。

【表3】

図5-1 移動式グレートストーカボイラの破断図



出典：ORNL，2002

燃料ホッパー、フィーダ、ストーカチェーン、アッシュホッパー、オーバースローローター、エアシール、オーバーファイアエアノズル、グレートの表面、エアチャンバー

出典：ORNL，2002

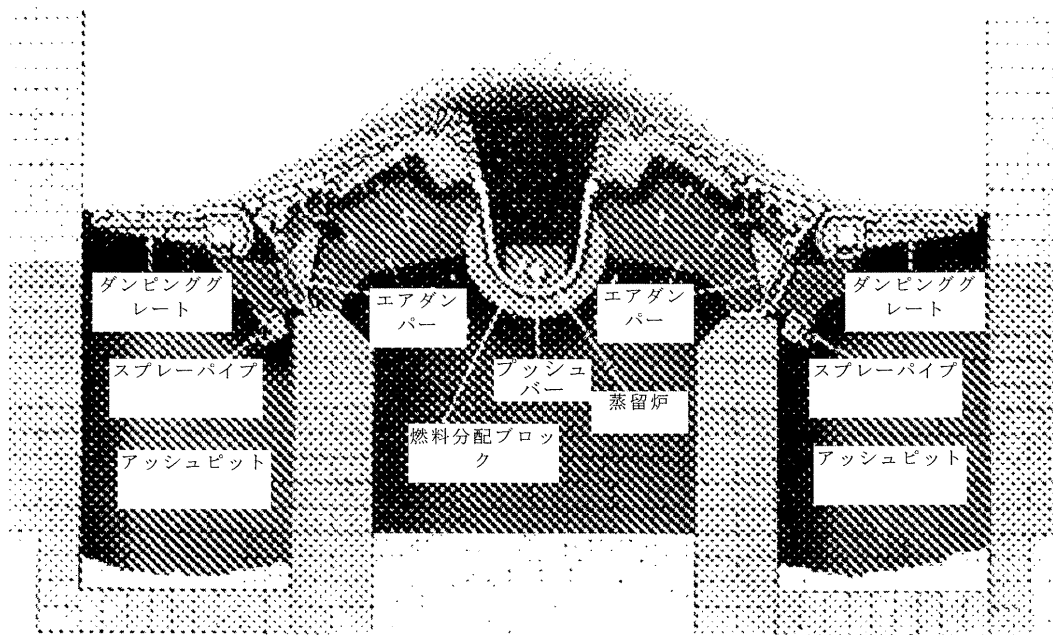
【0222】

下込めストーカ

下込めストーカは、グレートの底から燃料および一次燃焼空気の両方を供給して、燃料パイルの上部が低温で湿性の燃料または低温空気により冷却されないようにされている。スクリュウまたはラム駆動メカニズムのいずれかにより、燃料をホッパー内部およびグレート上に移動させる。下込めストーカが、燃料を燃料床の底部に押出すと、燃料が燃料床の最上部に灰として上り吐出される時間までに、熱が燃料を揮発および完全燃焼させる。燃料がグレートを出て空気に暴露されて熱を輻射すると、燃料が燃え始めて、熱が水管に伝達される。任意の燃焼工程と同様に、灰が燃料として蓄積し、燃焼される。2種の基本的タイプの下込めストーカ：1) 水平供給および側面灰吐出し型、2) 重力供給および後部灰吐出し型、が存在する。下込め側部灰放出式ストーカの断面図を、図5-2に示す。下込めストーカの需要は、コストおよび環境への配慮のため減少した。下込めストーカは、比較的乾燥した燃料（水分量40～45%より少ない）に最も適している。

【表 4】

図 5-2 下込め側部灰放出式ストーカの断面図



出典：ORNL，2002

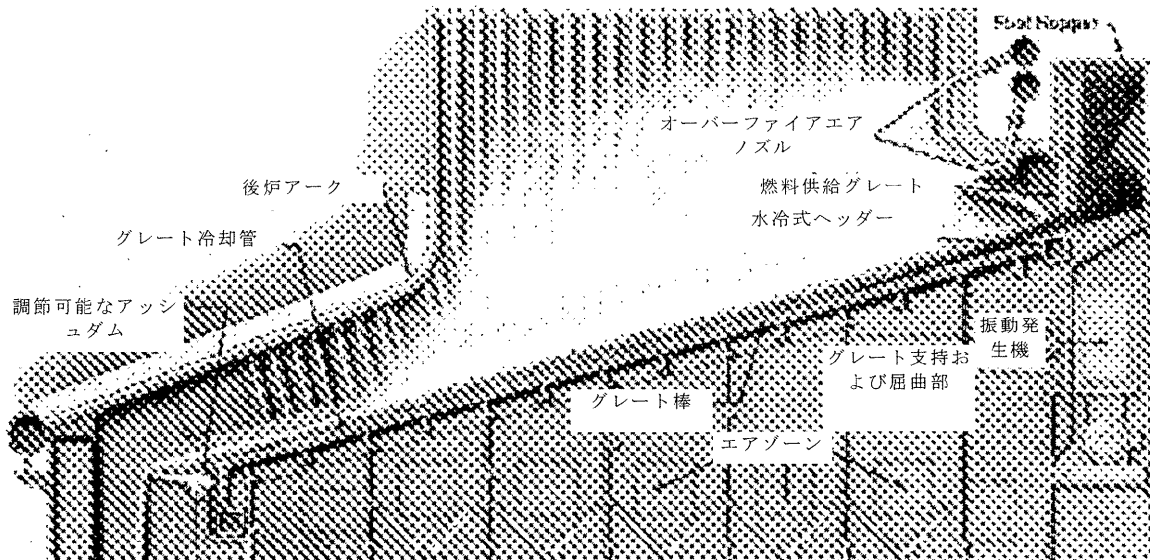
【0223】

上込めストーカ

上込めストーカは、一般に燃料をボイラ内で分配および燃焼させる方法により分類される。主な名称は、マスフィードストーカまたは散布式ストーカである。マスフィードストーカは、燃料をグレートの一端に連続して導入する。燃料がボイラ内に移動すると、燃料は重量国よりグレートの上に落ちる。ボイラに入る燃料の量を制御するために、グレートが上下に移動することができるか、または燃料がグレートの下に移動する速度を調整することができる。ボイラの内部では、燃料がグレートに沿って移動すると、燃料が燃焼する。一次燃焼空気が、グレートの下から上部へ燃料の燃焼床を通して流れると、完全燃焼が可能になる。グレート上に残留する任意の灰は、その後、システムの反対側の端に放出される。2種の主要なマスフィードストーカが、1) 水冷式振動グレート、および2) 移動式（鎖および移床）グレートストーカ、である。上込め水冷式振動グレートマスフィードストーカの断面図を、図5-3に示す。

【表 5】

図 5-3 上込め水冷式振動グレートマスフィードストーカの断面図



出典：ORNL, 2002

【0224】

散布式ストーカ

散布式ストーカは、その汎用性ゆえに最も一般的に用いられるストーカである。そのストーカは、グレート上の空気に個々の燃料粒子を噴射するデバイスを利用することにより、燃料を一様に、そしてグレート表面全体で均一な深さに分配することが可能である。燃料粒子を噴射するために用いられる方法は、空気注入と、アンダースローおよびオーバースローロータと、を含む。燃料がボイラに投下されると、微粒子が燃焼空气中に浮遊されて、発火および燃焼する。浮遊燃焼により、散布式ストーカの反応時間は、マスフィードまたは下込めストーカよりも良好である。グレート上に落ちたより大きな粒子は、グレート上の薄い燃料床で燃え尽きる。一次燃焼空気は、グレートの下から供給される。燃料が活性のグレート領域に一様に分配されるため、燃焼空気は、グレートの下およびグレート内を均一に分配される。燃焼空気全体のうちの一部は、オーバーファイアエアとしてグレート上部の入り口から投入され、燃焼工程を完了させる。散布式ストーカのグレートは、一般に、固定されたままではなく移動するように設計されている。それゆえ移床グレート、空冷式振動グレート、および水冷式振動グレートが設計され、効果的に使用されている。近代の散布式ストーカを備えたボイラは、

- ・燃料をグレート上で均一に分配する設備、
- ・特別に設計された空気調量グレート
- ・粉塵回収および再注入設備
- ・下のグレートおよびオーバーファイアエアの両方のための押込み送風機
- ・燃料および空気の供給量を蒸気の需要と協調させる燃焼制御⁵⁰、

を組み込んでいる。

⁵⁰ ORNL, 2002

【0225】

燃料供給システムおよび炉区分の幾何学的構造と共に、空調システムの設計は、ストーカボイラ内のバイオマス燃料を効率的かつ完全に燃焼させる上で重要な役割を担う。樹皮、木材、およびほとんどのバイオマス燃料への過剰な空気は、ストーカの発火の場合25%以上に設定される。バイオマス燃料は、典型的には乾量基準では高度に揮発性であり、サイズが不均一で、石炭と比較すると浮遊して燃焼することが多いため、バイオマス燃焼用空調システムは、石炭に用いられるものよりも、オーバーファイア用の空気をより多く

提供するように設計される。近代の設計は、下のグレートおよびオーバーファイアの量でそれぞれ40%および60%を使用する。

【0226】

流動床ボイラ

流動床ボイラは、固体燃料の燃焼用に開発された最も新しいタイプのボイラである。流動床燃焼の開発のための一次駆動力が、石炭燃焼からの SO_2 および NO_x 排出量を削減する。開発された技術のため、その工程が、従来の方法では燃焼が困難であるか、または実行不能であるバイオマスおよび低質燃料を効率的に燃焼し得ることが、明らかとなった。

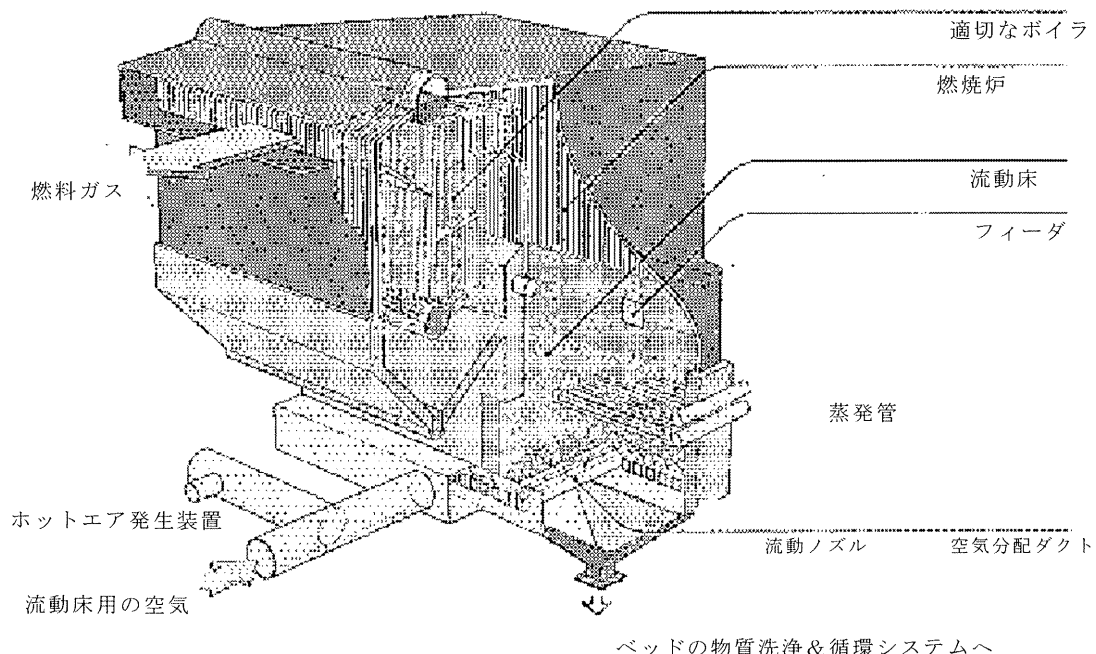
【0227】

この燃焼方法では、燃料は、コンバスタの底部から注入される燃焼空気の上方向への流れによって浮遊する粒子を、高温の不活性または非燃焼性のベッドで燃焼させて、ベッドを浮動または「流動」状態に保つ。燃料上の流動媒体のスクラビング作用が、通常は燃料粒子の周辺で形成される CO_2 および固体残渣（炭）を取り去ることにより、燃焼工程を促進する。この工程は、酸素を燃焼材料により急速に到達させ、燃焼工程の速度および効率を上昇させる。流動床で混合することの利点は、従来の水管ボイラのデザインよりもコンパクトな設計が可能になることである。天然ガスまたは燃料オイルもまた、流動床を予備加熱する開始燃料として、または更なる加熱が必要な場合に補助的燃料として使用することができる。ベッドの効果的混合により、流動床ボイラは固体廃物の燃焼に十分に適する。図5-4は、流動床燃焼ボイラの構成部分を示す。

【0228】

【表6】

図5-4 流動床燃焼ボイラの破断図



出典：Babcock & Wilcox, 2005

【0229】

流動床燃焼工程は、燃焼用に燃料を空気と効率的に混合するための手段を提供する。燃料が流動床に導入されると、流動床が急速に点火温度を超えて加熱され、点火して、燃焼塊の一部になる。所望の量の熱が連続式で炉区分に放出されるため、高密度なベッドへの空気および燃料の流れが制御される。床のわずかな部分だけが、燃焼可能な材料であり、残り部分は、砂などの不活性材料で構成される。この不活性材料が、炉区分における熱の蓄積をもたらし、ボイラ蒸気出力に及ぼす燃料供給または発熱量のわずかな変動の影響を減

じる。

【0230】

高濃度の灰、硫黄、および窒素を含む燃料は、ストリンジェントな放出制限を適えながら、流動床ボイラで効率的に燃焼することができる。長い滞留時間および高い物質伝達強度により、燃料は、流動床コンバスタ内で、または従来の燃焼工程よりもかなり低い温度で、効率的に燃焼することができる（散布式ストーカボイラでの2, 200 °Fに比較して1, 400 ~ 1, 600 °F）。より低い温度により、NO_xの生成が減少し、窒素量の高い木材およびバイオマス燃料では顕著な利益が得られる。木材廃棄物およびバイオマスからのSO₂排出量は、一般にはわずかであるが、燃料の硫黄混入は問題であり、石灰岩を流動床に添加して、高度の硫黄捕捉を実現することができる。典型的には硫黄が混入した燃料としては、建築瓦礫および一部の製紙汚泥が挙げられる。

10

【0231】

流動床ボイラは、大気圧または加圧ユニットとして分類される。大気圧での流動床ボイラは、気泡型流動床および循環型流動床にさらに分別され、気泡床ボイラと循環床ボイラの間の基本的差は、流動速度である（循環床の方が高い）。循環流動床ボイラは、高速排出ガス中に同伴された燃料を分離および捕捉して、完全に燃焼するためにそれらを流動床に戻す。選択された流動床のタイプは、バイオマス燃料の指定された発熱量の関数である。気泡床技術は一般に、より低い発熱量の燃料に向けて選択される。循環床は、より高い発熱量の燃料に最も適する。

20

【0232】

加圧流動床ボイラにおいて、流動床コンバスタ全体が、大きな加圧容器の内部に入れている。加圧流動床ボイラで固体燃料を燃焼すると、燃焼ガス的高圧蒸気が生成される。燃焼ガスが高温ガス浄化システムを通過した後、それらはガスタービンに供給されて電気を生成し、高温排出ガス中の熱が、蒸気タービンの沸騰水に戻され得る。それゆえ、加圧された流動床ボイラは、より効率的であるが、より複雑で高価でもある。加圧流動床燃焼技術の資本コストは、大気圧流動床よりも高い。

【0233】

効率

ボイラ効率は、蒸気エネルギーに変換される燃料エネルギーの割合として定義される。バイオマス燃焼における主要な効率因子は、燃料の水分量、ボイラに導入される過剰な空気、および燃焼されないまたは部分的に燃焼される燃焼の割合である。工業用ボイラ所有者協議会（CIBO）によれば、ストーカおよび流動床ボイラの一般的効率範囲は、65 ~ 85 % 効率である^{5 1}。発熱量が高く水分量が低い燃料は、低い発熱量および高水分量を有する燃料よりも高い25 %までの効率になり得るため、燃料タイプおよび燃料の利用性は、効率への大きな影響を有する。

30

^{5 1} Council of Industrial Boiler Owner, 1997

【0234】

バイオマスボイラは完全燃焼を実現し得るように、典型的にはかなりの量の過剰空気によって運転されるため、これは効率への負の影響を有する。CIBOは、大まかには、過剰空気の各15 %の減少に対してボイラ効率が1 %上昇し得ることを示している^{5 2}。

40

^{5 2} ORNL, 2002

【0235】

表5-2に、50 %の過剰空気、350 °Fの最終煙道ガス出口温度により運転されたバイオマスストーカと流動床ボイラとの効率を比較している。効率は、各熱損失（入熱のパーセント値として表現）を測定して、それを100 %から差し引くことによりボイラ効率を決定する方法である、熱損失法に基づいて推定される。表で認められる通り、ボイラにおける最大エネルギー損失は、煙突に残る熱である。この損失は、より古くメンテナンスが行き届いてないボイラでの燃料投入量の30 ~ 35 %にも及ぶ可能性がある。表には、燃料水分量を30 %から0 %へ低下させると熱効率が約6 %上昇することが示されて

50

いる。この推定から、空気の投入を投入水分量に基づいて調整することにより空気－燃料比が維持されると仮定される。より湿性の燃料が入れられた場合に空気の量が減少しなければ、燃料水分量の増加の際に効率がさらに低下する。

【0236】

ストーカボイラと流動床ボイラの間の主な効率差は、未燃のまま残留する燃料の量である。表5－2に示される通り、流動床ボイラの効率は、ストーカボイラに比較して、燃焼損失がより少ないため好適である。ストーカボイラは、煙道ガス中の灰および更なる揮発性物質およびCO中に30～40%の炭素を有し得るが、流動床ボイラシステムは、典型的にはほぼ100%の燃料燃焼に達する。コンバスタ内の乱流と流動媒体の熱慣性とを併せれば、完全で制御された均一な燃焼が得られる。これらの因子は、熱効率を最大にし、木炭を最小限に抑え、排出を制御するのに重要である。

【表7】

表5－2 投入燃料および燃焼特徴の関数としてのバイオマスボイラ効率

特徴	バイオマスストーカ		バイオマス流動床	
	乾燥	受取り時	乾燥	受取り時
過剰空気 (%)	50	50	50	50
乾性煙道ガス (ポンド／ポンド 燃料)	15.25	10.675	15.25	10.675
最終廃気温度 (°F)	350	350	350	350
燃料 (BTU／ポンド) の高位発熱量 (HHV)	8,500	5,950	8,500	5,950
燃料の水分量 (%)	0	30	0	30
燃料中の水素の割合 (%)	4.59	3.21	4.59	3.21
効率損失				
乾性煙道ガス損失 (%)	11.63	11.63	11.63	11.63
燃料中の水分量 (%)	0.00	5.90	0.00	5.90
潜熱 (%)	5.69	5.69	5.69	5.69
未燃燃料 (%) (1)	3.50	3.50	0.25	0.25
放射線およびその他 (%) (2)	2.03	2.03	2.03	2.03
総燃焼損失 (%)	22.85	28.74	19.60	25.49
ボイラ効率HHVベース	77.15	71.26	80.40	74.51

(1) 推定値

(2) 放射線、空気中の水分、および他の様々な問題を含む

【0237】

ボイラの性能に影響を及ぼす因子を考慮する際、ボイラの運転範囲全体を通して効率が一定でないことに留意しなければならない。ピーク効率は一般に、設計の特徴により決定される特定のボイラ出力で生じる。ボイラの運転がこの出力から外れていれば必ず、得られる性能は通常、ピーク効率より低い。ピーク効率で連続して運転するのは、季節的な需要、負荷変動および燃料特性の変動があるため実用的ではないが、一定した負荷で運転して周期的運転またはオン／オフ運転を回避すれば、効率が改善され得る。

【0238】

稼働率⁵³

典型的にはストーカボイラと流動床ボイラは両者とも、連続運転用に設計されており、設計性能は、90+%の稼働率範囲である。燃料の利用可能性および／または品質の季節変動は、プラントの稼働率に影響を及ぼし得るが、これは原料の問題であり、ボイラの性

能の問題ではない。うまく設計されたバイオマス蒸気システムは、92～98%より可能性範囲で運転するという合理的予測を有する⁵⁴。

【0239】

⁵³ 発電システムの稼働率は、該システムが運転し得る、または運転するために「利用可能である」時間の割合である。計画的なメンテナンスおよび計画外の停電は両者とも、システムの稼働率に負の影響を有する。それゆえ100%の稼働率は、決して停止しなかった、またはメンテナンスを必要としなかった（実際の運転を実現することが不能でない）システムを表す。

⁵⁴ 流動床ボイラを提供する会社Energy Products of Idahoのユニットで98%の稼働率を報告した（www.energyproducts.com/fluidized_bed_combustors.htm）。

【0240】

運転上の利点および欠点

ストーカボイラおよび流動床ボイラは、燃料の特徴および立地条件に応じて、バイオマス燃料による特定の運転上の利点および欠点を有する。バイオマス燃料は、発熱量、水分量、および燃焼に影響を及ぼす他の因子に関して極めて変動し易い。木材および他のほとんどのバイオマス燃料は、主にセルロースおよび水分で構成される。これまで議論された通り、高い割合の水分は、燃焼工程の間にヒートシンクとして作用するため、重要である。蒸発の潜熱は、火炎温度を抑制し、蒸気生成から熱エネルギーを奪い、バイオマス燃料を効率的に燃焼する難しさの一因となる。セルロースは、燃焼の際に放出される化学エネルギーを含むことに加え、燃料が結合した酸素を含む。この酸素は、燃焼のための理論的空気必要量、つまり燃焼生成物中に含まれる窒素の量を減少させる。木材およびバイオマスの直接燃焼のための幾つかの一般的ガイドラインには：

- ・受取り時は65重量%もの高い燃料水分量を有するほとんどの水冷式ボイラにおいて実現され得る安定した燃焼を維持する、

- ・予備加熱された燃焼空気を使用して、発火の前の燃料乾燥に必要な時間を減少させ、これは散布式ストーカ燃焼システムには不可欠である。設定空気温度は、直接水分量により変動する、

- ・木材および他のバイオマス燃料での高割合の燃焼可能量が、揮発性化合物の形態で燃焼する。それゆえ燃焼空気必要量の大部分が、ストーカボイラおよび他の従来式燃焼ボイラ内でオーバーファイアエアとして燃料に添加される、

- ・バイオマス燃料の燃焼の初期段階で生成される固体の炭は、非常に低い密度である。炉区分のサイズの伝統的選択は、ガス速度を低下させるため、および石炭を煙道ガスに、そしてできる限り許容し得るレベルの蓄積物の外に同伴するために用いられる。

【0241】

滑らかな燃料供給を確実にを行うため、バイオマス燃料は、注意深くサイズ決定され、加工されなければならない。先に議論された通り、木材および他のバイオマス廃棄物の水分量は、10%から60%を超えるまで広範囲で変動し得る。容量供給装置を用いたボイラ内への一定した入熱を確実にを行うために、燃料を異なる水分量で効率的にホモジナイズすることが、必要である。

【0242】

バイオマス系燃料は、熱伝達表面がスラッシングおよびファウリングするリスク、および幾つかの例においては、炉の周辺が腐食するリスクが上昇し得る。カリウム灰量は、新しい木材、未乾燥の粒子、および急速に成長したバイオマスでは比較的高く、そのため灰が低温で融解し、ファウリングおよびスラッシングの傾向が生じる。加えてバイオマス燃料は、塩素を含み得るが、塩素はアルカリと一緒になって攻撃的な腐食（aggressive corrosion）を誘導し得る。

【0243】

表5-3に、ストーカボイラと流動床ボイラとの燃焼特徴および燃料問題の比較を示す。ストーカボイラは、長期間活躍し、比較的基本の技術であるが、流動床技術は、より新

10

20

30

40

50

しくより複雑であるが、より大きな柔軟性および運転制御性を与える。流動床システムは、広範囲の付加条件下で運転し得るため、顕著な運転柔軟性を与える。流動媒体の熱慣性は、負の影響を与えずに燃料の水分量および加熱量の変化を打ち消すことができる。加えて、ユニットに存在する低い燃料蓄積により、可変的な負荷に応答する。別の利点は、流動床がシステムの原料運転の際にも効率を維持し得ることである。流動床の製造業者は、ユニットの運転柔軟性が電気需要後の生成のための事業のインセンティブプログラムの利益を顧客に与えたことを報告した^{5 5}。

【表 8】

表 5－3 ストーカボイラと流動床ボイラの比較

特性	ボイラタイプ	
	ストーカ	流動床
燃焼メカニズム		
固体燃料の流れ	ストーカ上の運搬	燃焼空気により流動化され、燃焼チャンバーおよびサイクロン内を循環する
燃焼ゾーン	ストーカ上	燃焼炉領域全体
物質輸送	緩やか	活発な水平移動での物質および熱移動
燃焼制御		
応答性	緩やかな応答	迅速な応答
過剰空気の制御	困難	可能
燃料問題		
様々な燃料への適用性	中位	高い
燃料の前処理	一般には必要ない	塊を砕かなければならない
環境因子		
低い硫黄酸化物	炉内脱硫ができない	炉内脱硫の割合が高い
低いNO _x 燃焼	困難	本来、低NO _x
適切な設備サイズ	小型	中～大型

【0 2 4 4】

バイオマスボイラシステムは、相互に関係するサブシステムを多く備えた複雑な装置である。一体型蒸気システムは、燃料の準備場所（p r e p a r a d）および取扱い設備、ボイラそのもの、導入および押込み空気ファン、コントロール、ならびに水処理システムを含む。様々なレベルの排出制御設備も通常、必要となる。ほとんどの装置は、大きな飛灰を捕捉するサイクロンセパレータ、微粒子物質（PM）のためのバグハウス、および乾式スクラパーシステムを含む。ストーカボイラ内のNO_x排出制御は、ボイラの最上部に設置された尿素またはアンモニアを用いた選択的非触媒還元システムにより得られる。他の制御設備としては、酸性ガス除去システム、煙突、灰処理、そして必要に応じて連続排出モニタリング設備が挙げられる。

【0 2 4 5】

図 5－4 に、3つのバイオマス供給速度：100トン／日、600トン／日、および900トン／日での、ストーカおよび循環式流動床蒸気システムの両方についての総資本コスト推定値が示される。これらの供給速度は、蒸気温度および圧力にもよるが、それぞれ蒸気150，000～185，000および250，000～275，000ポンド／時間を生成する蒸気システムに匹敵する。設置費用は、含まれる設備の範囲、出力蒸気条件、地理的領域、競合する市場条件、立地条件、排出制御要件に応じて著しく変動し得る。表に示された推定値は、設備の供給業者および開発者により公開されたデータおよび考察に基づく予算上の推定値である。推定値は、小型の100トン／日バイオマスユニット（250ポンド／インチ²ゲージ [p s i g] 飽和蒸気）で、より大型ユニットでは蒸気タ

ービンCHP配置でより高い蒸気圧（750psig）で、加工加熱のみを加えた場合に典型的となり得る蒸気条件に基づく。予測経費変動の範囲は、先に列挙された立地およびシステムの変動性に依りて、±35パーセントと高くなり得る。蒸気条件も、ボイラコストに顕著な影響を有し、より高い温度および圧力では、より太いチューブおよびより高価な材料が必要となる（表5-5参照）。

【0246】

⁵⁵ Energy Products of Idaho（日付不明）

【表9】

表5-4 バイオマス燃料型蒸気プラントの推定される設置資本コスト

	バイオマス燃料供給量（トン／日）		
特徴	100	600	900
バイオマス入熱（MMBtu／時間）	35.4	297.5	446.3
蒸気圧（psig）	275	750	750
ストーカボイラー一体型蒸気プラント			
蒸気出力（ポンド／時間）	20,000	165,000	250,000
ストーカボイラ設備コスト	\$1,195,000	\$7,980,000	\$10,790,000
他の設備および設置	\$795,000	\$10,020,000	\$12,460,000
ボイラシステム設置総経費	\$1,990,000	\$18,000,000	\$23,250,000
バイオマス準備場所総経費*	\$2,640,000	\$5,430,000	\$7,110,000
蒸気プラント設置総経費	\$4,630,000	\$23,430,000	\$30,360,000
ユニット経費（\$／ポンド蒸気）	\$232	\$142	\$121
流動床一体型蒸気プラント			
蒸気出力（ポンド／時間）	20,000	175,000	260,000
ストーカボイラ設備コスト	\$6,175,000	\$14,490,000	\$19,790,000
他の設備および設置	\$795,000	\$10,020,000	\$12,460,000
ボイラシステム設置総経費	\$6,970,000	\$24,510,000	\$32,250,000
バイオマス準備場所総経費*	\$2,640,000	\$5,430,000	\$7,110,000
蒸気プラント設置総経費	\$9,610,000	\$29,940,000	\$39,360,000
ユニット経費（\$／ポンド蒸気）	\$480	\$171	\$151

* 準備場所の経費は、4.1.5節で作成された資本コスト曲線に基づいて推定された。

出典：Antares Group, Inc., 2003のデータおよび設備供給業者および開発業者による考察に基づく

【0247】

図5-4に示される通り、準備場所および燃料取扱いシステムは、蒸気システム総経費

10

20

30

40

50

の顕著な部分を示し、より大きなユニットでの蒸気システム総経費の15～25%および100トン/日の蒸気システムの総コストの25～50%の範囲内である。流動床ボイラ設備コストは、より簡単なストーカ技術よりも高く、流動床ボイラそのものは、示された最小サイズではストーカボイラの3倍の費用であり、大型サイズでは、流動床ボイラは、35～40%高額である。準備場所コストをはじめとするバイオマス燃料型蒸気プラントでのユニット資本コスト(\$/ポンド蒸気)は、大型の流動床システムでは20～25%より高額である。より高い資本コストの部分は、より高い効率からくるより高い出力によって相殺される。

【0248】

ボイラのコストは、表5-5に示される通り蒸気出力条件の関数でもある。高い圧力および温度の蒸気を発生するには、特別でより高価な合金、およびより太い水管が必要となる。非常に高圧の蒸気を生成するボイラは、低圧所気を生成するボイラの2倍の経費になり得る。

【表10】

表5-5 蒸気出力条件の効果

蒸気の種類	ボイラの原価要素
150～250 psig	1.0
600～750 psig	1.15～1.25
1,250～1,500 psig	1.5～2.0

出典: Matches, 2003

【0249】

O&Mコスト

ストーカおよび流動床ボイラシステムの推定される非燃料O&Mコストを、製造業者による公開データおよび考察に基づき、3つの蒸気システムサイズについて、表5-6に示す。O&Mコストは、一体型プラントに関係して評価される。O&M総経費には、準備場所の労働力、ならびにボイラシステム自体の労働力、材料、および部品が含まれる。O&M推定値は、ボイラ資本コストの2%と仮定された交換部品およびメンテナンス設備の年間非労働要素に基づいた。送風機および補助設備を運転するのに必要な化学物質、水、および電気の可変的コストは、蒸気出力1000ポンドあたりおよそ\$0.20～\$0.25と仮定した。

【表 1 1】

表 5-6 バイオマス燃料型蒸気プラントの年間O&Mコスト

特徴	バイオマス燃料供給量 (トン/日)		
	100	600	900
ストーカボイラー一体型蒸気プラント			
蒸気出力 (ポンド/時間)	20,000	165,000	250,000
準備場所労働力	\$400,000	\$320,000	\$320,000
ボイラ区分のO&M	\$160,000	\$1,095,000	\$1,110,000
年間O&M総経費	\$560,000	\$1,415,000	\$1,430,000
年間O&M総経費 (\$/1,000ポンド蒸気)	\$3.55	\$1.09	\$0.73
流動床一体型蒸気プラント			
蒸気出力 (ポンド/時間)	20,000	175,000	260,000
準備場所労働力	\$400,000	\$320,000	\$320,000
ボイラ区分のO&M	\$260,000	\$1,190,000	\$1,205,000
年間O&M総経費	\$660,000	\$1,510,000	\$1,525,000
年間O&M総経費 (\$/1,000ポンド蒸気)	\$4.19	\$1.09	\$0.74

10

20

30

40

50

* 90~95%蒸気システム設備利用率に基づく

出典: Antares Group, Inc., 2003のデータおよび開発業者による考察に基づく

【0250】

表5-6に示す通り、2種のボイラタイプは、同じ出力では同一の準備場所労働力要件を有すると仮定される。100トン/日のプラントは、自動化された準備場所を用いるより大きなプラントよりも労働力の要件が高いため、あまり自動されていないシステムを使用する。単位コストに基づく、O&Mコストは、100トン/日サイズでは流動床ボイラが高いが、2種のより大きなサイズではストーカボイラのO&Mコストと等しい。

【0251】

商業化状態

ストーカボイラは、バイオマスおよび石炭では標準的技術になって長く、多数の製造業者により提示されている。流動床ボイラは、より近年の技術であるが、多数の製造業者により市販されている。しかし近年まで、流動床ボイラの使用は、米国よりも欧州で多く普及されており、供給業者の多くは、欧州を拠点としている。

【0252】

表5-6に示される通り、一体型プラントに関連して単位コスト基準で評価すると、O&Mコストは、100トン/日での加工では小さな循環式流動床の方がストーカボイラよりも高いが、この試験で評価された2種のより大きなサイズに関してはストーカボイラよりも低い。

【0253】

全体的経費および性能の特徴

典型的なバイオマス蒸気システムの経費および性能の概要を、表5-7に示す。

【表 1 2】

表 5-7 バイオマス燃焼ボイラの経費および性能の概要

	バイオマス燃料供給量 (トン/日)		
システム	1 0 0	6 0 0	9 0 0
バイオマス燃料の特徴			
エネルギー量 (乾性) (B t u / ポンド)	8, 5 0 0	8, 5 0 0	8, 5 0 0
水分量 (%)	5 0	3 0	3 0
エネルギー量 (受取り時) (B t u / ポンド)	4, 2 5 0	5, 9 5 0	5, 9 5 0
ストーカボイラー一体型蒸留プラント			
蒸気出力 (ポンド/時間)	2 0, 0 0 0	1 6 5, 0 0 0	2 5 0, 0 0 0
ボイラ効率 (ゼロ水分指数) (%)	7 7	7 7	7 7
ボイラ効率 (水分調整) (%)	6 3	7 1	7 1
ボイラへの入熱 (MMB t u / 時間)	3 5. 4	2 9 7. 5	4 4 6. 3
蒸気への入熱 (MMB t u / 時間)	2 2. 5	2 1 2. 0	3 1 8. 0
設備利用率 (%)	9 5	9 5	9 5
原価要素			
設置ボイラ総経費	\$ 1, 9 9 0, 0 0 0	\$ 1 8, 0 0 0, 0 0 0	\$ 2 3, 2 5 0, 0 0 0
設置蒸気システム総経費	\$ 4, 6 3 0, 0 0 0	\$ 2 3, 4 3 0, 0 0 0	\$ 3 0, 3 6 0, 0 0 0
ユニット資本コスト (\$ / ポンド蒸気)	\$ 2 3 2	\$ 1 4 2	\$ 1 2 1
非燃料 O & M 総経費 (\$ / 1, 0 0 0 ポンド蒸気)	\$ 3. 5 5	\$ 1. 0 9	\$ 0. 7 3
流動床一体型蒸気プラント			
蒸気出力 (ポンド/時間)	2 0, 0 0 0	1 7 5, 0 0 0	2 6 0, 0 0 0
ボイラ効率 (ゼロ水分指数) (%)	8 0	8 0	8 0
ボイラ効率 (水分調整) (%)	6 7	7 5	7 5
ボイラへの入熱 (MMB t u / 時間)	3 5. 4	2 9 7. 5	4 4 6. 3
蒸気への入熱 (MMB t u / 時間)	2 3. 6	2 1 1. 7	3 3 2. 5
設備利用率 (%)	9 5	9 5	9 5
原価要素			
設置ボイラ総経費	\$ 6, 9 7 0, 0 0 0	\$ 2 4, 5 1 0, 0 0 0	\$ 3 2, 2 5 0, 0 0 0
設置蒸気システム総経費	\$ 9, 6 1 0, 0 0 0	\$ 2 9, 9 4 0, 0 0 0	\$ 3 9, 3 6 0, 0 0 0
ユニット資本コスト	\$ 4 8 0	\$ 1 7 1	\$ 1 5 1

10

20

30

40

(\$ / ポンド蒸気)			
非燃料 O & M 総経費 (\$ / 1, 000 ポンド 蒸気)	\$ 4. 19	\$ 1. 09	\$ 0. 74

出典：NREL，2003

【0254】

5. 1. 2 混焼

最も費用効果があり容易に実行されるバイオマスエネルギー技術の1つが、既存の石炭燃焼ボイラ内で石炭と混焼することである。混焼は、高効率ボイラ内でバイオマスを補足的エネルギー源として化石燃料と混合するという実践を指す。バイオマスの混成において、バイオマスを、ボイラで用いられる石炭の20%までの代わりとして用いることができる。混成は、典型的にはバイオマスの供給が間欠的である場合、またはバイオマスの水分量が高い場合のいずれかに用いられる。大型プラントでは、バイオマスは、石炭と混焼され、典型的にはバイオマスよりも多くの石炭が用いられる。小型プラントでは、バイオマスは天然ガスと混焼され、天然ガスは高水分量のバイオマスがボイラに供給される場合に燃焼を安定化させるために用いられるため、典型的には天然ガスよりも多くのバイオマスが、用いられる。

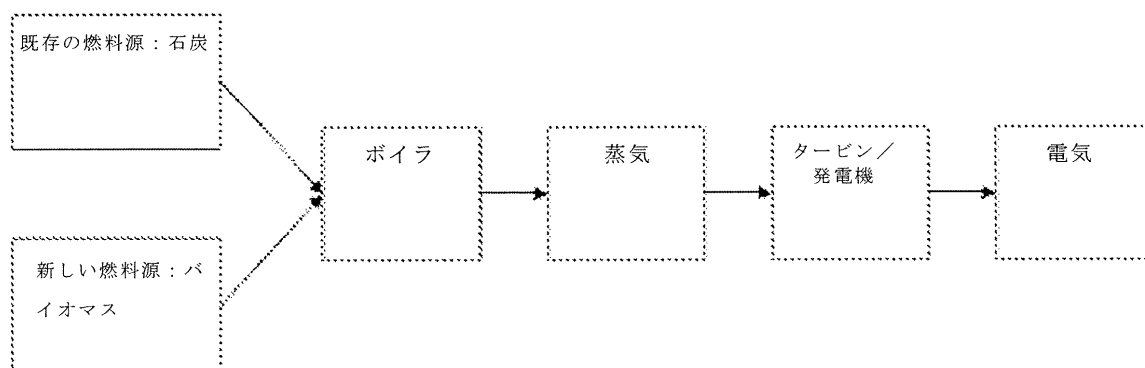
【0255】

特徴づけ

図5-5に、標準的な石炭系混焼プラントでの工程図を示す。バイオマスは、経済的には営利目的のプラント内で石炭と混焼されたが、それは基本的には燃料コスト削減方策と見なされている。特定の状況において、混焼は、事業のための好機を提供して、木材製造および他の事業から燃料をゼロコストまたはネガティブコストで得た。全体的製造経費節約は、石炭を木材廃棄物および廃紙などの安価なバイオマス燃料源と交換することにより実行することもできる。典型的にはバイオマス燃料供給は、混成プロジェクトが経済的に魅力的になり得る前の石炭供給よりも、熱量基準で少なくとも20%減少するはずである。

【表13】

図5-5 石炭発電所におけるバイオマス混焼



出典：Antares Group, Inc., 2003

【0256】

バイオマス混焼は、主に改造適用法である。混焼の基本原理は、ボイラへの顕著な変化が、補充燃料を導入および燃焼するのに必要な幾つかのわずかなバーナ改良または追加以上に必要になることはない、ということである。この目的を適えるために、バイオマスの混焼は通常、限られた範囲で実行され、バイオマス量はボイラへの総入熱の5～15%の範囲内である^{5 6}。混焼に成功するバイオマス燃料としては、木材およびペレット化された廃紙が挙げられる。主に石炭燃焼設備からの空気排出を改善する必要性、および燃料供

給を多様化する必要性から、電気事業および他の石炭ボイラ使用者の間でバイオマスの混焼への関心が高まっている。

【0257】

^{5 6} Fehrs and Donovan, 1999

【0258】

表5-8に、典型的な電力会社の混焼発電所のサイズ、用いられるバイオマス燃料の割合、および用いられるバイオマス原料のタイプ（木材、木材残渣、およびおがくず）の観念を示している。

【表14】

表5-8 電力会社によるバイオマスと石炭との混焼（連続運転）

プラント名	場所	バイオマス原料	プラント総量 (MW)	バイオマス (MV)	ボイラの型
6th Street-Alliant Energy	アイオワ州シーダーラピッズ	農業および木材の廃棄物	85	6.5	流動床
Bay Front-Northern States	ウィスコンシン州アッシュランド	木材残渣	34	5.0	ストーカ
Colbert-Tennessee Valley Authority	アラバマ州タスカンビ	木材残渣	190	3.0	微粉炭
Greenridge-AES Corporation	ニューヨーク州ドレスデン	木材残渣	108	10.0	微粉炭
King-Northern States Power	ミネソタ州ベイポート	おがくず	560	10.0	サイクロン
Tacoma Steam Plant #2	ワシントン州タコマ	木材	25	12.5	流動床
Willow Island-Allegany Energy	ウエストバージニア州プレザンツ	おがくず、タイヤ由来燃料	188	2.3	サイクロン
Yates-Southern Co. / Georgia Power	ジョージア州ニューナン	木材残渣	150	2.0	微粉炭

出典：Antares Group, Inc., 2003

【0259】

効率

通常、ボイラ効率の主な変動は、混焼から生じる。しかし一部の設計および運転上の変更は、許容し得る不透過率、バグハウスの性能、および他の運転要件を維持しながらボイ

10

20

30

40

50

ラ効率を最大にするために必要となり得る。これらの調整を行わなければ、ボイラの効率および性能は、低下する可能性がある。例えば10%のバイオマス入熱、2%のボイラ効率損失が、調製が行われなかった場合の微粉炭ボイラを有する施設の混焼テストで測定された⁵⁷。数多くの混焼プロジェクトにより、運転問題を適切に認識することで効率および性能損失を最小限に抑え得ることが実証されている。

【0260】

⁵⁷ Tilman, 2000

【0261】

稼働率

適切な改良がシステムになされていれば、バイオマスと石炭とを混焼するボイラの稼働率は、標準的な石炭ボイラと同程度になる。次の節に挙げられた潜在的な運転問題の幾つかが現れていれば、稼働率に負の影響を及ぼす可能性がある。

【0262】

運転上の利点および欠点

典型的には、既存の石炭ボイラでバイオマスを混焼するには、燃料の取扱い、加工、貯蔵および供給システムに改良または追加が必要となる。既存の運転手順へのわずかな改良、例えばオーバーファイアの増加、ならびに低密度を補填するための燃料フィーダの速度増加、およびバイオマスの発熱量も、必要となる可能性がある。

【0263】

第4章に記載される通り、燃料の特徴および加工は、ボイラの燃料としてバイオマスを使用する能力に大きく影響を及ぼし得る。木材チップは、ストーカの石炭とサイズおよび流動性に関して類似しているため、ストーカボイラで石炭と混焼する場合にはマルチ状の材料よりも好ましい。この類似性が、既存の石炭取扱いシステムの問題を最小限に抑える。高割合の微粒子（おがくずサイズ以下）を含むマルチ状の材料またはバイオマス供給を利用する場合、燃料の流れを遮断して運搬、貯蔵、および供給システムの様々な領域の開放を行う可能性がある。これらの遮断により、かなりのメンテナンス増加および運転問題を生じる可能性があり、それゆえ燃料を加工して、既存の燃料供給システムが抱える難題を回避しなければならない。

【0264】

バイオマスを取り扱う際の別の燃料検討事項は、スラッシング、ファウリング、および腐食の問題の可能性である。一部のバイオマス燃料は、高いアルカリ（基本的にカリウム）または塩素量を有し、熱交換および廃取扱い表面への管理不能な灰体積問題を生じ得る。特に高温の、燃焼ガス中の塩素は、燃焼システムおよび煙道ガス浄化構成部分の腐食を加速させる可能性がある。これらの問題は、高濃度の塩素およびアルカリを含む材料への燃料供給をスクリーニングすること、ボイラ入熱へのバイオマス寄与を15%以下に制限すること、燃料添加剤を使用すること、および煤吹きを増加すること、により最小化または回避することができる。最も問題の多いバイオマス資源は、高アルカリおよび塩素量を有する草およびわらをはじめとする農業残渣である傾向がある。

【0265】

現在、石炭発電所からの飛灰の約5%が、セメントおよびコンクリート製造の原料として用いられ、別の15%が、他の適用での原料として用いられており⁵⁹、石炭燃焼からのわずかな飛灰が、セメント／コンクリート適用例での使用に認定されている。石炭発電所でのバイオマスを混焼すれば、飛灰が現行の基準への適合することはないであろう。同様に、特定の排出制御技術、例えばアンモニア注入が用いられた場合、石炭の飛灰は、場合により、現行の基準に適合しなくなる。これらの制限が、バイオマス混焼の経済性に影響を及ぼし得るが、飛灰および他の石炭燃焼産物のための生産用途を見出す価値は、主としておよそ\$20/トンのごみ埋め立て費用の回避にある。灰量が10%の石炭では、この値は、投入燃料比の約2\$/トンに値する。現行の制限は、幾つかの適用例において混焼を検討する際の障害となるが、飛灰の別の使用は影響を受けず、研究者らはコンクリートの特徴に及ぼす、バイオマスおよびバイオマス／石炭混焼からの飛灰の利用の影響を

10

20

30

40

50

研究中である。初期の結果から、バイオマスおよび混焼燃料が、セメントおよびコンクリート中の飛灰の有用性に悪影響を及ぼさず、実際には幾つかの利点を有し得ることが示された⁶⁰。この研究により、最終的には基準を再評価して、既に欧州で行われている、許容し得るセメント／コンクリート減少として混焼からの飛灰を組み込むことになろう。

【0266】

設備および設置費用

混焼は、典型的には、石炭使用プラントに既に設置されているボイラ設備への更なる投資を必要としない。新たな燃料取扱いおよび加工設備、ボイラ改良、制御、エンジニアリング費用、および予備費用のための追加的費用はある。バイオマスが石炭燃料調製設備の上流で添加される混合燃料投入システムでは、添加される供給物の調製のための経費は、
10
バイオマス専用システムに関して前節の表5. 4に示された経費の15～30%程度である。別の燃料供給システムを利用するシステムでは、経費は、バイオマス専用プラントの経費（\$/トン バイオマス供給量）に匹敵する。

【0267】

⁵⁸ American Coal Ash Association, (日付不明)

⁵⁹ ASTM C-618.

⁶⁰ Wang, 2007.

⁶¹ 2004年に、コンクリートでの使用に関して飛灰の規格書を取り扱うEuropean Standard EN 450は、広範囲の混焼バイオマスおよび廃棄物原料からの日界を含めるための改良を認可した。これらの変更は、欧州連合の参加国による採用の手続き中である。
20

【0268】

O & Mの問題

資本コストで議論された通り、混焼のためにバイオマス添加に起因するボイラ区分への追加的O & Mは、極めて小さい。バイオマスと石炭を混焼するボイラでのメンテナンス要件は、石炭専用のボイラのものと同様である。しかしこれまでの運転手順へのわずかな変更、例えばオーバファイアエアーおよび燃料フィーダ速度の増加は、必要となる可能性がある。バイオマスを石炭と混焼するためのO & Mコストの増加は、バイオマスの受取りおよび供給物の調製に関するものがほぼ全てである。ブレンドされるシステムでは、供給調整物のO & Mへの適合も、バイオマス専用プラントのコストの15～30%程度である。
30

【0269】

商業化状態

電力会社、DOE、および電力学会（EPRI）などの組織は、小規模および大規模事業のボイラにおいてバイオマス混焼に関する研究および実施試験を数年間にわたり実施した。これらのテストから、バイオマスとの混焼がサイクロン、ストーカ、微粉炭、ならびに気泡型および循環型流動床ボイラを含む広範囲のボイラタイプでの完遂に成功した。Federal Energy Management Programによれば、米国内の少なくとも182の異なるボイラおよび組織が、バイオマスを化石燃料と混焼されているが、この数字は、理解しにくい。182の混焼運転のうち、114（または63%）は、工業施設のものであり、電力会社の発電所では32、地方自治体のボイラは18、教育施設は10、そして連邦施設のものは8であった⁶²。
40

【0270】

⁶² DOE, 2004

【0271】

5. 2 ガス化技術

電力精製のためのバイオマスのガス化には、酸素不足環境で固体バイオマスを加熱して低または中カロリーのガスを生成することが必要となる。バイオマスの炭素および水素量、ならびにガス化炉の特性に応じて、シingasの発熱量は、大体100～500 Btu /
50

フィード³の範囲内になり得る（天然ガスでは10～50％）。シンガスの発熱量は、一般に、ガス化工程により生成されたCOおよび水素から生じる。残りの構成要素は、CO₂および他の燃焼不能なガスである。ガスは、燃焼前に浄化して濾過し、問題となる化合物を除去することができるため、バイオマスのガス化は、バイオマスの直接燃焼を超える利点を提示する。ガス化は、化学物質または生物学的作用（例えば、嫌気性消化）を利用すれば完遂され得るが、熱ガス化は現在、わずかの商業的選択肢しかないか、またはほぼ商業的選択肢がない。

【0272】

ガス化工程からの排出燃料は、一般にシンガスと呼ばれるが、一般的使用では、木ガス、発生炉ガス、またはバイオガスと呼ばれる。シンガスは、酸素不足環境での直接加熱、部分酸素化、または酸素の非存在下での間接的加熱を通して生成することができる。ほとんどのガス化工程は、複数のステップを含む。熱分解と呼ばれる一次変換工程は、固体バイオマスを熱で分解して（酸素不足環境内で）、ガス、液体（タール）、および炭を生成する。熱分解は、一連の複雑な反応を通しておよそ1,100°Fでバイオマス供給物の揮発性成分を放出する。バイオマス燃料は、非常に多くの揮発性成分を有するため（石炭の30％に比較して、乾量基準で70～85％）、熱分解での理想的選択である。次のステップは、蒸気および／または部分燃焼を利用して、残留するタールおよび炭をCOに変換するガス化工程を含む。石炭のガス化において、生成により得られたシンガスが高い発熱量を有し、工程がより効率的であるため、純粋な酸素または酸素が高濃度の空気が、酸化剤として好ましい。バイオマスのガス化において、バイオマスは石炭灰分よりも低い融点を有し、プラントの規模が一般に小さいため、酸素は一般には用いられない。

【0273】

バイオマスをプラズマに通すことを含む非常に高温での工程が開発され、主に廃棄物浄化、汚染された廃棄物、およびMSWに関して検査された。

【0274】

直接燃焼型バイオマスシステムと比較して、ガス化は、商業的技術がまだ確立されていない。しかし、

- ・ガス燃料が固体燃料よりも多様性がある。ボイラ、プロセスヒーター、タービン、エンジンおよび燃料電池で用いられ、パイプラインに分配され、天然ガスまたは他のガス燃料とブレンドすることができる、

- ・ガス化は、直接燃焼型システムと比較して、燃料混入物を除去して排出物を減少させることができる、

- ・ガス化は、基本的工程を大きく変更せずに、木材残渣から農業残渣まで、そして専用の作物まで、広範囲のバイオマス原料を取り扱うように設計することができる、

- ・ガス化を利用して廃棄物燃料を加工し、バイオハザードの安全な除去および重金属の非反応性スラッグへの同伴をもたらすことができる、

という複数の理由により、バイオマスガス化の発展および実証に多くの関心が寄せられている。

【0275】

ガス化燃料は、混入物が浄化されることを条件に、ガスタービン複合サイクルまたは燃料電池などの高効率発電システムにおいて用いることができる。タービン排気からの熱を回収するための設備が加われば、システムの効率は、80％まで上昇し得る。

【0276】

前節に記載された直接燃焼工程と同様に、固定床および流動床という2つの基本的タイプのガス化炉が出現した。固定床ガス化炉は、典型的にはより簡単で、より安価で、より低熱量のシンガスを生成する。流動床ガス化炉は、より複雑で、より高価であり、より高い発熱量のシンガスを生成する。

【0277】

5. 2. 1 ガス化炉

【0278】

特徴づけ

【0279】

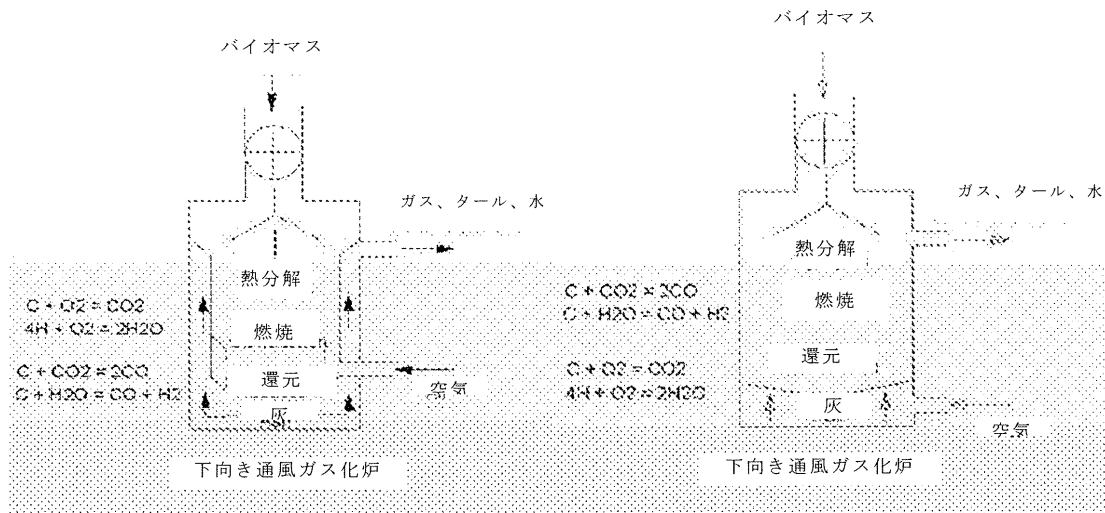
固定床ガス化炉

固定床ガス化炉は、典型的には耐火ライニングのあるシャフトの内側に固定されたグレーートを有する。新鮮なバイオマス燃料が、典型的にはガス化炉の内側の燃料、炭、および灰のパイルの最上部に配置される。更なる特徴は、空気（または酸素）の流れの方向：下向き通風（空気が火床を流れて下向きに流れ、グレーートの下でバイオガスとして残留する）、上向き通風（空気がグレーートを流れて上向きに流れ、バイオガスが火床の上部で回収される）、または十字流（空気が火床を横切って流れ、バイオガスとして放出される）に基づく。固定床ガス化炉タイプの主要区分の略図を、図5-6に示す。

【0280】

【表15】

図5-6 固定床ガス化炉タイプ



出典：Bain, 2006

【0281】

表5-9は、固定床ガス化炉タイプを比較したものである。表5-10は、固定床ガス化炉の典型的な物理的特徴を示している。固定床ガス化炉は、通常、用量が限定され、典型的には5 MWよりも少なく生成することが可能な発生システムで用いられる。耐火ライニングシャフト反応炉の物理的性質により、直径が制限され、このため処理能力が制限される。開発者は、固定床ガス化炉と小規模分散型発電設備とがうまく適合することを確認した。しかし、バイオマスの回収および供給の可変的な経済性とガス化炉の低効率とを組み合わせれば、特に特定地域に向けた技術の経済的妥当性が生じる。

【表 1 6】

表 5 - 9 固定床ガス化炉の技術の比較

	ガス化炉のタイプ		
	下向き通風	上向き通風	十字流
操作	バイオマスを最上部から導入して下向きに移動させる。酸化剤（空気）を最上部に導入して下向きに流す。シンガスをグレートの高さの底部から抽出する。	バイオマスを最上部から導入して下向きに移動させる。酸化剤を底部に導入して上向きに流す。若干乾燥させる。シンガスを最上部から抽出する。	バイオマスを最上部から導入して下向きに移動させる。酸化剤を底部に導入して火床を横切るように流す。シンガスをグレートの所のエアノズルの反対側に抽出する。
利点	シンガス中のタールおよび粒子が少ないため、幾つかのエンジンを洗浄せずに直接使用することができる。グレーとは、高温に暴露されない。	高い水分量の媒そまを取り扱うことができる。高温により一部の有毒物質、スラグ鉱物、および金属が破壊され得る。多量のタールにより発熱量が増す。	最も簡単な設計。ホットゾーンはより強度の環境。より低温であるため、安価な構成材料を使用できる。
欠点	バイオマスが、非常に乾燥していなければならない（＜20％水分量）。シンガスが高温であり、圧縮または丁寧な浄化が必要な場合には、冷却されなければならない。炭素の約4～7％は未返還で灰に残留する。	多量のタールがエンジンまたはコンプレッサをふさぐ可能性がある。グレーが高温に暴露され、冷却されるか、または保護されなければならない。	操作がより複雑。スラギングの問題が報告された。灰中に高レベル（33％）の炭素。

10

20

30

【表 1 7】

表 5 - 1 0 固定床ガス化炉の典型的な特徴

パラメータ	固定床、下向き通風
燃料サイズ（インチ）	0.4～4
燃料灰分（重量％）	< 6
運転温度（° F）	1450～2550
制御	簡単
ターンダウン比	4：1
構成材料	軟鋼＋耐火性
容量（MW t e r m a l）（トン バイオマス／日）	< 5（< 30）
立ち上がり時間	数分
オペレータの注意	低
タール量（ポンド／MM B t u 生成ガス）	< 1.2
発熱量（B t u／s c f）HHV	130

出典：G a s N e t，（日付不明）

40

【0 2 8 2】

流動床ガス化炉

流動床ガス化炉は、同じガス化工程を利用しており、固定床システムよりも高い性能を

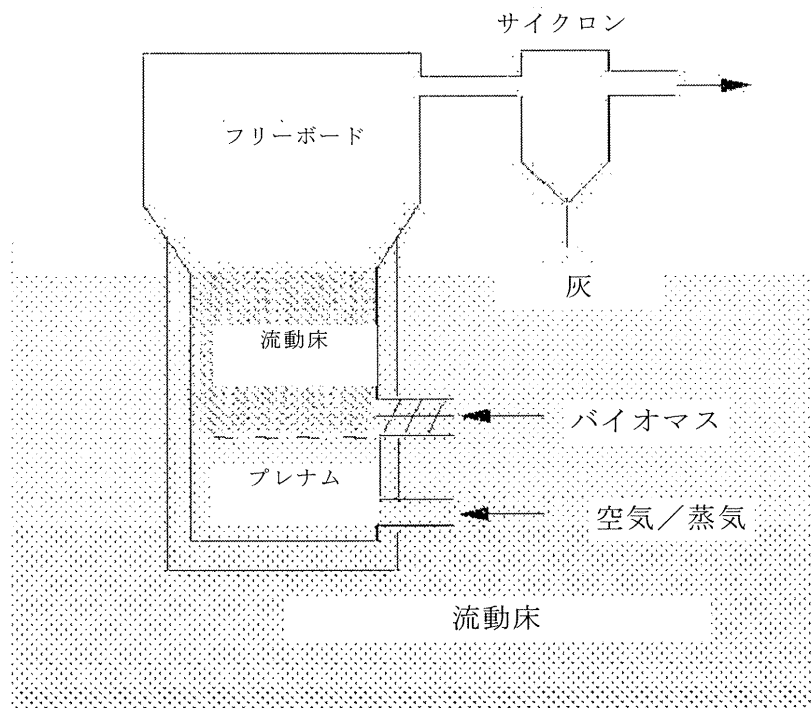
50

示すが、より複雑でコストもより高い。流動床ボイラと同様に、一次ガス化工程が、酸素不足ガスの上向きの移動によって浮遊された高温不活性材料のベッドで起こる（図5～7）。大きな処理能力に達するようにガスの量を増大させると、ベッドは浮揚し始めて「流動化」するようになる。砂またはアルミニウムは、多くの場合、熱伝達をさらに改善するために用いられる。流動床デバイスの顕著な利益は、高い生産性（ベッド面積あたり）および柔軟性である。流動床ガス化炉は、平均で30%までの水分量を含む広範囲のバイオマス原料も取り扱うことができる。

【0283】

【表18】

図5-7 流動床ガス化炉



出典：B a i n, 2006

【0284】

設計にもよるが、ガス化炉で行われ得る流動化には3つの段階：気泡化、再循環、および同伴流、がある。流動化の下端では、火床が膨張して、流体として活動し始める。速度が増加すると、ベッドが「バブリング」し始める。空気流がさらに増加すると、ベッド材料が火床から上昇し始める。この材料が、典型的にはサイクロン内で分離して、ベッドに「再循環」される。速度がさらに増すと、火床材料が同伴される（即ち、拾い上げられて、空気流に運び去られる）。

【0285】

流動床ガス化炉は、熱分解ガスの一部を使用してこの工程を駆動する熱を発生するように設計することができ、または外部で燃焼させることができる。ガス化炉を高圧で運転することで、処理能力が上昇するが、これはガス化炉の複雑さおよびコストも増大させる。これらのユニットにおいて、バイオマスは、熱分解および炭変換工程を通過した後、完全に变化される。

【0286】

空気の量および工程温度を低減することにより、流動床ボイラをガス化炉として運転することが可能になる。この運転様式では、ガス化炉は、発熱量が100Btu/フィート³（Ft³）よりもわずかに高いガスを生成する。更なる空気供給物がボイラ管区分の上流に注入されると、このガスがベッドの上で燃焼される。

【0287】

表5～11に、流動床ガス化炉の典型的な物理的性質を示す。発熱量 $250 \sim 400 \text{ Btu/ft}^3$ のシingasを生成することを目的とする先進概念の流動床ガス化炉が多数、開発中である。このタイプのシingasは、ガスタービン、燃料電池、および往復動内燃機関における使用がより適するが、これらの先進概念のガス化炉は、営利目的での運転で立証される段階には達していない。

【0288】

【表19】

表5-11 流動床ガス化炉の典型的な特徴

パラメータ	流動床
燃料サイズ (インチ)	0～0.8
燃料灰分 (重量%)	<25
運転温度 (°F)	1,350～1,750
制御	平均的
ターndダウン比	3
構成材料	耐熱鋼
容量 (MW thermal) (トン バイオマス/日)	5以上 (>30)
立ち上がり時間	数時間
オペレータの注意	平均的
タール量 (ポンド/MMBtu 生成ガス)	<2
発熱量 (Btu/scf) HHV	150

10

20

【0289】

効率

固定床および流動床のバイオマスガス化炉は両者とも、直接燃焼として類似タイプの設備を使用する。バイオマス燃料は、固定床、流動床、または移動床のいずれかの燃焼/反応炉に供給される。熱損失の熱力学が類似しているが、ガス化条件が、直接燃焼とは異なる。直接燃焼において、10～14倍重量の燃料が、空気として導入される。ガス化炉において、反応炉に入る空気が、あるとしても、燃料のわずか1～2倍である。この差は、反応ゾーンからの熱損失を減少させている。その一方で、シingasは、ガス化反応炉を非常に高い温度で放出され(1,200～1,500°F)、この熱損失の一部は、ガス冷却区分での熱交換器の使用により直接、または発電区分でのシingas燃焼からの熱回収分の使用により間接的に、回収することができる。流入空気をあらかじめ加熱するため、高温蒸気を導入するため、または流入バイオマスを乾燥させるために熱が用いられる限りは、バイオマスをシingasに変換する効率が上昇するであろう。高温ガス冷却区分から回収される熱は、CHP熱回収にも添加され得る。この場合、シingas変換の中間的な効率値は増加せず、全体的なCHP効率が増加する。これらの差を結び付けて、シingasへの変換効率(シingasの発熱量をバイオマスの発熱量で割った値)が60～80%のバイオマスを製造する。しかし一体型配置では、更なる蒸気が高温シingasの冷却により発生して、浄化前に反応炉から放出され得る。

30

40

【0290】

稼働率

バイオマスガス化プラントの商業化が初期段階にあるという事実により、施設の調査情報は、稼働率または信頼度に関しては見出されていない。プラントは、連続運転用に設計されており、設計性能は、90+パーセント範囲である。材料取扱いの問題、制御の問題、および成分の欠陥は、更なる運転経験を積んだ後に見出されるよりも頻繁に計画外の故障停止を起こすため、最先端技術の実験の経験は、広範の商業的使用の間に経験するよりも低い稼働率を生じる傾向がある。新たに創設された支援基盤によって、故障停止は、修理または解明されるまでの期間がより長期化する傾向もある。しかし十分な設計のシステムは、85～95%の稼働率範囲で運転するという合理的予測を有する。

50

【0291】

運転上の問題

先に議論された通り、水分量、ガス浄化、および運転圧力は全て、ガス化炉の運転に影響を及ぼし得る。異なるタイプのガス化システムに共通する運転上の問題が複数ある。

【0292】

水分量

新たに回収された植物材料と定義されるグリーンバイオマスは、顕著な量の水分重量（60%まで）を含有し得る。この水は、ガス化における顕著なエネルギー量を消費するが、シンガスの発熱量に寄与しない。水は高温で燃焼（酸化）することができないとしても、元素成分、つまり水素および酸素に解離するであろう。水素はシンガスのカロリー価に寄与する。この反応は、非常に温度感受性があり、水素および酸素は、通常、シンガスが冷却されると水蒸気に再結合される。それゆえ、バイオマスの水分量は、厳密に限定されなければならない。過剰の水分が存在すれば、ガス化工程は、外部の熱源を含まずに単独で継続することができない。バイオマスの水分量が増加する程、シンガス中の利用可能な正味のエネルギーが減少する。シンガスの内部燃料を使用する固定床ガス化炉は、典型的には20%未満の水分量のバイオマスを使用する。流動床ガス化炉は、典型的には30%未満の水分量を必要とする。

10

【0293】

グリーンバイオマスは、最も即座に入手可能であり、安価なバイオマス製品である。乾燥工程では、かなりの量の追加的資本投資が必要であり、O&Mコストが増加する。不幸にも、乾燥設備の経費（設備経費およびO&Mコスト）は、グリーンバイオマス使用の経費節約になることはまれである。

20

【0294】

ガス浄化

シンガスがガス化炉を離れた後、ガス化炉には下流の設備、灰の取扱い、および排出にとって有害となる複数のタイプの含有物が含まれる。ガス浄化の度合いは、意図する使用法にほぼ適合していなければならない。往復運動するエンジン、ガスタービン、そして特に燃料電池で使用するために、非常に清浄なガスが求められる。表5-12で議論される通り、シンガス内の主な含有物は、タール、粒子、アルカリ化合物、およびアンモニアである。観察される含有物のタイプは、用いられるバイオマス原料およびガス化工程に依存する。

30

【表 2 0】

表 5 - 1 2 ガス浄化問題

含有物	概要	処理
タール	タール（クレオソート）は、凝縮性蒸気として残存する複雑な炭化水素である。	湿性スクラバー、静電集塵機、バリアフィルター、触媒、または燃焼
粒子	粒子は、典型的には灰および未変換のバイオマスを含む非常に小さな固体材料である。	サイクロンセパレータ、ファブリックフィルター、静電集塵機、および湿性スクラバー
アルカリ化合物	カリウム、アルカリ塩、および凝縮されたアルカリ蒸気が、バイオマスの化学組成物の一部をなす。	最初、シンガスを 1, 200° F 未満に冷却してアルカリ蒸気を凝縮させる。次にサイクロンセパレータ、ファインファブリックフィルター、静電集塵機、および湿性スクラバーを使用する。
アンモニア	アンモニアは、窒素（燃料が結合型および空気中のもの）および水素（燃料中および水分中のもの）から形成される。シンガスが燃焼される時、アンモニアが NO に変換される。	触媒、処理、炭水化物改質、または湿性スクラビング

10

20

【0 2 9 5】

ガス化は、高温で起こるため、シンガスは、顕熱中の総エネルギーの 1 / 3 に及ぶ可能性がある。ガスを高温のまま浄化することは、エネルギー使用の観点からすると有利であろうが、この労作を完遂することは現在のところ困難である。高温ガスフィルターに関する研究が継続中であり、それは石炭ガス化だけでなく他の高温工程にも適合することができる。湿性スクラバーは、現在のところ、ガス浄化としては最も信頼性があり経費が最小の選択肢であるが、シンガスの顕熱を無駄にする。高温のシンガスを冷却することで、浄化工程、発電、または最終使用のための水蒸気源を提供することができる。

30

【0 2 9 6】

運転圧力

ガス化炉は、大気圧または高圧のいずれかで運転することができる。空気吹き方式の大気圧ガス化炉は、110～170 B t u / s c f の非常に低い B t u ガスを生成する。このガスをプラントの発電区分のガスタービンに導入するために、タービン出力の最大 1 / 3 というかなりの量の圧縮エネルギーを必要とする。それゆえ、シンガスが更なる圧縮を行わずにガスタービンの燃焼区分に直接導入され得るよう、シンガスを高圧で生成することが有利となろう。しかし加圧された反応炉は、反応炉にどう有される任意の燃焼空気または酸素を圧縮して、投入されたバイオマスおよび灰除去システムの圧縮密閉を維持する必要がある。

40

【0 2 9 7】

利点および欠点

固定床および流動床ガス化炉は、バイオマスの特徴および地域の要件に応じて、バイオマス燃料による特殊な運転上の利点および欠点を有する。表 5 - 1 3 に、固定床および流動床システムのガス化炉の特徴および運転上の問題の性質的比較を示す。

【0 2 9 8】

【表 2 1】

表 5-13 ガス化炉のタイプの相対的利点／欠点

ガス化炉	利点	欠点
上向き通風固定床	早期に加熱 小規模適用 高水分量での取扱い可能 灰中の炭素がない	供給サイズが限定される 高いタール生成量 規模が限定される 低 B t u ガス スラッシングの可能性
下向き通風固定床	小規模適用 微粒子が少ない タールが少ない	供給サイズが限定される 規模が限定される 低 B t u ガス 水分感受性
気泡型流動床	大規模適用 供給が特徴的 直接的／間接的加熱 より多量の B t u ガスを生成可能	中等度のタール生成量 より高い粒子負荷 (p a r t i c l e l o a d i n g)
循環型流動床	大規模適用 供給が特徴的 より多量の B t u ガスを生成可能	中等度のタール生成量 より高い粒子負荷
同伴流動床	規模の調整が可能 低タールが可能 低メタンが可能 より多量の B t u ガスを生成可能	多量のキャリアガス より高い粒子負荷 粒径が限定される

10

20

【0299】

設備および設置費用

ガス化系列のための主な経費は、一次ガス化反応炉そのものである。補助的加工を、タール分解炉内で行うことができる。間接的ガス化炉は、熱を供給する別の炭燃焼室を有する次の主要部分は、ガス浄化区分であり、それは灰の除去と、クエンチと、バグフィルターと、湿式スクラバーと、シンガスを冷却して工程の他の部分に熱を提供するか、または C H P 熱利用に寄与する熱交換器と、を含む。ガス化区分およびバイオマスをシンガスに変換するプラントにかかる資本コストを、表 5-14 に示す。これらのコストは、公表された推定値 (A n t a r e s G r o u p , I n c . , 2 0 0 3) および設備供給業者の議論に基づいて推定されている。単位コストは、サイズの間数として一定して加工する傾向を示さず、代わりに工程に大きく依存すると見なされる。

30

【表 2 2】

表 5-14 シンガスを生成するためのバイマスガス化の資本コスト

	ガス化炉の例			
	大気圧ガス化	大気圧ガス化	大気圧ガス化	高圧ガス化
ガス化炉のタイプ	固定	流動	流動	流動／高圧
トン／日（受取り時）	1 0 0	2 6 0	4 5 0	1, 2 0 0
ガス化炉の設備	\$ 1, 2 2 5, 0 0 0	\$ 1 0, 0 5 0, 0 0 0	\$ 1 5, 1 5 8, 0 0 0	\$ 3 4, 6 8 2, 0 0 0
設置	\$ 6 1 2, 0 0 0	\$ 5, 0 2 4, 0 0 0	\$ 7, 5 7 8, 0 0 0	\$ 1 7, 3 3 8, 0 0 0
ガス化の総設置費	\$ 1, 8 3 7, 0 0 0	\$ 1 5, 0 7 4, 0 0 0	\$ 2 2, 7 3 6, 0 0 0	\$ 5 2, 0 2 0, 0 0 0
バイオマス準備場所*	\$ 2, 6 3 9, 7 0 0	\$ 3, 9 4 7, 4 0 0	\$ 4, 9 7 2, 0 0 0	\$ 9, 6 8 5, 7 6 6
設置の総資本コスト	\$ 4, 4 7 6, 7 0 0	\$ 1 9, 0 2 1, 4 0 0	\$ 2 7, 7 0 8, 0 0 0	\$ 6 1, 7 0 5, 7 6 6
単位コスト（\$／MMB t u／時間）（シンガス）	\$ 1 2 7, 1 6 4	\$ 2 0 9, 4 2 5	\$ 1 7 4, 1 3 0	\$ 1 6 1, 2 7 0

*準備場所のコストは、4. 1. 5 節で作成された資本コスト曲線に基づいて推定した。

出典：Antares Group, Inc., 2003、ならびに設備供給業者と開発業者による議論に基づく

【0300】

O & Mコスト

ガス化の非燃料 O & M コストには、O & M 人件費、管理者人件費、水、灰除去、保険料、税金、特許権使用料、および他の運転材料が含まれる。これらのコストは、公表された推定値および設備供給業者による議論に基づいて表 5-15 で推定している^{6 3}。

【0301】

^{6 3} Antares Group Inc., 2003

10

20

30

【表 2 3】

表 5-15 シンガス生成のためのガス化O&Mコスト推定値

ガス化炉のタイプ	ガス化炉の例			
	大気圧ガス化	大気圧ガス化	大気圧ガス化	高圧ガス化
	固定	流動	流動	流動／高圧
トン／日（受取り時）	1 0 0	2 6 0	4 5 0	1, 2 0 0
正味能力、MM B t u／時間	3 5. 2	9 0. 8	1 5 9. 1	3 8 2. 6
準備場所人件費	\$ 4 0 0, 0 0 0	\$ 3 2 0, 0 0 0	\$ 3 2 0, 0 0 0	\$ 4 0 0, 0 0 0
ガス化炉区分O & M	\$ 5 0 2, 0 0 0	\$ 6 3 4, 5 0 0	\$ 7 8 9, 5 0 0	\$ 2, 2 3 5, 8 0 0
総年間O&M（シンガス変換）	\$ 9 0 2, 0 0 0	\$ 9 5 4, 5 0 0	\$ 1, 1 0 9, 5 0 0	\$ 2, 6 3 5, 8 0 0
ガス化O&M（\$／MM B t u）	\$ 3. 2 5 0	\$ 1. 3 3 3	\$ 0. 8 8 4	\$ 0. 8 7 4

出典：Antare Group, Inc., 2003、ならびに設備供給業者と開発業者による議論に基づく

【0302】

考慮されるバイオマスガス化システムの範囲に関するコストおよび性能の概要を、表 5-16 に示す。

10

20

【表 2 4】

表 5 - 1 6 バイオマスガス化のコストおよび性能

ガス化炉の技術	ガス化炉の技術			
	大気圧ガス化	大気圧ガス化	大気圧ガス化	高圧ガス化
ガス化炉のタイプ	固定	流動	流動	流動／高圧
トン／日（受取り時）	1 0 0	2 6 0	4 5 0	1, 2 0 0
原料の特徴				
エネルギー量 乾性（B t u／ ポンド）	8, 5 0 0	8, 5 0 0	8, 5 0 0	8, 4 7 6
水分量（％）	3 0	3 0	3 0	3 8
受取り時のエネルギー量（B t u／ポンド）	5 9 5 0	5 9 5 0	5 9 5 0	5, 2 5 5
バイオマス変換				
ガス化炉の効率 （調整された水分量）（％）	6 5	7 1	7 1	7 2
ガス化炉に対するバイオマス燃料値（MMB t u／時間）	4 9. 6	1 2 7. 9	2 2 4. 1	5 3 1. 9
生成された燃料 （MMB t u／時間）	3 2. 2	9 0. 8	1 5 9. 1	3 8 2. 6
発熱量（B t u／s c f H H V）	1 1 0. 0	1 1 0. 0	1 1 0. 0	1 2 8. 8
燃料圧（p s i g）	大気圧	大気圧	大気圧	加圧
プラント利用率（％）	9 0	9 0	9 0	9 0
資本コスト				
ガス化炉の設備	\$ 1, 2 2 5, 0 0 0	\$ 1 0 0 5 0, 0 0 0	\$ 1 5, 1 5 8, 0 0 0	\$ 3 4, 6 8 2, 0 0 0
設置	\$ 6 1 2, 0 0 0	\$ 5, 0 2 4, 0 0 0	\$ 7, 5 7 8, 0 0 0	\$ 1 7, 3 3 8, 0 0 0
ガス化の総設置費	\$ 1, 8 3 7, 0 0 0	\$ 1 5, 0 7 4, 0 0 0	\$ 2 2, 7 3 6, 0 0 0	\$ 5 2, 0 2 0, 0 0 0
バイオマス準備場所	\$ 2, 6 3 9, 7 0 0	\$ 3, 9 4 7, 4 0 0	\$ 4, 9 7 2, 0 0 0	\$ 9, 6 8 5, 7 6 6
設置の総資本コスト	\$ 4, 4 7 6, 7 0 0	\$ 1 9, 0 2 1, 4 0 0	\$ 2 7, 7 0 8, 0 0 0	\$ 6 1, 7 0 5, 7 6 6
単位コスト （\$／MMB t u／時間）（シンガス）	\$ 1 2 7, 1 6 4	\$ 2 0 9, 4 2 5	\$ 1 7 4, 1 3 0	\$ 1 6 1, 2 7 0

出典：Antare Group, Inc., 2003、ならびに設備供給業者と開発

【0303】

商業的状态

商業的ガス化プロジェクトの大部分は、原料として石炭または石油コークスを使用する。バイオマスガス化技術は、数十年間、商業的関心の対象であった。1990年代までに、CHPが潜在的近未来技術として認識された。研究開発は、一体型ガス化複合サイクル

10

20

30

40

50

およびガス化混焼の実証に集中した。米国では、プロジェクトにより、バガスおよびアルファルファのような扱いにくい原料がほとんど加工された。低エネルギーガス化炉は、現在市販されており、何十もの小規模施設が、運転されている。

【0304】

欧州、米国、およびカナダ^{6 4}のガス化炉製造業者のレビューにおいて、営利的ガス化プラントを提供する50の製造照射を確認したところ、設計の755が固定床下向き通風タイプであり、設計の20%が流動床システムであった。世界中で運転されているバイオマスガス化システムの実数の数は未知であるが、文献のレビューおよび工業発生源の議論に基づけば、50未満であると推定される。この時点で米国で営利目的で運転されているバイオマスガス化システムはほんの一握りであり、これらの多くは、部分的に政府基金を受けた検証ユニットである。比較すれば、世界中で運転されているバイオマス燃料の流動床ボイラは、現在のところ100を超える。

^{6 4} European Biomass Industry Association, (日付不明)

【0305】

以下の既存の技術的および操作的問題に取り組むために進行中の開発活動は、依然としてかなり存在する：

- ・ガス化 — バイオマスおよび黒液を用いた幾つかのガス化技術は、大規模検証の段階まで発展した。しかしガス化システムは、燃料電池または燃料合成のための水素分離技術と統合するのに適したシステムの広範な市販化に至っていない。これは、一部の理由として、燃料化学が、商業的検証プログラムを支援して先進のガス化炉およびガス浄化システムの発展および規模拡大を促進するのに十分確立されていないためである。

- ・シンガスの浄化および調質 — バイオマスシステムからの原料ガスが、現在、下流の燃料、化学合成触媒、または幾つかの電力技術のためのそれらのものの厳密な品質基準に適合していない。これらのガスは、タール、粒子、アルカリ、アンモニア、塩素、および硫黄などの混入物質を除去するための浄化および調質を必要とするであろう。入手可能な浄化技術は、商業的実行に達するために必要となるコスト、性能、または環境基準にまだ適合していない。

- ・センサーおよび制御 — 効果的な工程制御の開発は、様々な負荷、燃料特性、および大気条件で目的レベルのプラント性能および排出を維持するために必要である。新しいセンサーおよび分析機器が、熱化学システムの制御システムを最適化するために開発中である。

- ・工程の統合 — 全ての新しい加工技術と同様に、技術、環境、および安全性の要件を十分に大規模に適合させる持続的な統合性能を実証することが、商業化を支援する上で不可欠である。蒸気生成、電力、パルプ化、および科学的回収に関連するユニット操作が統合されなければならない場合、製紙工場での黒液調整などの適用例は、既存の商業的工程に結合させるという更なる複雑さを有する。

- ・混入物質（構成材料） — 既存のガス化炉により経験から、ガス化反応を含むことが困難であり、反応炉の殻および内部のための材料開発、含有容器の内張りとなる耐火材料、容器の設計、ならびに火床の挙動および凝集の知識を増やすことで、長期間にわたる性能が改善されることが示されている。

【0306】

5. 3 モジュラーシステム

モジュラーバイオマスを燃料とするCHPシステムは、5MW未満であるが典型的にはさらに小さい小型システムであり、主な操作部品が、ユーザーの地域で簡単に設置されるように予め操作および包装された1つ以上のモジュールの中に入っている。そのシステムは、典型的には燃料処理装置（燃焼またはガス化）、必要な中間体燃料浄化材、発電機、および発電区分とエネルギー変換区分の両方からの熱回収部、を含む。自動の燃料貯蔵および送達システムを、完全な操作システムのために加えなければならない。

【0307】

小型モジュラーバイオマスシステムは、田舎、農村、職業、および遠隔地に電力を供給することができる。これらのシステムは、木材、作物廃棄物、動物系肥料、およびL F Gなどの地方で入手可能なバイオマス燃料を使用する。バイオマス燃料によるモジュラー電力システムの開発は、電力および燃料基盤が不足する地域の隔離されたコミュニティ電力を送る手段として、国際的に大きな関心が寄せられている。米国においては、作物廃棄物または山火事を制御するための間伐材など、地方から得られた機会燃料（o p p o r t u n i t y f u e l s）を利用する小型システムに関心が持たれている。

【0308】

特別な開発業者／製造業者のモジュラーシステムの特定の列挙を付録Dに示す。

【0309】

特徴づけ

モジュラーシステムは、本質的により大型のシステムを本質的に規模縮小させたものである。蒸気電力による直接燃焼技術を利用するシステム、ならびに内燃機関、マイクロタービン、およびスターリングエンジンなどのガス化技術とガス燃料燃焼電力技術（第6章で考察）とを利用するシステムがある。発電用のスターリングエンジンを使用する直接燃焼システム、および高温の原料ガスを燃焼して蒸気を生成させるガス化を利用するシステムも存在する。

【0310】

モジュラー式ガス化システム

図5～8に、開発中のシステムの代表例である75-kWモジュラーバイオマスガス化システムの略図を示す。図には、基本的システムに含まれる8つのサブモジュールが存在すること、ならびに貯蔵および供給サブモジュールが含まれないこと、が示されている。

【0311】

基本的パッケージモジュール

1. 自動バイオマス供給システム
2. 原料の水分量を減少させる乾燥機
3. サイズ調整するためのチップソーター
4. 乾燥機内で使用するため、および現場での加熱適用のためのガス化炉から熱を抽出する熱交換器
5. ガス化炉供給機
6. 低B t uガス（約110 B t u / s c f - H H Vの発熱量）を生成する下向き通風ガス化炉
7. 粒子を除去する濾過段階
8. 電力モジュール — これは、低B t u燃料、マイクロタービン、スターリングエンジン、または燃料電池で運転するように設計された内燃機関になり得る。電力モジュールは、現場での使用のための更なる使用可能な熱エネルギーを提供するための熱回収設備も有する。ガスはそのような低B t u量であるため、プロパンまたは天然ガスがシステムの立ち上がりの際に必要となる。立ち上がりの後、システムはシingasのみで運転することができる。

【0312】

これらのようなシステムは、現場の送達システムで原料を貯蔵する必要がある。移動床を有する地中の貯蔵庫により、自動化システムへの燃料の直接送達が可能になる。自動化システムは、トラックにより一定サイズの燃料供給物が送達され得る恒久的に設置された底部に電気が流れるバンからなり得る。

10

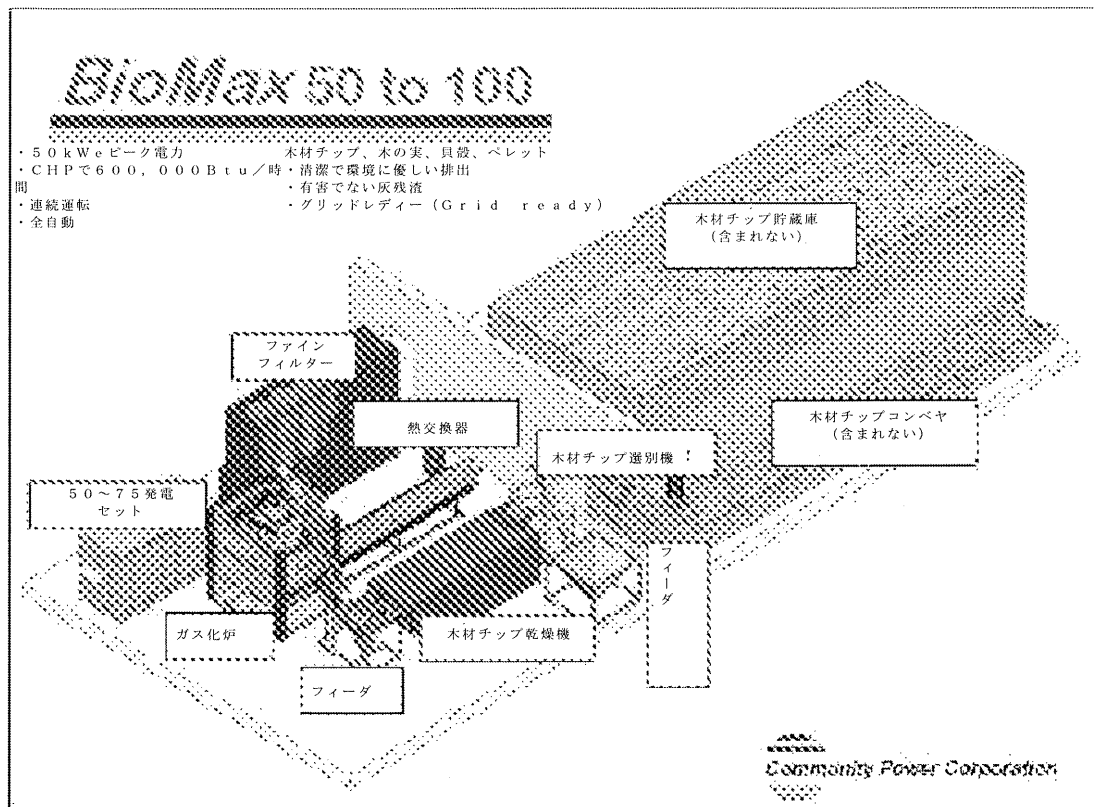
20

30

40

【表 2 5】

図 5-8 例としてのモジュラーバイオマスガス化システム



出典：Community Power Corporation, (日付不明)

【0313】

モジュラー式燃焼システム^{6 5}

固定床燃焼室内での直接燃焼は、大きなサイズでの商業的技術である。これらの大型システムでは、これまで特徴づけられた通り、蒸気タービンにより発電される。モジュラーシステムにおいて、小型適用例により適する他の電力システムが、開発されている。用いられている、または使用が検討されている典型的な電力および熱サイクルは、以下の通りである：

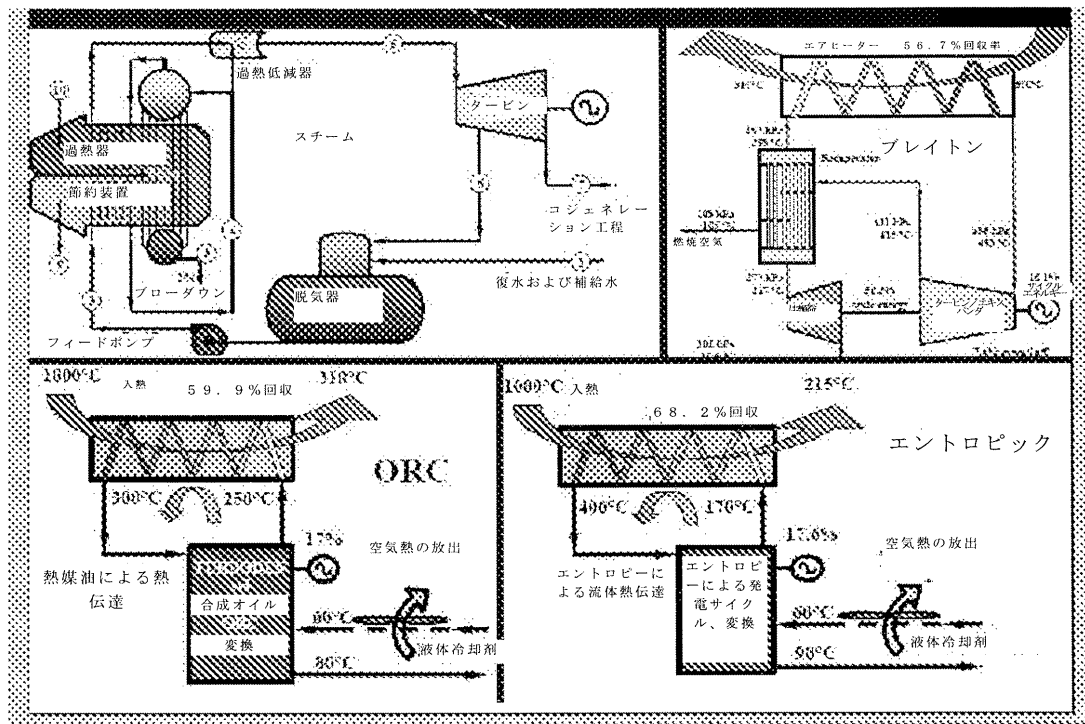
- ・水蒸気サイクル
- ・有機ランキンサイクル (ORC)
- ・ブレイトンサイクル、ホットエアタービン
- ・開発者により定義され、有機ランキンサイクルと類似しているが、高温で高い効率を生じることで判別されるエントロピックサイクル
- ・スターリングエンジン、外部燃焼

^{6 5} 図示された例である Biomax は、Community Power Corporation により開発された

【0314】

バイオマス燃焼により駆動され得るモジュラー電力および熱サイクルを、図 5-9 に示す。

【表 2 6】

図 5-9 モジュラーバイオマス燃焼システムの熱機関電力サイクル^{6 6}

^{6 6}出典： Smith, 2006.

【0315】

示された4種の電力サイクルに加えて、非常に小さい（500ワットから10kW）モジュラーシステムが、スターリングエンジン技術を利用して開発されている。発電機が様々なバイオマス燃料（木材、木材ペレット、おがくず、チップ、またはバイオマス廃棄物）を電気および有用な熱に変換する^{6 7}。これらのシステムは、典型的には燃料機関の10～20%を電気に変換するが、燃料機関の60～70%は、その後、水および空間を加熱するのに利用できる。その原型システムのバーナは、セラミック燃焼ボックスと、燃料ホッパーとを含み、燃料容量は24時間である。それは、完全二段階燃焼を比較的低い放出量で遂行する。そのスターリングエンジンの交流発電機は、気体軸受が接触、摩擦、および摩耗を排除するため、最小限のメンテナンスしか必要とされない。計画寿命は、40,000時間である。

^{6 7} Sunpowerのスターリングエンジン技術のライセンスにより開発されているシステムは、インディアナポリスのExternal Power LLCである。

【0316】

モジュラー式ハイブリッドガス化／燃焼システム

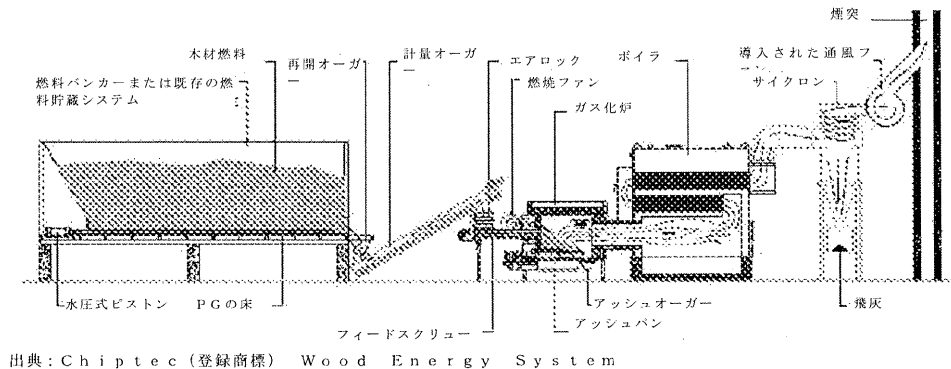
モジュラー式ハイブリッドガス化／燃焼システムは、直接燃焼システムと機能的に類似して運転する。電力は、現場での熱エネルギー需要のための蒸気も提供する背圧蒸気タービンに由来する。差異は、燃焼チャンバーが実際には2つのチャンバーのガス化炉法を利用したガス化システムである、ということである。そのシステムは、二段階燃焼ボイラ設計と類似している。このアプローチは、温度1,000°F～1,400°Fの比較的低温のチャンバーでガスを生成させ、その後、温度が2,300°Fまでの比較的高温のチャンバー（ボイラ）で燃焼させる。これらの温度は、ガス化炉内の燃料から炭素を完全に除去して、酸素化ゾーンの複雑な有機物をより完全に酸素化することができる。これらの特性を組み合わせることで、浄化燃焼型燃料効率システムが得られる。CHPユニットは、100kW～数メガワットの小型背圧蒸気タービンを含む。

【0317】

このアプローチは、簡便性および低コストの燃焼システムと、より完全な炭素変換および浄化燃焼特性のガス化利点とを併せ持つ。モジュラー式ガス化／燃焼システムの例を、図5～10に示す。このシステムは、6～55%（湿量基準）の範囲内の水分量を有する燃料を使用する可能性を有する。そのシステムは、低熱需要の期間に空転させるのに20：1のターンダウン比も有する。

【表27】

表5-10 モジュラー式ガス化／燃焼工程の例



出典：Chiptec（登録商標） Wood Energy Systems

s（日付不明）⁶⁸

効率

⁶⁸ 示された例は、バーモント州バーリントン所在のChiptec（登録商標） Wood Energy Systemsにより特許取得された工程である。

【0318】

効率

モジュラーシステムの発熱効率は、表5～17に示された通り典型的には結構低い。相当な熱エネルギーを要する適用例において、全体的なCHP効率は、ガス化システムに匹敵する。しかしこれらのシステムの電気対熱比は、かなり低く、有用なエネルギー全体のうちのそれほど多くが、多少の電気の形態よりもむしろ熱の形態で送達される。

【表28】

表5-17 20%水分量のスイッチグラスの変換を基にした、モジュラーバイオマスシステムの効率

システムの型	電気効率	送達される熱エネルギー	全体的CHP効率
小型水蒸気	6%	59%	65%
空気でのブレイトン	8%	41%	49%
有機ランキン	11%	56%	67%
エントロピック	13%	63%	76%
スターリング	13%	64%	77%
モジュラー式ガス化	16～22%	29～53%	55～75%
ハイブリッドガス化／燃焼装置	<15%	45～55%	60～70%

【0319】

運転上の利点および欠点

今日の主な運転上の利点は、木材チップまたは間伐際などの価値の低い機会バイオマス燃料の使用にある。加えて、システムの多くは、過度に経費がかかり送電網に連結できない遠隔での適用をターゲットとする。

【0320】

モジュラーシステムの全てのタイプに影響を及ぼす主な欠点は、必要な設備全てに関連する比較的高い資本コストである。この設備は、従来のガス燃焼式CHPシステムと比較してかなりの空間も占める。エンジン発現システムは、モジュラー式バイオマスシステム

に必要な総空間の約 5 % しか占有しない。別の欠点は、多くのサブシステム、特に固体取扱い部品およびフィルターに関連するメンテナンスおよび修理が必要なことである。

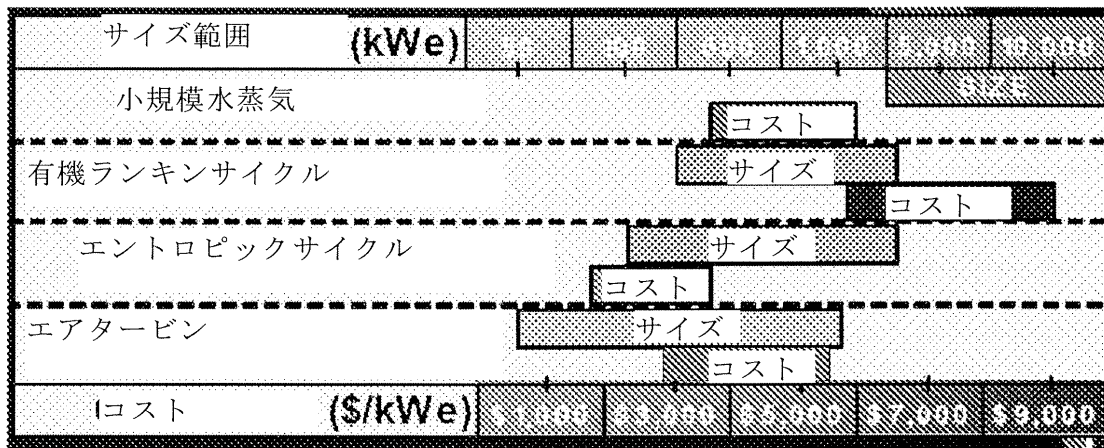
【0321】

設備および設置費用

設備費用については、推論である。この説の情報は、販売業者および二次供給業者によって提供されたものである。図 5～11 に、異なるタイプの直接燃焼システムに関するコストの範囲（\$/kW）を示す。これらのコストが、全体的コストを \$600～1,000/kW 増加させる原料貯蔵および送達のコストを含んでいることは、明らかでない。

【表 29】

図 5-11 直接燃焼モジュラーシステムのサイズおよびコスト範囲⁶⁹



出典：Smith, 2006

⁶⁹ Smith, 2006

Source: Smith, 2006.

【0322】

モジュラ式ガス化のコストは、基本的設備で \$2,500～\$4,000/kW、バイオマス貯蔵庫でさらに \$600～\$1,000/kW、そして設置に \$2,000/kW になると推定される。

【0323】

ハイブリッドガス化／燃焼システム自体は、約 \$300/kW かかる。この部分を、原料貯蔵および送達（\$600～\$1,000/kW）、小規模ボイラ、小規模蒸気タービン発電機（\$900～\$1,200/kW）、ならびに他の設備、例えば制御、サイクロン飛灰回収システム、および煙突と適合させなければならない。全体的な設置資本コストは、\$12,000～\$18,000/kW になろう。

【0324】

O&Mコスト

ほとんどのモジュラーシステムは、連続運転、自動灰・炭抽出、自動供給、および自動工程制御を特徴とする。0.5～3時間／週のメンテナンスが、原料送達、灰除去、フィルター浄化または交換、ならびに自動供給システムの点検および修理問題をモニタリングするのに必要となる。加えて、内燃機関またはマイクロタービンなどの原動力は、ガス燃焼システムと同様のメンテナンス注意が必要である。

【0325】

これらのシステムの全体的コストおよび信頼性は、まだ確定されていない。

【0326】

商業的状态

モジュラ式バイオマス熱および電力システムに取り組む小さな開発会社は複数存在する（付録 D に列挙）。米国で設置されたシステムのほとんどが、様々な連邦および国家財源により設立された研究、開発、および検証プロジェクトの一部である。DOE は、US

DAおよび米国農林省林野部と同様にモジュラーバイオマスに関する活発な研究開発プログラムを有する。国連も、バイオマスを用いた村落の電力システムを開発するために、この分野で継続中のプログラムを有する。

10

バイオマス技術のレビュー
(B i o m a s s T e c h n o l o g y R e v i e w)

2010年10月21日

20

バイオマス電力学会 (B i o m a s s P o w e r A s s o c i a t i o n) に向けて

30

作成

M a c H a l l e & A s s o c i a t e s . , I n c .
04101 メイン州 ポートランド センターストリート 70

M c H a l l e
p e r f o r m a n c e

40

要約

本研究は、バイオマス電力学会にて、高効率のバイオマス発電に利用可能な現行の技術をレビューするために実施されたものである。この利用可能な技術を、技術の簡単な説明と共に列挙している。

【0327】

マサチューセッツ州の環境資源部門 (D e p a r t m e n t o f E n v i r o n m e n t a l R e s o u r c e s (D O E R)) は、再生可能エネルギークレジット (R E C) の新たな要件を提案した。最小基準は、1 / 2 のクレジットを受け取るための正味のプラント効率が40%であり、完全なクレジットを受け取るための正味の効率が60

50

%である¹。本研究では、そのような効率基準が現在運転中の発電ユニット、または遠くない将来のいつか建設される任意の新しいユニットにより実現可能でない、と結論づけている。

【0328】

米国およびカナダにある11の既存のプラントをレビューした。バイオマス発電プロジェクトの平均効率は、23%である。当業界におけるバイオマスの先導的事業所の発電のための発熱量は、11,700 Btu/kWh (29.2%) ~ 20,000 Btu/kWh (17.1%) である。

【0329】

新しい施設に関して、その報告は、新しい既存の資金調達可能で商業的に立証された技術に、提案された効率基準に適合するために利用可能なものはないと結論づけている。

10

【0330】

提案された効率基準は、電気のみから得られるバイオマスエネルギーの経済性を、熱生成の副産物として電気を提供することに変化させるコジェネレーションまたは熱電併給（いわゆる「CHP」）を利用することによってのみ、適合し得る。現在、マサチューセッツ州RPSプログラムの下で資格を与えられた既存の施設は、大きな工業的ホストを施設内に引き込むことは考えにくく、もしそのようなホストが見かたとしても財源を見出すことは不可能である。競合する化石燃料源の価格があるとして、新しいバイオマス熱利用が経済的に正しいと仮定したとしても、燃料供給の距離および燃料をプラントに毎日送達する回数によって、そのような用途の見込みが低くなる。

20

【0331】

地域エネルギーの適用は、提案された要件の下では建設されにくい。その理由は、地域エネルギー施設の熱負荷が一年を通して一定でないことである。夏季の熱負荷は、ゼロであり、平均年間熱負荷は、冬のピーク時の約44%である。プラントを一年の一時だけ運転させることは、考えにくい。プラントを運転して効率要件が適合する期間は、熱負荷をもたらすために発生する電力が低下するため、利潤を得ながら施設を運転するのに不十分な程低いREC収益となる。

【0332】

欧州のバイオマスの実績は、ニューイングランドのマーケットに直接適用することができない。固定価格買い取り制度、成熟した炭素市場、長期間安定した市場刺激策、および極めて高い電力コストにより、CHPおよび地域エネルギープロジェクトが魅力的になる。それらの要因のいずれも、今日のニューイングランドには存在しない。

30

【0333】

最後に、高効率の電力プラントを記載する文献が誤った情報を与えていることに留意することが重要である。一般的用語および定義が用いられることが重要である。米国における基準は、固体燃料プロジェクトのための高位発熱量（HHV）を用いるべきである。欧州では、低位発熱量（LHV）が、燃料発熱量およびプラント効率を計算するのに用いられている。その結果、燃料に応じて4%~7%の差が生じている。そのため報告された35%効率は、HHV基準では33%となる。加えて効率は、総電気量基準または有効電気量基準で報告することができる。有効電気量は、総量からプラントの補機への負荷（plant auxiliary loads）を引いた値である。典型的なプラントの場合、補機の負荷は、総発電量の10%~12%である。報告された35%効率が総電気量のLHV基準に基づくと仮定すると、HHVの正味の効率は、30%未満となろう。

40

【0334】

要約すると、バイオマス発電に高効率基準を用いることは、合理的でなく、経済的実行可能性がなく、米国のどこにも見あたらない欧州型市場および減退が推測される。提案された効率の要件の結果、再生可能エネルギーの既存のマサチューセッツ州ポートフォリオから、迅速であり実行可能で再生可能なエネルギーでの電力源としてバイオマスを排除し、州または行政区のどこにでも新しいバイオマス電気の障害を設けることになる。

50

目次

要約	1	
緒言	6	
定義	6	
背景	6	
米国のバイオマス電力市場	6	
欧州のバイオマス電力市場	9	
発電所 対 熱電併給プラント	9	10
既存のバイオマス発電所から C H P 施設への変換	1 0	
プラント効率	1 0	
効率	1 2	
発熱率	1 2	
効率	1 2	
カルノー効率	1 2	
合理的効率	1 3	
全体的効率	1 3	
エネルギー利用因子	1 3	
全体的効率	1 3	20
一般的効率の注記	1 3	
高位発熱量 対 低位発熱量	1 3	
プラント入力および出力量の測定用の場所	1 4	
市場向きバイオプロダクト	1 4	
火力および化学サイクルのサイクル効率	1 5	
技術の議論	1 9	
蒸気ランキンサイクル	1 9	
蒸気発生装置またはボイラ	1 9	
吊り下げ式バーナ	2 0	
炉床式ボイラ	2 1	30
グレートボイラ	2 1	
流動床ボイラ	2 2	
蒸気タービン	2 2	
凝縮蒸気タービン	2 2	
抽出蒸気タービン	2 3	
熱遮断	2 3	
ガス化	2 4	
ガス化ボイラ	2 5	
合成ガスまたは液体ガス化炉	2 6	
熱分解システム	2 7	40
市場向きバイオプロダクトを製造するためのガス化炉	2 8	
ガスまたは液体燃料サイクルのためのガス化	2 8	
単純サイクル I C 系 C H P プラント	2 9	
単純サイクル発熱ガスタービン	3 0	
単純サイクルマイクロタービン	3 0	
C T G ユニットからの熱回収	3 0	
複合サイクルプラント	3 0	
その他の発電サイクル	3 1	
スターリングサイクル発電所	3 1	
有機ランキンサイクル	3 2	50

エントロピックサイクル	3 2	
燃料電池	3 2	
バイオマス燃料電力サイクルのための典型的な燃料利用効率	3 3	
燃料の性能およびコスト	3 3	
コジェネレーションの議論	3 4	
廃熱の熱需要	3 4	
工業的加工	3 4	
地域冷暖房	3 5	
バイオマスプロジェクトの経済性	3 9	
ニューイングランドのバイオマスプラント	3 9	10
バイオマスプロジェクトの経費	3 9	
化石燃料火力発電所とバイオマスの比較	4 0	
バイオマスの相場および送達	4 1	
バイオマスプラントの効率	4 2	
プロジェクトの経済性	4 4	
バイオマス発電の例	4 5	
バイオマスコジェネレーション施設	4 5	
小型バイオマス熱電併給	4 6	
火力専用の発電所	4 6	
小型火力発電所（加熱プラント）	4 6	20
規制のリスク	4 6	
結論	5 0	
参考文献	5 1	

【0335】

I. 緒言

この報告は、マサチューセッツ州の提案された効率基準に関して、バイオマス発電およびコジェネレーションの技術およびプロジェクトの経済性を化粧するものである。米国、特にニューイングランドのバイオマス市場の背景を議論する。現行のバイオマス技術および新興のバイオマス技術を議論する。プロジェクトの経済性を既存の技術について示し、発電スキームとコジェネレーションのスキームを比較する。

30

【0336】

A. 定義

以下の定義が、この文書で用いられる。

A R	—	受取り時
B D	—	完全乾燥
B t u	—	英熱量
C H P	—	熱電併給。コジェネレーションと互換的に使用
C T G	—	燃焼タービン発電機
D E	—	地域エネルギー
R E C	—	再生可能なエネルギークレジット
S T G	—	蒸気タービン発電機
S y n g a s	—	合成ガス
L H V	—	低位発熱量。米国以外で燃料発熱量に一般的に用いられる
H H V	—	高位発熱量。米国での基準として一般的に用いられる
M W h	—	メガワット時間
Q	=	熱伝達
W	=	仕事

40

下付き文字

B	=	ボイラ
---	---	-----

50

A = 周囲。サーマルシンクで用いられる
S = 煙突
U = 有用な熱

【0337】

B. 背景

(i) 米国のバイオマス電力市場

米国の再生可能なバイオマス発電業界の成長は、公益事業規制政策法²の可決および実行の直接の結果であった。米国エネルギー輸入の減少、輸入される燃料価格の上昇、および新しい天然ガス生成の禁止が長期電力契約の利用可能性と合わせ、1980年代には多くの「商業的」（非公益）バイオマス発電所が建設された。

10

【0338】

バイオマスプラント用燃料は、豊富に存在し田園地域から低コストで得られるため、低容量発電所が木材伐採および木材加工が行われている多くの田園地域に設置された。燃料供給は豊富であったが、Btu量は低く、燃料は低密度であったため、発電所を比較的小規模に維持して運搬コストを削減し、一般にはプラントサイズを、半径およそ60～75マイル以内での回収操作により支持され得る10～20MW出力に限定した。木材を回収するコストは一回の輸送に含まれる発電所への燃料の値をはるかに超えており、樹木がこれらのプラントを支持するためだけにカットされるため、バイオマス発電の経済性は、決して存在しない。木材バイオマス燃料の販売は、一般に、製材所および木材パルプ生産のために高級木材を製造している伐採作業の経済性を部分的に抑制する手段として用いられる。多量の低級木材燃料も、森林管理処分の中に発生する。

20

【0339】

燃料油の価格は、加工のために内部使用される加工蒸気および電力を主に供給するための発電容量と共に上昇するため、独立型のバイオマス発電所に加え、地区に存在して久しい地域的なパルプ、紙および木材加工業会が、バイオマス燃焼蒸気プラントを設置した。同じく幾つかのパルプ製造施設に存在するのが、化学薬品回収および蒸気生成の手段として、黒液と呼ばれるパルプ副産物を燃焼するソーダ回収「ボイラ」である。黒液は、場合によりバイオマス燃料と呼ばれるが、その製造は、1つの地域内に留まり、パルプ製造サイクルの一部であるため、黒液を発生する施設の負荷軽減を上回る地域的電力需要に関して実行性のあるバイオマス燃料ではない。このプラントは、典型的には送電網にバイオマス発生電力を送る主な寄与施設ではない。

30

【0340】

ニューイングランド内の営利的なバイオマス発電所の設置に続いて、ノースアメリカ内の継続的な規制緩和と、更なる天然ガス埋蔵物の発見により、複合的サイクルの天然ガス発電所の建設ブームが訪れ、その一方でバイオマス業界により支援され得るより少ないエネルギー価格に全体的に下落した。継続的な化石燃料生成に及ぼす潜在的な気候変化の影響に関心が高まる中、マサチューセッツ州は、再生可能な電力資源からの電力の割合が高い発電を奨励する報奨制度を創設して、再生可能エネルギーポートフォリオ基準（RPS）を定めた。マサチューセッツで現在利用できるかなりの量の再生可能な発電がないことを前提として、市場は、マサチューセッツ州に再生可能に発生するバイオマス電力を供給するために開発を行った。他のニューイングランドの州にもRPS基準を課したが、それぞれ再生可能電力の解釈および必要な割合が異なっていた。再生可能なバイオマス電力の需要にもかかわらず、長期契約を利用可能でないことおよび天然ガスの価格が安いことから、1980年代からその地域内で建設された営利的バイオマス発電施設はほとんどなかった。近年になり、再生可能発電への長期奨励制度の可能性により、営利的バイオマス発電所が、再度、提案されているが、バイオマスと化石燃料を識別する炭素の「価格」を国家が設定できないことが、実際のプラント建設を抑制している。図1に、ISOニューイングランド市場内に位置する現在のバイオマス発電施設を示す。マサチューセッツ州に認定されRECの施設を、表示している。

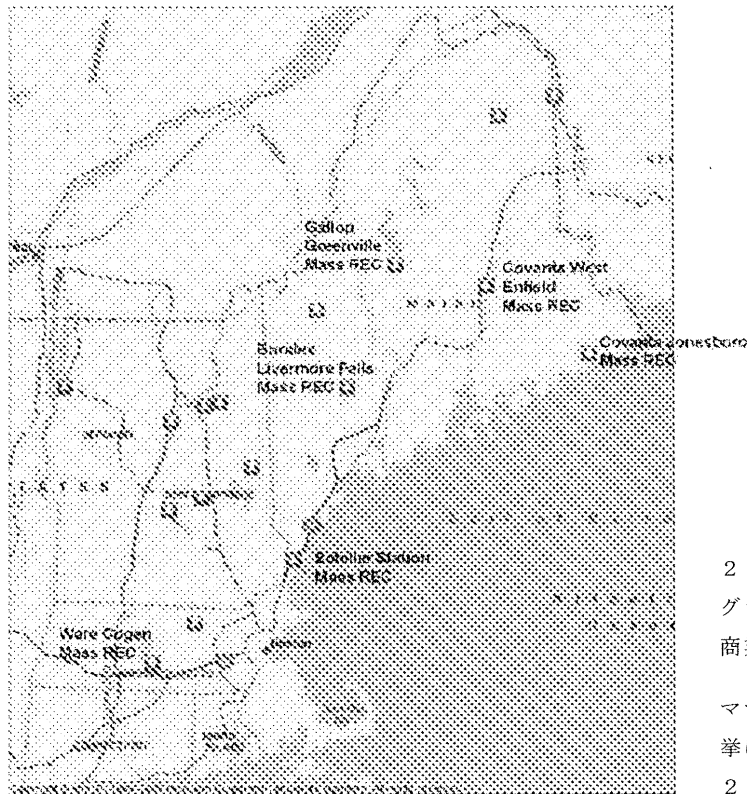
40

【0341】

50

【表 3 0】

図 1 ニューイングランド内の営利的バイオマス発電所



2008年のISOニューイングランド管轄区域内に位置する商業的バイオマス発電所

マサチューセッツ州RECとして挙げられたバイオマスプラントは、2010年9月現在でClass 1 RECと認定されている。

【0342】

再生可能電力市場は、現在、2種の発達した技術と、多数の小さな新興の技術とで構成される。2種の発達した技術は、水素発電およびバイオマス発電である。ダムは、経済的、水産的、および娯乐的な目的で除去されるため、ニューイングランド市場の水素発電は、伸び悩み、縮小している。主に様々な形態の風力および太陽光からなる新興の技術は、緩やかに発達しているが、今日までにその技術は一般に、生成される電力量が予測不能であり、必ずしも地域の負荷需要に貢献していない。地域の電力の大部分は、最小貯蔵容量と共に必要に応じて発生させるため、両方の主なタイプの電力と、ベースロードと、ディスパッチャブルな需要がある。ベースロード電力は、典型的には予測可能な1日あたり24時間、または平均的な地域需要を反映させた計画に基づいて発電させ；ディスパッチャブル電力は、電力需要のある時に供給するように迅速に運転に入ることが確実に可能な発電である。水素発電は、上流での貯蔵の利用可能性に応じてベースロードであっても、またはディスパッチャブルであってもよい。埋め立てゴミ処理地のガスは、ベースロード電力である。バイオマスは、システムの需要を反映させるため、ロードプロファイルが若干変動し得る。新興の発電を加えることで、間欠的なシステムに第三の成分が加わる。太陽および風力などの適切な供給源が利用できる場合には発電が可能であるが、供給源を利用できない場合には、適切なディスパッチャブル発電容量または地域的負荷を減少させる能力を利用できない場合ではない。典型的にはこのディスパッチャブル発電は、より経費がかかり、より低効率の化石燃料電法である。長期ベースでの発電所の定格出力と発電されると予測され得る電力量との比は、一般にプラント稼働率と呼ばれる。発達した再生可能技術は、典型的には90%を超える信頼性を有するが、新興の技術は、一般に10%未満と見なされる。

【0343】

今日まで、両方の新興技術は、経済的に実行可能にする様々なタイプの大掛かりな助成

金に依存する。沖合で発生した風は、より高い稼働率を生じる可能性を有し、現行の配置および予測されるコストから、発達した再生可能技術の将来的補助になる得るが、ニューイングランドの電力市場の急進的変動およびそれが顧客需要よりむしろ発電稼働率に基づく負荷を制御する能力が存在しない限り、それらに発達した再生可能技術に取って代わることはなからう。

【0344】

現在、地域は、2つの季節的ピークによる長期電気負荷需要を示し、一方の季節的ピークは、冬季のピーク暖房負荷に大まかに対応し、第二の大きな年間ピークは、最大の下記冷房負荷に対応する。

【0345】

(i i) 欧州のバイオマス電力市場

現行の欧州バイオマス電力の市場需要は、電熱併給プロジェクトと、石炭がベース負荷の発電所で用いられる燃料の一部の代理となる輸入木質ペレットへの増加する需要が混ざり合っている。炭素減少のターゲットである化石燃料への高い関税および既存の大規模な石炭ベースの発電所が、再生可能に発電されるバイオマス電力の需要を吊り上げている。多くの地域にある大規模な既存の地域発熱システムは、任意のタイプの再生可能な発電への非常に気前のよい助成金と一緒にあって、地域熱供給網への連結を最適化するバイオマス燃焼熱電併給施設の設置をもたらした。地域熱供給網は、適切な熱需要時間での非常に高い燃料利用効率を可能にするが、再生可能発電は、熱需要の副産物である。地域の木材燃料の相対的不足および再生可能燃料の高い価値が、世界中から木材製品を得る遠大な市場をもたらした。低級燃料を長距離運搬する経済および調節環境があれば、最終消費者にとってかなり高いコストになるにもかかわらず、かなり低い設置面積および地域的影響であるため、輸入された木材製品の大部分が、運送業者の地域で木材ペレットに変換され、都会でのバイオマス発電所の立地が可能になる。

【0346】

(i i i) 発電所 対 熱電併給プラント

ニューイングランドの発電網は、発電を最大にするように最適化された発電専用のバイオマスプラントによって供給されている。発電専用のプラントの代わりに形態が、電気エネルギーの生成を有用な熱エネルギーの生成と均衡を保つ熱電併給（CHP）プラントである。熱および電気の量エネルギーへの一定した需要があるならば、CHPプラントは同等の発電の民プラントよりも高い全体的燃料利用を有し得る。外部電力を購入するコストよりも少なくするために、CHPプラントの極めて大部分は、発電が可能な工業施設内に設置される。CHPプラントの否定的な面は、プラントにより発生された熱出力が使用されると、全体的効率が依然として高くなるに過ぎないことである。CHPプラントには複数のバリエーションが存在するが、大分部は、熱負荷を工業施設に供給して電気が副産物として生成され、こうして地域的電力需要の代わりに電気生成物を熱需要に結び付ける間設定である。一般に工業地域の経済性は、通常とな異なる運転モードの際だけ送電網に電力を売る、正味の電力ユーザーであり続けることである。

【0347】

ボイラの出口に小発電容量で設置されて、蒸気圧を高圧から低圧に下降させながら小さな電量を発生するCHPプラントが設置される場合もある。これは、高圧蒸気に対して小さな需要がある場合、および低圧蒸気に対してかなり高い需要がある場合には一般的である。かつては、送電網が利用できなくなった時に発熱プラントを運転し続けられるように、構内発電がある程度の価値があったが、業務を実施するのに必要な設備を備えた小規模発電機はほとんどない。

【0348】

再生可能原料から発電させて、得られた電力を再生可能原料に報いる固定価格買い取り制度で資格を得て、送電網から過去に供給された電力と相殺させる、より新しいCHPシステムが設置されている。固定価格買い取り制度は、一般に、再生可能発電を奨励するために高い割合で設定される。この方法は、欧州での使用は非常に有効であったが、全体的

10

20

30

40

50

なコストが非常に高くなり、ほとんどの制度が近年になり、助成金のコストを減らす試みとして売電価格をかなり低減した。CHPユニットは、主に発熱ユニットであり、地域の電力需要を供給する予定であった電力プラントよりもむしろ熱需要を供給しながら発電する装置を加えている。それゆえ小型CHPプラントは、実質的には熱負荷とは独立に起こりがちな地域的電力需要を支えるための貢献が期待されず、春季、夏季または秋季に制限される、または利用不可能になる。

(iv) 既存のバイオマス発電所からCHP施設への変換

プラント付近での大規模な年間を通した熱需要はないため、バイオマス発電所からCHP目的への変換は、ニューイングランドでの既存のバイオマス発電施設の大部分に関しては可能にならないであろう。現在構成されたままのプラントは、かなりの量のエネルギーを見出され得る隣接するホスト施設に輸送するために、凝縮蒸気タービンの交換を含む実質的な変化が必要となる。

10

【0349】

III. プラント効率

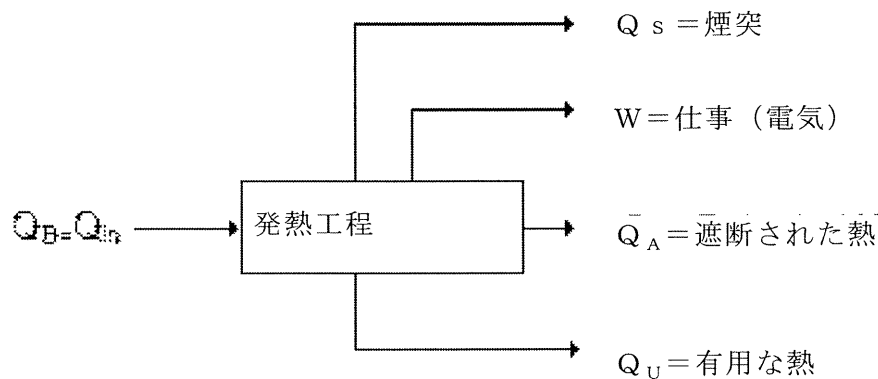
エネルギー変換を表すのに用いられる効率に関する定義は数多く存在する。各定義は、異なる対象に向けられているため、効率の1つの定義を別の定義と混同して「リンゴとオレンジ」の比較を行うのは容易である。以下の図2の図は、一般的な発熱サイクルを示している。

【0350】

【表31】

20

図2 一般的発熱サイクル



30

$$Q_E = F = \text{Mass Flow} \times \text{Caloric Value}$$

【0351】

A. 効率

工程およびプラントの「効率」の比較は、効率の定義が複数存在するため困難である。米国では、アメリカ機械学会が、適切に実行された場合に所与の熱工程の効率を定義して結果の考えられる不確実性を確定する、一連の性能試験法を発表した。標準化された検査および制定された試験方法の利用がなければ、効率の比較は、最良には広範囲の近似となり、悪い場合には、電力変換工程の1つのタイプが別のタイプよりもよく見えるように乱用される可能性がある。以下に列举されたのは、より多く利用される効率の定義の一部である。

40

【0352】

発熱率 — この用語は、典型的には電力業界で、所与量の電力を発生するために必要なエネルギー入力量を表すために用いられる。典型的な英国単位が、 Btu / kW である。以下に列举された効率定義全てのうち、この定義が有用な仕事出力を分母として有することに留意されたい。他は全てそれを分子として使用している。それゆえ、発熱率が

50

低下すると、プラント効率が上昇する。

$$H R = Q_B / W$$

【0353】

効率 — 有用な仕事出力を燃料により割る

$$\eta_{T H} = W / Q_b$$

【0354】

カルノー効率 — カルノー効率は、熱エネルギーを仕事に変換する最も効率的なサイクルである。これは、実際には得られないが発電量の上限を決定するのに有用な理論的サイクルである。式に用いられた温度が絶対温度、英国単位ではランキン度であることに留意することが重要である。

$$\eta_C = (T_B - T_A) / T_B = (Q_B - Q_A) / Q_B$$

【0355】

合理的効率 — システムにより生成された実際の仕事とシステムのエクセルギーとの比であり、システムを蓄熱体と平衡にする工程の間に可能になる最大に有用な仕事である。実際の仕事は、常にエクセルギーよりも小さくなる。この効率は、工程を設計および最適化するのに有用である。

$$\eta_A = W / \text{システムの熱力学ポテンシャルの変化}$$

【0356】

全体的効率 — システムの仕事出力を燃料投入量で割ったものであり、燃料投入量は、燃料の質量流量を燃料のカロリー値に掛けることにより計算される。

$$\eta_O = W / Q_{F u e l}$$

(ここで、 $Q_{F u e l}$ = 燃料の質量流量 × カロリー値)

【0357】

エネルギー利用因子 — この効率は、提案された規制の中で定義された効率に最も近い値である。(有用な仕事 + 有用な熱エネルギー) を燃料投入量で割ったものである。

$$E_{U F} = (W + Q_U) / Q_B$$

【0358】

全体的効率 — この用語は、提案されたDOER規制225 CMR14.05(8)(b)(2)の中で定義されている。任意の市場向きバイオプロダクトのためのエネルギー値(Btu)に含まれる蒸気エネルギー利用因子と類似している。この規制で言及された通り、市場向きバイオプロダクトは、「反応のエンタルピーに基づくエネルギー量を定めている」。簡単な定義であるが、有用な熱と有用な電気の生成が同時に起こっている複雑な化学反応の連鎖にこの値をあてはめるとするのは、一貫して計算が複雑になる可能性がある。

$$\eta = (W + Q_U + \text{市場向きバイオプロダクト}) / Q_B$$

【0359】

一般的効率の注記 — 効率の計算にさらに疑問を投げかけるのが、複数の異なる協定が用いられていることで、それが様々な工程間の比較を困難にしている。

【0360】

高位発熱量 対 低位発熱量

燃料の熱量(kJでのBtu)を言及する2つの慣用法がある。高位発熱量(HHV)は、副産物の凝縮を考慮しており、低位発熱量(LHV)は、それを考慮していない。これは、LHV基準で表された熱量に関するBtuの数値を低下させる。2つの差は、核燃料の成分に依存し、石炭ではおよそ5%、天然ガスでは10%、バイオマス燃料では6~7%の典型的範囲になる³。米国の電力業界は、典型的には効率計算での燃料投入量の場合HHVを使用するが、欧州の業界および燃焼タービン設備の製造業者は、燃料発熱地の基準としてLHVを使用する。

【0361】

言及されたプラント効率および設備の効率に単位が必要となることが、重要である。値

10

20

30

40

50

を米国のプラント効率と比較し得るように、典型的な欧州プラント効率の引用を、LHVとHHVの発熱量比によって調整しなければならないであろう。

【0362】

225 CMR 14は、燃料投入量がHHVであるか、またはLHVであるかを言及しておらず、そのため6～7%の効率差を誘導する可能性がある。

【0363】

プラント入力および出力量の測定用の場所

電力サイクルの入力および出力の場所および定義は、一貫した効率計算を決定するために、精密かつ正確に定義されなければならない。入口の燃料量は、受取り時の水分量から燃焼直前の水分量まで変動し得る。燃料量は、燃料中の水分による発熱量損失を無視すること

10

ができる、完全乾燥量として挙げることもできる。発電所の第三団体の試験は通常、電力出力のためにプラントの電気メータの出力を測定している。この読み取り値は、プラント電圧を送電網電圧に上昇させるのに必要となる昇圧変圧器に関連した任意の損失を含む。他の効率測定は、発電機の所で電力出力を読み取るようにきめられているため、通常のプラント効率よりも高くなる可能性がある。極端な例として、プラントは、内部発電所負荷に利用してプラント負荷を不自然に上昇させるエネルギーを、考慮することができない。

【0364】

発生装置の端末でのプラント出力の読み取りは、プラントの総発生電力量を表す。プラントの補助的負荷量を引けば、有効電力量が得られる。出力基準と効率基準（総量または有効量）は、識別されなければならない。

20

【0365】

市場向きバイオプロダクト

用語「市場向きバイオプロダクト」は、RECの資格に必要なプラント効率に導入されてきた。提案された規制の定義は、該当部門により認可されるように「市場向きバイオプロダクトに関して、製品が反応のエンタルピーに基づくエネルギー量を定められ」、それらのエネルギー単位が適切にMWhに変換されることである。

【0366】

標準の燃焼工程は、入ってくる燃料の化学エネルギーを主に酸素とCO₂と水蒸気の混合物に変換する際に効率的であるため、発電工程から除去される市場向きバイオプロダクトは、電力および熱量の出力を減少させる。

30

【0367】

変換効率を考慮する因子を用いずに化学エネルギーから電気エネルギーへの直接的変換を利用することが、DOE効率基準に適合する方法として、市場向きバイオプロダクトを生成する代わりに発電を迂回するように発電事業者に働きかけることになるう。

【0368】

標準を記載したが、市場向きバイオプロダクトへの寄与は、熱への寄与に対して100%であり、電力はサイクル効率により減少される。この結果、同党の電気出力を発生する施設へのバイオマス入力を増加させる。バイオマス源が、経済的な燃料運搬距離により制限された燃料であるならば、各バイオマス施設の実効電気出力は、少なくなるであろう。

40

【0369】

火力および化学サイクルのサイクル効率

図5に、基本的な発電サイクルを示す。

【0370】

【表 3 2】

図 3 (1 / 3)

$$E_{UF} = (W + Q_U) / F$$

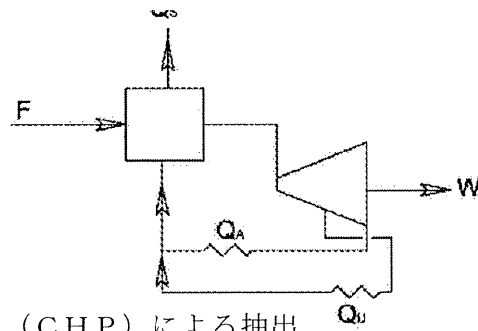
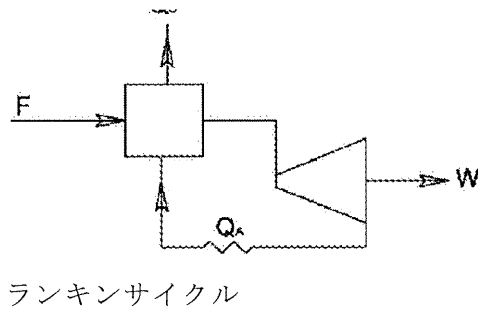
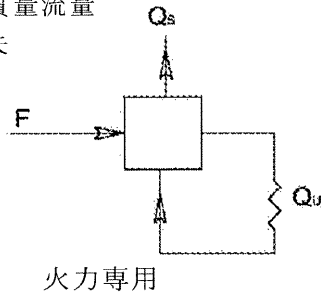
W = 正味の仕事

Q_U = 正味の有用な熱出力

F = 燃料の「熱量」の質量流量

Q_S = 煙突からの熱消失

Q_A = 遮断された熱



コジェネレーション (CHP) による抽出

基本的なサイクルの図および効率 - 1 / 3

(2 / 3) 背圧、簡単なサイクルの燃焼ガスタービン、複合サイクルの燃焼ガスタービン

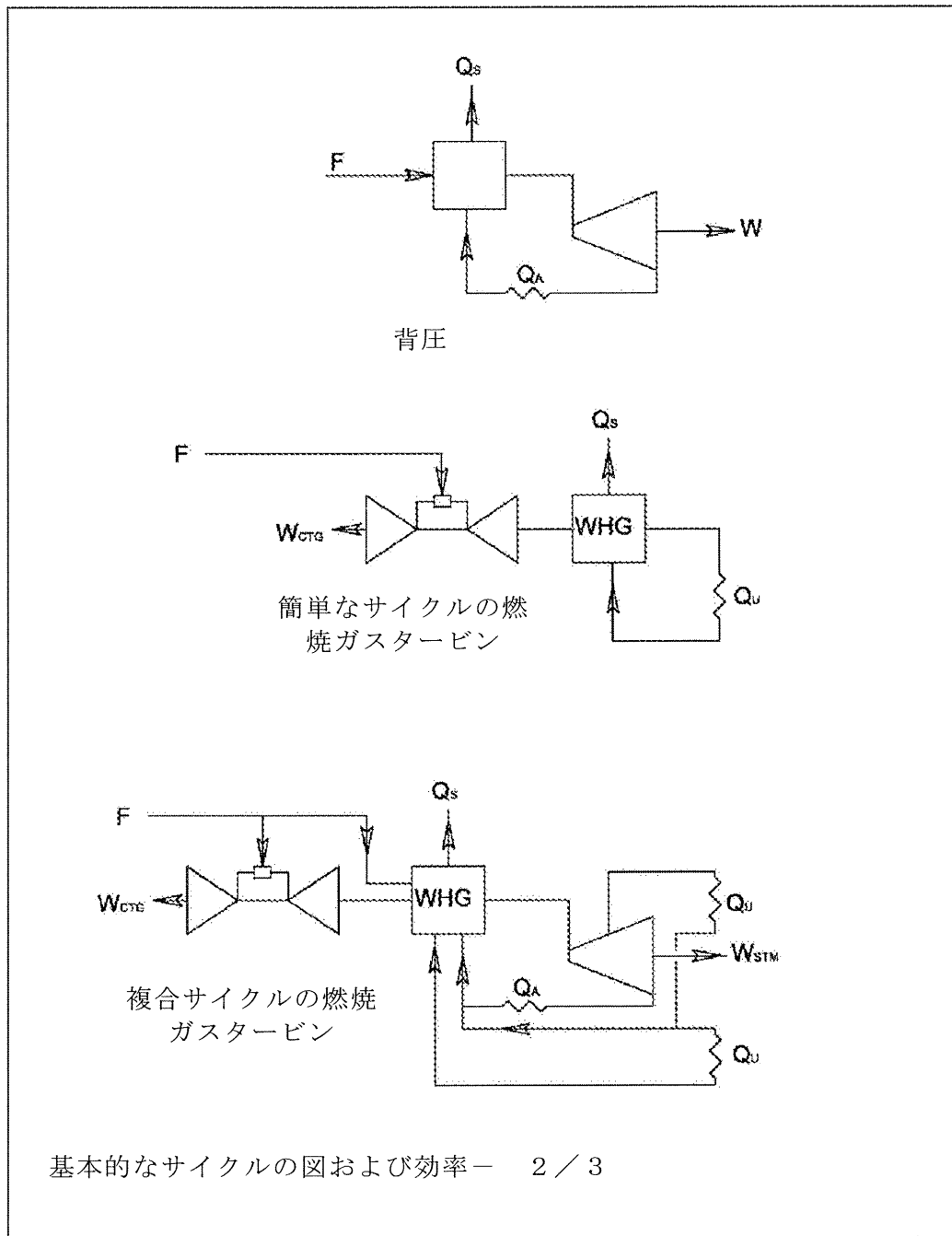
10

20

30

40

図4

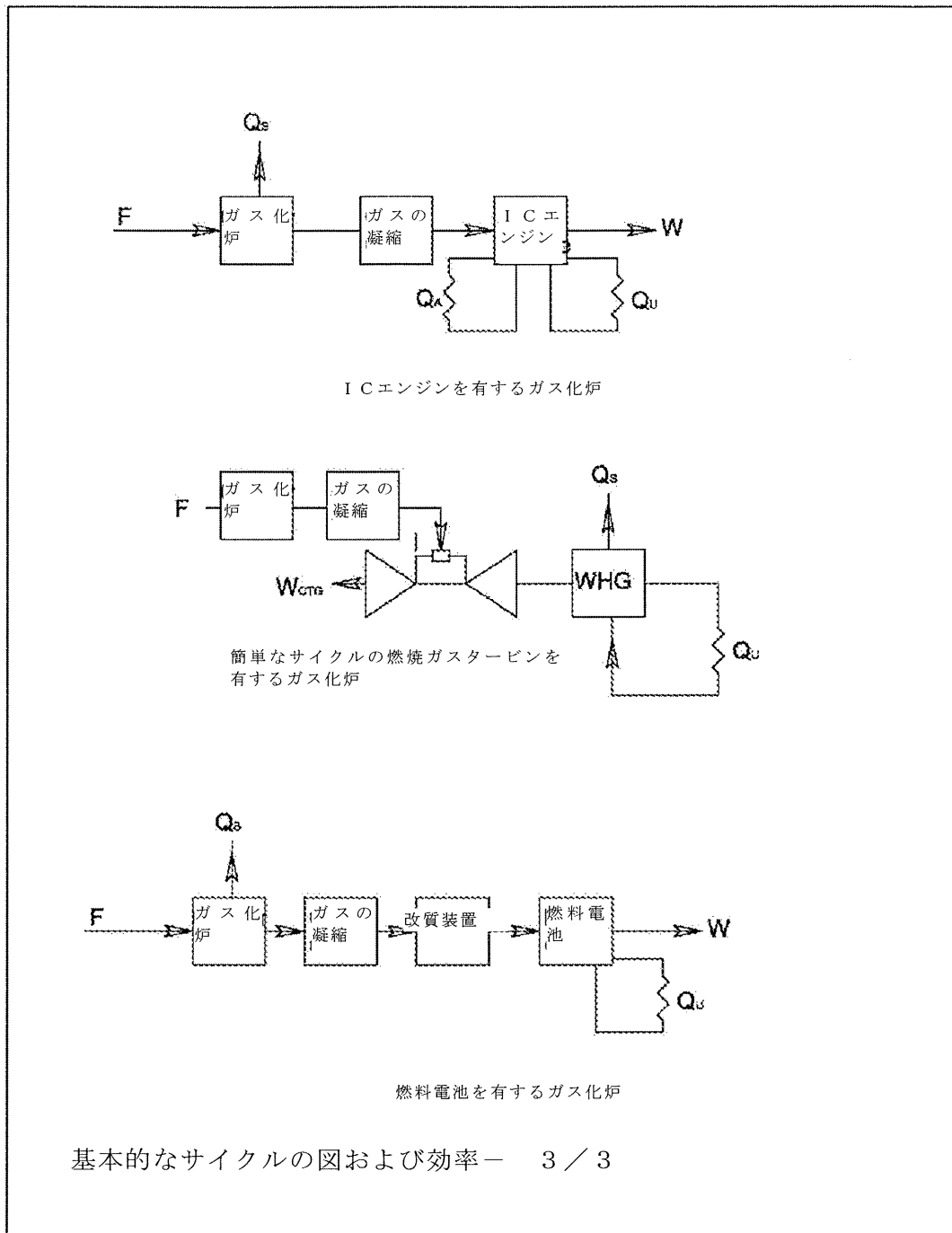


10

20

30

図5



【0371】

I V. 技術の議論

A. 蒸気ランキンサイクル

蒸気ランキンサイクルは、一般には、世界中の電力の80%を生成すると報告されている。ランキンサイクルの効率は、ボイラ効率と蒸気サイクル効率の約数である。このサイクルの設計は、効率とキャピタルコストと燃料コストとプラント寿命のトレードオフを考慮している。圧力、温度、再熱または蓄熱に関する決定は、プロジェクトを最適化することに基づいている。プロジェクトは全て、必ずしも最高の効率でない、最適な設計を有する。サイクルは、コストの制限内で熱供給から最大電力量を発生数量に最適化されてきた。

【0372】

3つの主要な構成部分が、ボイラ、蒸気タービンおよび熱拒絶システムである。ボイラ

は、燃料を熱エネルギーに変換して、得られた過熱水蒸気を蒸気タービンに送給する。このサイクルに基づく発電所および典型的な構成部分は、ベース負荷、または最大効率点が起こる連日のサイクリング負荷運転、またはおよそ85%の負荷に設定されている。用いられる設備は、比較的大きく高重量で、サイクリングの際に膨張さ問題を起こし易く、需要の低い期間であってもプラントを高温に維持することが望ましい。基本的構成部分および主な成分の流れを、図6に示す。

【0373】

蒸気発生装置またはボイラ

燃料中のエネルギーを蒸気に変換するのに用いられるボイラには、数多くのバリエーションがある。ボイラの設計は、考慮される燃料に依存する。ガスまたは液体の燃料に向けて設計されたボイラは、大規模な変換を行わない固体燃料には不適切である。燃料供給の経済性のためにより小さなサイズのバイオマスボイラが用いられるとの前提から、バイオマス業界は、粒径および水分量が様々な燃料を取扱う能力が柔軟である、比較的複雑でない設計を用いてきた。典型的なバイオマス燃料の水分量は、45重量%であるが、ボイラは、一般に水分量の広範な変動を受け入れる設計である。燃焼に関する実際の限界は、およそ60%水分量であり、そこでは燃料を簡素および燃焼させるのに必要となるエネルギーが投入された燃料のBtu量とほぼ等しくなる。

10

【0374】

バイオマス発電は、通常、別のより高価値な木材加工運転から得られた低価値の廃棄産物に基づく。パーク、おがくず、ひき材の切れ端、農業廃棄物は、典型的な燃料供給体であり、燃料の取扱いおよび燃焼を考慮すべき、燃料蒸気に封入された非燃焼性成分が、高レベルで存在し得る。

20

バイオマスボイラは、低級の燃料源に本来備わる非燃焼可能性成分を高レベルで取り扱えなければならない。これは、典型的にはボトム「アッシュ」と呼ばれ、主として炭素含有の無機質であり、不活性の砂利および岩と一緒に有益に使用するために再使用することができる。

【0375】

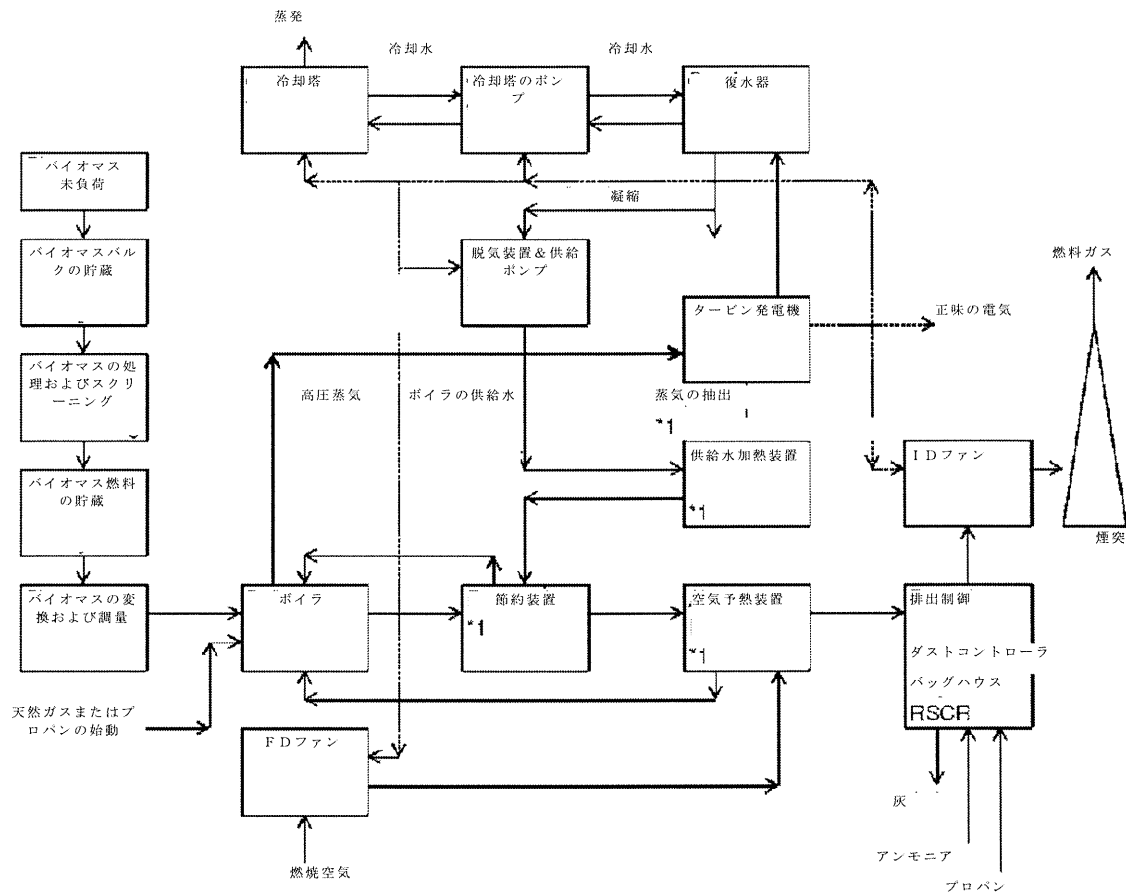
ボイラの最大運転温度および圧力は、ボイラおよび下流の蒸気タービンの単位コストと冶金性のトレードオフである。高圧および高温の先進蒸気発生装置の設計は、蒸気サイクルの効率を上昇させるが、建設およびメンテナンスがより高価である。

30

【0376】

【表 3 3】

図 6 ランキン式発電所



* 1 これらの装置は、サイクル効率用に加えられているが、必要ではない。

典型的なランキンサイクルバイオマスパワープラント

【0377】

吊り下げ式バーナ

大型バイオマス発電ボイラにはめったに用いられず、石炭ボイラでは評判がよいが、吊り下げ式バーナは、大量の空気と共に導入されてボイラの燃焼チャンバー内で燃料を「吊り下げる」、微粒子乾燥燃料供給体を必要とする。壁に取り付けられたラジエントヒーターおよび他の燃焼燃料が粒子を発火させ、そこで燃焼性成分が燃焼して、非燃焼性材料はボイラの底に落下する。

【0378】

送達される典型的なバイオマス燃料が、極めて高い水分量であるならば、これは、乾燥ゾーンから燃焼ゾーンに導入される燃料を通常必要とするバイオマス使用にとって良好な設計ではない。

【0379】

おがくず用施設は、微粉碎されて比較的乾燥したおがくずを燃焼する場合にこの設計を利用する。

【0380】

炉床式ボイラ

近年のボイラに用いられるとしても、この設計はめったにない。燃料は、注入口または通気供給装置を介してボイラの基板にある石炭の燃焼床に堆積する。燃焼空気の一部は、燃焼床の下に注入されて乾燥、部分的燃焼およびガス化を支援する。微粒子は、次にさらに燃焼されるため上方に運ばれ、重い粒子はより小さな粒子に破壊されるまで、床に残留している。炉床ユニットは、燃料および石炭を若干均一に分配し、非燃焼性固体を手動ま

10

20

30

40

50

たは自動のシステムで除去し得るように、傾斜のある振動グレートを備えたものもある。この形態の他のシステムは、日常的に手動で浄化されている。燃焼の不均一性により、排出制御問題を起こし、灰の除去に必要な労作が、これらの使用を低減した。

【0381】

グレートボイラ

グレートボイラは、固定式グレートまたは移動式グレートボイラのいずれかとして定義される。固定式グレートは、炉床式ボイラと類似している。燃焼は、グレートの上に加えられて、燃焼される。灰は、手でかき集めることにより、または新しい燃料がグレートの灰を押出すことにより、除去される。

【0382】

ボイラの基部に加えられた移動式グレートは、自動で灰を除去する。グレートは、連続で一方向に移動して、燃焼する燃料の堆積を広げる手助けをし、ベッドから燃焼性の灰および不活性固体を除去する。これらのユニットは、典型的には、ベッドの表面に入ってくる燃料を均一に広げようと試みる通風供給装置を備えている。燃焼されていない炭素（木炭）は、ボイラの燃焼ゾーンを通過して、顆粒の排出装置に運搬され得るため、ユニットの運転は、注意深く調整されなければならない。燃焼されていない木炭は、ボイラに添加されて燃焼されないエネルギーであるため、ボイラ効率を低下させる。

【0383】

次の空気が注意深く追加されなければ、COの形成に関連する幾つかの潜在的問題も生じる。この設計は、設置および運転に比較的経済性であり、ニューイングランドのバイオマスユニットの多くは、この設計を利用している。

【0384】

流動床ボイラ

気泡流動床ボイラ

気泡流動床（BFB）ボイラは、ボイラの基部でグレートの代わりに加熱された砂床を利用する。砂床が流体と同様の物体に反応するように、燃焼空気は、砂床を空气中に一部浮遊させるのに適した速度で砂床の下に注入される。

【0385】

固体燃料が砂床に分配されると、燃料は乾燥およびガス化された後、部分的に燃焼する。床内の砂は、かき回されて加熱され、燃料を急な傾斜の基部で小さな粒子に破壊するように働く。非燃焼性の灰および不活性固体物質は、床の底に落下して、自動システムを利用して定期的に排出される。このシステムは、ほぼ完全に燃焼させて、非常に小さな木炭が下流の装置にキャリーオーバーされる可能性がある。BFBボイラは、ファンの電力のためのより高い補助的負荷により若干相殺されるグレートストーカボイラよりも高い効率を有する。

【0386】

循環流動床ボイラ

循環流動床（CFB）ボイラは、BFBと類似の概念を利用しているが、砂が高速空気の添加により流動化される。砂がボイラの特定の低いゾーンに留まっている気泡床システムとは異なり、CFBユニットは、ボイラ燃焼ゾーンの範囲全体を高温の砂が循環する。燃料は、砂と接触しており、効果的な混合および燃焼により、良好な効率および低排出が可能になる。

【0387】

砂および木炭をガスの流れから除去して、炉に再循環されるように、ボイラの管の区分の入り口はサイクロンまたはI型鋼で構成される。これは、燃料流れの燃焼可能な炭素全てをほぼ完全に燃焼し、燃焼しにくい材料の場合には特に価値が高い。

【0388】

CFB工程は、切開をSO₂制御用のベッドに注入し得るため、硫黄などの混入物を含む燃料にも大きな価値がある。この技術は、石炭および固体廃棄物には非常に良好であるが、正常な木材燃料を燃焼させる小規模施設には過当であり、高度の腐食摩耗および高い

馬力を必要とするため、莫大な資本になり運用も費用がかかる。

【0389】

蒸気タービン

蒸気タービンは、蒸気中のエネルギーを機械軸動力に変換する、様々な形態の内部区分からなる。個々のタービンは、様々な内部区分から組み立てられて、所与の範囲の入口および出口条件下で、運転するように最適化されている。2つの主要なタイプのタービンと、1つの主なバリエーションがある。

【0390】

凝縮蒸気タービン

凝縮タービンは、所与の蒸気入力から最大量の軸仕事を得るように設計されている。自立式蒸気発電所は、典型的には凝縮タービンを利用して、発電を最大にする。凝縮タービンは、典型的には発電所のうち2番目に高価な構成部分であり、特別な運転パラメータ内で運転するように設計されている。

【0391】

密閉された復水器が、タービンの吐出しに接続され、真空時に運転する。タービンの排出物は、大気圧未満のタービンから吐出された蒸気と若干の水滴との混合物である。

【0392】

理論（および実行）効率は、タービンの入口の流れとタービンの排出物とのエネルギー鎖により制御されるため、復水器の温度が低下すれば、サイクルの効率は上昇する。一般にこの低温は、周囲の湿性バルブ温度に依存する冷却塔か、または冷却水源、例えば冷却池、川または海のいずれかにより提供される。水域への熱吐出には規制があるため、川および海の冷却利用は、小型発電所益々減少している。

【0393】

周囲温度により、発電所の出力には季節変化があり、効率および冷却水温度は変動する。

【0394】

抽出蒸気タービン

直線状凝縮タービンのバリエーションが、抽出タービンである。抽出タービンは、復水器に続くタービンの出口の前に間欠的圧力で、設定範囲内の蒸気をタービンから抽出させるように設計されている。

【0395】

蒸気抽出は、工業的または商業的工程を提供するために用いることができる。再生式蒸気サイクルは、蒸気抽出を利用してボイラ供給水を加熱し、サイクル全体の効率を改善する。ニューイングランドで運転されている現行のバイオマス発電所の多くは、プラント効率を改善するために、供給水加熱に用いられる小型の抽出ステージを有する。供給水加熱ステージの数は、プラントサイズ、およびサイクル効率とコストのトレードオフによる関数である。

【0396】

背圧蒸気タービン

背圧タービンは、一般には工業的または商業的工程で用いられるために、周囲よりも高い圧力および温度で蒸気を吐出する。ユニットは、100%の過熱で運転するように設計されている。ユニットの効率は、カルノーサイクルにより制約があり、高圧での吐出により、背圧蒸気タービンは、同じ入り口温度で運転される同等の凝縮タービンよりも低い効率で低い量の機械的軸動力を生成する。背圧タービンは、一般に、類似の等級の凝縮タービンよりも物理的にかなり小さい。

【0397】

熱遮断

蒸気タービンの排出に用いられる復水器は、大気圧未満で運転する熱交換器である。復水器は、冷却水の流れまたは空気の冷却により冷却することができる。小さなバイオマスプラントの大部分は、冷却に水を使用しているが、地域で運転されているものに空冷式ユ

10

20

30

40

50

ニットが幾つかある。ほとんどの水冷式システムは、冷却塔を使用しており、直接の冷却および蒸発により冷却水温を低下させて周囲空気の湿式バルブ温度に近づけるという利点を得ている。

【0398】

冷却塔は、冷却工程の一部として蒸発に依存し、外部供給源からプラントへの水の補給を必要とする。

【0399】

空冷式復水器は、蒸発冷却の損失という代償を払ってかなり少ない補給水を使用し、直接冷却塔で得られるよりも高い運転温度となる。

【0400】

両方の特性を混合したハイブリッド式冷却システムがある。ハイブリッド式の塔は、湿式冷却塔からの飛散水滴および白煙を減少させるために用いられる。

【0401】

水域の付近の大型発電所で伝統的に使用される、残存する冷却手段は、還流冷却の利用である。還流冷却の利用は、ほとんどの水域に事実上の温度熱規制があるため、小規模のバイオマスプラントではめったにない。

【0402】

B. ガス化

ガス化は、固体燃料からガス成分への変換である。工程に用いられる熱源および空気の相対量に応じて、工程には複数のバリエーションがある。

【0403】

図7に、ガス化技術の様々なバリエーションおよびそれらの商業化状態を示している。商業化は、設備が販売用に入手できるもので、排出および性能の保証があり、現在、営利目的で運転されており、技術の製造業者または開発者以外の団体により営利的発電機と同等の利用可能性がある、と定義される。

【0404】

250kW単位未満の小規模のものは、地域電力に影響を及ぼす可能性が小さいため、議論から除外した。

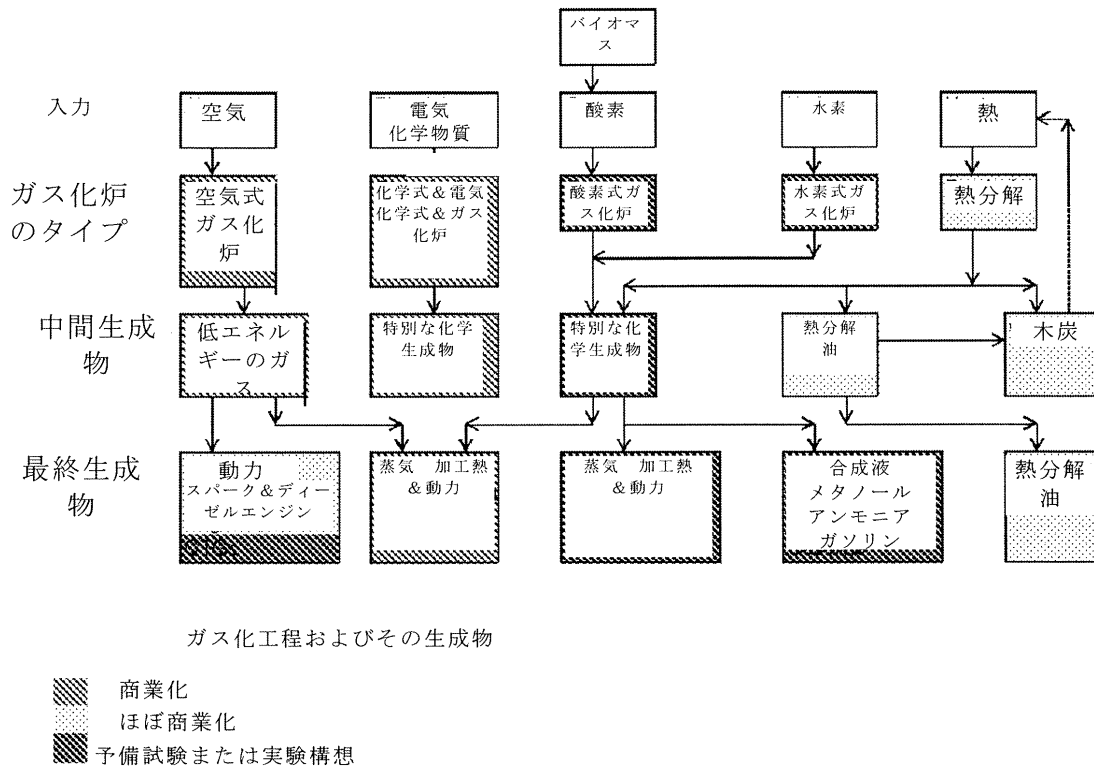
【0405】

10

20

【表 3 4】

図 7 ガス化工程



南アメリカの工程は、主に石炭原料であったことから、商業化状態から除外された。

The Biomass Energy Foundation Press,
Nov 2002, 3rd edition T. Reed Fig III-4

この図の基本図面は、参考文献 4 から得た。

【0406】

ガス化ボイラ

燃料乾燥、ガス化、燃焼および熱伝達は、いずれかの固体燃料ボイラで起こるが、用語「ガス化ボイラ（またはガス化炉）」は、典型的には一段階で低酸素レベルの存在下で固体燃料を加熱し、固体燃料からガスを排出させる、低出力の営利的または公共的二段階デバイスを指す。得られた蒸気ガスは、耐熱ライニングされた容器に送られ、そこで更なる空気を蒸気に注入して完全な燃料を促す。

【0407】

高温排出物は、従来の熱伝達デバイスを通して送られて発電または加熱目的で蒸気または高温水を発生させる。従来の木材ボイラでの複雑さが加わると営利的発電には経済的とならないため、それらの大部分の使用は、小型バイオマス燃焼による加熱プラントで行われる。評判がよいことが判明した更なる使用は、既存のガスバーナの代わりに従来のガス燃焼ボイラの上流にガス化区分を設置して、大掛かりなボイラ改造を施さずに固体燃料の燃焼を可能にすることである。ガス化炉の変換は、木材燃料への切り替えの際に、ボイラ構造の大部分を残存させることができる。

【0408】

合成ガスまたは液体ガス化炉

木材を燃焼させるガス化炉は、1940年代前に使用されていたが、その技術は、実質的に放棄された。一般には合成ガスと呼ばれる、より以前の設計である直接ガス化炉により生成されたガス性燃料の流れは、非常に低いBtu量、高い水分レベルを有し、縮合性タールを含んでいた。縮合性タールは、下流に堆積し、水分の予備凝縮タールから得られ

た液体は、一般には腐食性で、現在は有害廃棄物と見なされている。この技術は、主に従来の液体燃料が供給不足であった地域で開発および使用され、従来の燃料供給が利用可能になったら、急速に敬遠された。未だに一部の第三世界の、一般にはバイオマスが過剰にあり排出規制がほとんどまたは全くない地域では、この技術の利用がある。

【0409】

この技術の先進レベルは、化学原料および化石燃料の交換をはじめとする、様々な製品の生成手段として、南アフリカの石油燃料プラントでは限られた使用が続けられている。フィッシャートロプシュ法の利用により、数多くの化学原料を選択的に生成し得るが、典型的には従来の原料が少ないコストになる。現在は、研究者またはほとんど営利的カテゴリーにおいて、熱破壊による固体原料からガスまたは液体成分への変換が改善された形態がある。再起の推進力は、化石燃料の代わりに、得られた生成物が助成金の資格を得られるような燃料の再生可能な供給源を使用することに関係する。

10

【0410】

現行のガス化技術に注がれた努力のほとんどは、ガス処理システムを改善して、より高いエネルギー密度で水分量の少ない燃料を、凝縮タールおよび混入物を含まずに生成することである。小規模ユニットは、合成ガス蒸気をサブクーリングして、得られた縮合成物質の濾別を試みて、それにより液体有害廃棄物の蒸気を形成させる装置を採り入れる傾向がある。大規模ユニットは、高温触媒を利用してタールをガス形態に変換し、凝縮せず、または堆積物を形成しない。

【0411】

この技術は現在、従来のバイオマスプラントの経済的サイズ未満の内燃（IC）機関に基づく小規模バイオマス燃焼熱電併給プラントのための、商品化前の実規模試験に近づいている。これらのユニットは、従来のバイオマス施設に比較してより高級の木材およびサイズ基準を必要とする。Nexterra Systems 社⁵は、複数の実規模試験のICに基づくユニットを販売し、営利的製造に近づいている⁶。Nexterraは、60%近い効率を報告しているが、入手可能な発表データは、その効率が総効率か、もしくは正味効率か、そしてLHVまたはHHVのどちらに基づくか、を識別していない。

20

【0412】

従来のガスタービンに燃焼するための合成ガスの使用時に商業化前試験を行う。今日まで、好適に利用可能な性能結果を有する既存の長期営利的適用は存在しない。

30

合成ガスまたは液体には複数のようとおよび形態があるため、文献には、20%の水分量のバイオマスの場合、固体木材から使用可能な合成ガスへの変換効率の範囲が60～80%効率となる⁷ことが示されている。幾つかの工程は、より低いサイクル効率であるにもかかわらず、より高い水分量での運転が可能である。発電用の原料として使用される場合、合成ガスを製造するのに用いられた入口ガスの20～25%は、天然ガスまたは液体燃料出られるよりも低いサイクル効率を生じるため、非常に不利な立場で合成ガスを投入している。

【0413】

ガス化炉を使用する最も先進のサイクルが低水分量の木材を必要としていること、およびユニットに供給するための木材の乾燥が引用された効率に含まれないことが、重要である。

40

【0414】

熱分解システム

ガス化システムの部分集合は、一般には低い温度範囲で直接または間接熱のいずれかを利用してバイオマス原料から揮発性ガスまたは液体を追い払う熱分解装置である。ガス化と熱分解には、物理的な差が存在する。それでも一般には、300℃～600℃で運転する工程が、熱分解と見なされる。600℃を超える工程は、ガス化と見なされる。温度および時間は、生成される木炭と液体とガスの割合を決定する。

【0415】

50

燃料からの揮発性ガスまたは液体を加工して、市場向きバイオプロダクトを形成させることができる。工程の条件に応じて、工程を加熱するのに用いられ得る、または「バイオチャー」もしくは「バイオコール」と呼ばれる生成物の成分として市場に出され得る、燃焼可能な木炭製品を製造することができる。バイオチャーは、有機廃棄物の適切なブレンドと混合される場合、低コストの炭素隔離となり、土壌改質剤として用いられる。現在は、研究のための需要を超えるこの生成物の実行可能な市場は、存在しない。

【0416】

熱分解の別の生成物は、バイオオイルと呼ばれる生成物であろう。バイオオイルは工業的もしくは商業的ボイラ内で直接燃焼することができ、またはより価値のある生成物を得るための化学原料として用いることができる。価値の高い生成物が、潜在的には、地域から廃棄木材供給源までに加工され、より高密度の形態で他の市場まで運搬される、田舎のバイオマス発電所の競争相手になる。NH Office of Planning は、その技術の商品化を議論するための「New Hampshire Bio-Opportunity Analysis」⁸ という試験を委託した。バイオオイルは、バイオマス利用の見地からは有望であるが、工程が、正味のエネルギーユーザーになり、地方の再生可能発電の市場に貢献することは考えにくい。

10

【0417】

Dynamotive Energy Systems⁹ は、商業的量の木炭およびバイオオイルと呼ばれる液体燃料を発生する実規模予備試験の急速熱分解システムを有する。そのプラントは閉鎖されたが、報告によれば、2010年の第4四半期に再始動する計画である。考えられるところでは、このプラントは、発電サイクルを統合することができたが、会社が熱分解生成物を高価値の製品として市場に出すものと思われる。

20

【0418】

若干の地域的宣伝となった別の市場向きバイオプロダクト工程が、バイオマスのリグ粘性分から化学原料を生成する他の技術と共に熱分解反応を利用する、Maine Bio Product¹⁰ の Biofine 工程である。木炭は、高価値の化学原料に加えて、副産物として生成される。別の有望なバイオマスを使用しているが、その工程は、地方の再生可能発電市場に貢献することが考えにくい正味のエネルギーユーザーである。

【0419】

以前の工程と他の多くは両者とも、適所に営利的施設を有さないか、または運転可能でない。それらは、ニューイングランドの地方電力の正味の発電元にはなることは考えにくい。

30

【0420】

市場向きバイオプロダクトを製造するためのガス化炉

緒言の節で議論された通り、燃焼工程が燃料の化学成分をガス性副産物に変換する際に極めて効率的であれば、電力またはCHPサイクルからの市場向きバイオプロダクトを除去することで、燃料のエネルギーが工程から除去されて発電に用いられないため、プラントの出力が低下する。州が提案した規制は、再生可能電力の発生に取り組むことが記載されているが、それは、発電を犠牲にして市場向きバイオプロダクトの生成を助成する間接的效果を有する。

40

【0421】

C. ガスまたは液体燃料サイクルのためのガス化

合成ガスの使用は、最も直接的な燃焼目的のために商業化されておらず、文献にはこの可能性に関する極めて多くの議論がなされている。CHPで内燃機関をバイオマスガス化炉と共に使用することで、商業的生成に近づく。技術的および経済的ハードルが克服されて、木材合成ガスを、直接の燃焼デバイスにおいて使用される適切な特性を備えた清浄な使用可能ガス燃料に変換すれば、ガスおよび液体合成蒸気で数回の発電サイクルでの燃料供給が可能になる。再生可能電力の生成に関する実質的で安定した長期助成になるまで、燃料供給の制限および資本コストの検討事項が、建設の可能性を抑制する。つまり、この技術は、現在は商品化されない。

50

【0422】

図8に、バイオマス合成ガスで運転した場合の、大部分のガス化サイクルの予測される効率および商品化の状態を示す。

【0423】

【表35】

図8 バイオマスCHPシステムのサイクル効率

バイオマス燃料で運転する熱電併給システムのサイクル効率															
燃焼ユニットのタイプ 営業的バイオマスの 設置?	単位	CTG - CHP	CTG - CHP	CTG - CHP	CTG - CHP	CTG - CHP	CTG - CHP	CTG - CHP	Biomass IGCC	PA Fuel Cell	PEM Fuel Cell	MC Fuel Cell	SFO Fuel Cell	ORC/CHP *4	
電気容量 一次	KW	12%	20%	10%	25%	40%	16%	24%	25%	20%	25%	20%	19%	2175	
電気効率 天然ガス (HHV 基準)	%	22%	22%	22%	24%	32%	32%	32%	51%	28%	29%	42%	42%	NA	
燃料投入量、 天然ガス	MMBT U/hr	15.5	9.2	11.7	24.5	36.8	15.4	48.6	87.6	1.1	2.4	14.5	6.8	NA	
熱出力	MMBT U/hr	7.1	2.6	4.4	25.5	19.6	7.5	15.4	6.0	0.87	0.66	1.85	1.40	32.87	
適切な高温地域熱供 給?		Y	Y	Y	Y	Y	Partial supply	Partial supply	Y	Y	Y	Y	Y	NA	
天然ガスでの熱発生 ¹ 効率	%	48%	42%	42%	38%	32%	32%	32%	7%	18%	17%	12%	12%	NA	
合成ガスでの電気効率 75%	変換効 率	15%	14%	24%	34%	25%	25%	25%	24%	25%	24%	32%	34%	NA	
合成ガスでの熱発生効率 75%	変換効 率	31%	32%	17%	22%	24%	27%	22%	12%	13%	17%	12%	8%	NA	
合成ガスでの総変換効率 75%	変換効 率	51%	52%	39%	56%	49%	52%	47%	36%	42%	41%	44%	42%	NA	
合成ガスでの総変換効率 80%	変換効 率	64%	66%	57%	66%	58%	57%	56%	47%	44%	47%	47%	44%	60%	
No Commercial Applications Commercially tested Applications															
*1 - IC engine value converted to HHV from LHV using 10% derate value for LHV															
*2 - IC engine steam generation calculated using 85% exhaust to steam conversion															
*3 - The temperature of the heat generated varied with the data sources for individual systems, if identifiable, heat below 180°F was not included in this calculation.															
*4 - Organic Rankine Cycle thermal output is limited to 194 degree F output, data is only available for biomass input at 70% combustion efficiency															
Data Sources															
Single Cycle CTGs - http://www.energysolutionscenter.org/distgen/AppGuide/Chapter4/Chapter4Images/Tab1e_4-3.jpg															
IC engines - http://www.cat.com/data/compnant/s/secure/fields/play/Secure/Fis/Service/SP/angusga6-781165-202277															
Combined Cycle CTG - http://www.netl.doe.gov/energy-analysis/eipub/Biomass/20Baseline_Final%20Report.pdf															
Fuel Cells - http://www.energysolutionscenter.org/distgen/AppGuide/Chapter4/Chapter4Images/Tab1e_4-6.jpg															
Organic Rankine cycle http://www.turboden.eu/en/publications/nbads/charts/44%20biomass%20on%20sp%20N3.pdf															

【0424】

単純サイクルIC系CHPプラント

IC機関内でCHPに合成ガスを使用すると、適所にある一部の顧客ユニットが鋭利段階に近づく、または鋭利段階になる。ユニットは、報告によれば、高い初期資本コストおよび競合する化石燃料の価格により、従来の加熱および発電システムと経済的に競合しないが、実施プロジェクトのための一部の需要では、再生可能な発電および発熱への助成金が適用され、初期資本コストを相殺するのに助成金を利用できる。効率的出力を内部寸法の限界まで限定するこのタイプのガス化炉の内部設計には本質的制限があり、それゆえ多量の電力発生を複数のユニットで実現し、それにより規模の経済性を限定しなければならない。この技術の最良適合は、現在では、1～2のMW総電気出力ブロック内での現場の「ビハインド・ザ・フェンス (behind the fence)」発電である。

【0425】

単純サイクル発熱ガスタービン

現在、合成ガスで運転する商業的長期使用において付加され得るCTGはない。その適用は、IC適用の構想と類似しているが、CTGは、広範囲のサイズで提示され、設備の電気出力に関して非常に小さな設備設置面積を有するため、CTGは、大規模発電の最良

適合である。これらのシステムは、より高いC T G 燃料流量の要件で運転するために、異なる構成ガス化炉の使用が必要となる。それらは、蒸気ランキンサイクルよりも運転がかなり簡単であり、有資格の職員が運転する必要はない。C T G への制限は、厳密な内部許容誤差 (i n t e r n a l t o l e r a n c e s) および燃料品質明細である。C T G は、I C 機関よりも燃料体積を受け易い。

【0426】

単純サイクルマイクロタービン

I C 機関により完了する従来のC T G の部分集合は、複数の製造業者により提示されたマイクロタービン（一般に1 MW未満）である。これらのユニットは、典型的には一定した熱需要があるビハインド・ザ・フェンス適用を意図したものである。低B t u シンガス 10
に関して評価されたユニットは存在するが、燃料調整を含むガス化炉とタービンを1つのパッケージに統合している商業的システムは、この時点で提示されていないこのユニットは、シンガスについて評価されているが、これらの燃料の品質要件は、かなり嚴重なI C 機関である。

【0427】

マイクロタービンは、燃料への混入を非常に受け易く、大規模な上流の調整および濾過を行わなければシンガスでの運転が困難になる。木材廃棄物からの低B t u 量のシンガスと、マイクロタービンを運転するのに十分な品質のシンガスを発生するかなり多くの加工ステップがあるとすれば、この技術にかかる資本および運転コストが近い将来、魅力的になるかどうかは定かでない。 20

【0428】

C T G ユニットからの熱回収

ユニットから得られた排熱は、蒸気または高温水を発生する熱回収デバイスを通して誘導され得る。いずれかのデバイスからの排熱は、実際の形態に応じて、800 ° F ~ 1000 ° F の範囲内である。

【0429】

複合サイクルプラント

天然ガス燃焼タービン複合サイクル (C T C C) プラントは、天然ガスまたは液体燃料での使用に関して費用効果のある高効率技術である。主な推進力は、高効率C T G の開発である。C T G およびC T C C 効率の上昇、天然ガスの利用可能性および価格、ならびに 30
施設を迅速に許可および建設する能力があるとすれば、大多数のサイクリングおよびベース負荷ユニットが、この10年間に国中で設置されている。簡単なサイクルガスまたは液体プラントと同様に、燃料は、C T G で燃焼され、高温C T G 排ガスエネルギーは、熱回収蒸気発生装置 (H R S G) で回収されて高圧蒸気を発生し、それを凝縮蒸気タービンで電力に変換する。

【0430】

C T G 入口燃焼温度は、蒸気ランキンサイクルのかなり低い（ほとんど周囲の）吐出し温度と併用して、高い全体的プラント発電容量を得る。蒸気タービン凝縮温度を超えて抽出される任意の熱エネルギーは、低いサイクル効率を生じるため、これらのプラントは、発電所が意図される。典型的な効率は、40 % ~ 60 % を超える範囲内である (L H V) 40

【0431】

必要となる2つの発電サイクルが存在するため、この設計のトレードオフは、プラントの複雑さが簡単なサイクルから増加することである。プラントサイズは、250 MW ~ 1500 MW が最も経済的である。それでも米国に位置する大規模C T G 系コジェネレーションプラントは存在する。

【0432】

250 MW バイオマス系C T C C プラントが、大きすぎて、再生可能木材廃棄物の供給から経済的に燃焼することができないのは、燃料、および燃料を運搬するのに必要となる供給源が木材の燃料値を超えていれば、必要な燃料供給面積の半径が、その範囲を超える 50

ためである。より小さなプラントは、建築することができるが、プラントが小さくなるほど、MWあたりの資本コストが増大する。バイオマスへのC T C Cの営利目的での適用は、高温ガス洗浄を向上させて、プラントが信頼性のある運転を確実にこなすことが必要となる。

【0433】

D. その他の発電サイクル

文献に述べられた別の電力サイクルは、数多く存在する。しかし一般にはそれらは、現行のサイクルのバリエーションである。多くは、初期に開発されたスケールのものであり、そのため発表された実際の長期運転および効率データは、即座に利用できない。

【0434】

スターリングサイクル発電所

文献で言及されることの多い技術は、スターリングサイクルであり、一般には「外燃機関」または時として「熱機関」と呼ばれる。このサイクルは、外部で加熱および冷却されて発電する内部作動流体を使用する。それは熱機関であり、I C 機関として類似の内部摩擦特性を有するカルノーサイクルにより拘束される。サイクルへの主な利点は、様々な加熱および冷却源を使用して発電する能力である。燃焼は、機関の外部であるため、燃料の品質は、潜在的に低級燃料を燃焼してユニットを加熱させなければならない。理論的効率および燃料の柔軟性により、可能性のある将来の発電サイクルと言われて久しいが、今日まで、悪名が高く商品化が困難であった。現在、スターリング発電機の主な用途は、太陽光発電所であり、U S W e s t で運転されている大規模展開の1つと、カリフォルニアで最近認可された別のものがある。W h i s p e r g e n^{1 1} が作製した現在製造中の商業的ユニット1つを含む、マイクロスケールC H P用に開発されているニッチ市場での適用例があった。

【0435】

有機ランキンサイクル

有機ランキンサイクル（O R C）システムは、低沸点流体を従来のランキンサイクルでの蒸気の代わりに利用する。低沸点の有機流体を用いることにより、O R Cシステムは、他の供給源からの排熱を捕えて、発電する。

【0436】

O R Cユニットは、ランキンサイクルであり、その効率は、カルノーサイクルにより抑制される。O R Cユニットの主な価値は、過度に低いため従来の蒸気システムで経済的に発電している比較的低温の排熱供給源を取り扱うためにある。T u r b o d e n^{1 2} により製造されたO R C設備は、現在、多量の比較的低温の熱が必要となる欧州のペレット製造工程で用いられている。適切な熱需要と適合すれば、この設備は、報告によれば競合する技術を十分に上回る高い全体的燃料利用効率を有する。高い固定価格買い取り制度と高いサイクル効率の組み合わせにより、欧州の木材ペレット製造市場では経済的魅力的であると考えられている。米国では、O R Cは、地熱発電所で用いられており、低温熱回収ユニットとしての使用が支持されている。現在、低効率および高資本コストの小規模設備であるため、助成を受けた予備的適用への使用に限定されている。

【0437】

エントロピックサイクル

この電力サイクルに関して公的に入手される情報は、ほとんどない^{1 3}。エントロピックサイクルは、有機ランキンサイクルと類似の小電気出力の適用をターゲットとするものと思われる。主張された熱変換効率は、194 ° Fの熱出力温度で71%である。熱力学的構想と思われ、営利目的での予備的設置は報告されていない。

【0438】

燃料電池

燃料電池は、熱サイクルであるが、それは、化学的燃料の流れからエネルギーを発生させて、バイオマスガス化炉の流れから燃料電池を運転する技術的可能性を得ている。

【0439】

10

20

30

40

50

現行の燃料電池技術は、燃料源として水素を使用するよう方向づけられており、上流の改質器の技術は、炭素分子から水素を分離して炭化水素燃料の使用を可能にするのに用いられている。使用されている現行のシステムは、触媒「被毒」を非常に受け易く、電池の上流で注意深く高レベルの汚染除去が求められている。用いられた改質器に応じて、改質の結果、CO₂またはCOが形成される。これらの2種の化合物は、一般に、燃料電池内で用いられる触媒において「毒素」として作用し、それゆえ高い燃料純度が求められる。陽イオン交換および固体酸素燃料電池は両者とも、比較的低温で運転し、それゆえ熱出力が、ほとんどの適用例に関して過度に低い。

【0440】

バイオマスのガス化および改質を通して生成され得るメタノールを燃焼し得る直接メタノール燃料電池をはじめとする研究規模の燃料電池技術がある。燃料電池には、COを直接加工する能力を有する溶融炭酸塩型燃料電池および固体酸化物型燃料電池の2つのバリエーションがある。両者の技術は、大型システムでの商業化以前の段階にある。

【0441】

高価値の特化された適用に関して現在市場化された小規模ユニット（20kW未満）が幾つかある。

【0442】

バイオマス燃料電力サイクルのための典型的な燃料利用効率 — 図9に、複数の供給源からの様々な電力サイクルの典型的なサイクル効率を示す。記録された通り、商業的システムの有機ランキンサイクルシステムの効率は、低温である180°Fの熱出力に需要がある場合のみ、高いサイクル効率が可能になる。

【0443】

10

20

【表 3 6】

図 9 典型的なサイクル効率

	名称	州 (米 国 ま た は カ ナ ダ)	M W	発熱 率	P S I	温 度	ボイラ タイプ	復 水 器	湿 性 バ ル ブ 温 度* 2	カル ノー 効率	報告 され た効 率 k W / 発熱 率* 3	実際 の効 率 / カル ノー 効率
1	W i l l i a m s L a k e	B C	6 0	1 1 7 0 0	1 5 7 5	9 5 0	ストー カ	C T	5 7 . 5	6 3 %	2 9 %	4 6 %
2	S h a s t a	C A	4 9 . 9	1 7 2 0 0	9 0 0	9 0 5	ストー カ	C T	6 2 . 3	6 2 %	2 0 %	3 2 %
3	C o l m a c	C A	4 9	1 2 4 0 0	9 2 5	9 2 5	流動床	C T	7 6 . 4	6 1 %	2 8 %	4 5 %
4	S t r a t t o n	M E	4 5	1 3 5 0 0	9 5 5	9 5 5	ストー カ	C T	6 6 . 7	6 3 %	2 5 %	4 0 %
5	K e t t l e F a l l s	W A	4 6	1 4 1 0 0	9 5 0	9 5 0	ストー カ	C T	6 4 . 3	6 3 %	2 4 %	3 9 %
6	G r a y l i n g	M I	3 6	1 3 6 0	9 5 0	9 5	ストー カ	C T	7 1 .	6 2 %	2 5 %	4 0 %

10

20

30

				0		0			7			
7	Mc Neil	V T	5 0	1 4 0 0 0	9 5 0	9 5 0	ストー カ	C T	7 0. 7	6 2 %	2 4 %	3 9 %
8	Multitrad e	V A	7 9. 5	1 4 0 0 0	9 5 0	9 5 0	ストー カ	C T	7 5. 6	6 2 %	2 4 %	3 9 %
	8ヶ所の発電所についての予測された発熱率の平均									6 2 %	2 5 %	4 0 %
9	Medera	C A	2 5	2 0 0 0 0	8 5 0	8 5 0	気泡化	C T	6 9. 3	6 0 %	1 7 %	2 0 %
1 0	Chowchilla II	C A	1 0	2 0 0 0 0	6 5 0	7 5 0	気泡化	C T	6 9. 3	5 6 %	1 7 %	3 0 %
1 1	EI Nido	C A	1 0	2 0 0 0 0	6 5 0	7 5 0	気泡化	C T	6 9. 3	5 6 %	1 7 %	3 0 %
	報告された11ヶ所のバイオマスプラントの平均値									6 1 %	2 3 %	3 7 %

10

20

【0444】

V. 燃料の性能およびコスト

従来の商業的発電所により用いられるバイオマス燃料は、他の購入者への使用はほとんどない。プラントは、典型的には、燃焼用バイオマスを予備加工するための大規模な加工を備えている。燃料の流れは、若干の製材残渣、樹皮をはぐ操作から得られた樹皮、枝葉および小枝を含む全樹木のチップ、ならびに珍しい例として木の主幹で構成された丸田のチップを含む。これらの燃料の全てが特定の取扱い特性を有し、それは一般に、非燃焼可能性混入物質を除去して、ボイラ内で計量に成功し得るサイズ範囲内に燃料をサイズ変更するための、燃料と大規模な加工設備とのブレンドを必要とする。

30

ボイラの燃料投入要件が、より小さなボイラシステムに減少させるため、燃料特性は、より均一でなければならない。多くのバーモント学区に設置された小規模学校の火力専用のボイラシステム (small scale school thermal only boilers systems)¹⁴ は、特別な製造運転からの木の幹のチップまたは残渣が燃料に用いられ得る、という勧告を導いた。この経験が、マサチューセッツの小型バイオマスCHPユニットの潜在的な将来の設置に適用されれば、これは、CHP品質のチップのための市場を、商業的プラントにより現在用いられているバイオマス製品よりも高級でより均一で経費のかかる木材生成物に誘導しがちになろう。このより高級な木材は、木材ベレット製造適用に求められているため、コストは必然的に上昇して、低級バイオマスは十分に活用されなくなろう。

40

【0445】

VI. コージェネレーションの議論

廃熱の熱需要

熱工程で電気を発生させるためには、低温熱エネルギーが、発電工程から除去されなければならない。熱エネルギーに需要があれば、熱需要の温度および品質が、発電サイクルのより低い運転温度を確定する。熱需要には、工業的工程と地域冷暖房という2つの選択

50

肢がある。熱需要は、システムの発電に直接関係する。熱需要が低下して、システムからの熱除去の方法が他になくなれば、電力は減少するであろう。

【0446】

工業的加工

工業施設での熱エネルギー需要は、工業そのものと同程度に貴重である。大まかに総括すると、発熱に集中する工程の大部分は蒸気を加熱工程および反応に直接利用し、必要となる最大工程温度が一般にボイラ（またはタービン抽出）からの温度を設定する、ということである。

【0447】

中間体である熱伝達流体は、工程の内部で利用され得るが、一般には加熱伝達流体は、中央ボイラからの蒸気により直接加熱される。一部の工程では、ガス燃焼赤外線ヒーターまたは電気抵抗熱が、一般には施設内にある、特定のエリアで用いられ、中央加熱プラントは存在しない。

【0448】

直接熱加工に加えて、大きな負荷需要は、一般にはエアヒーターへの蒸気の利用により、生成物を乾燥させて、典型的には蒸気を飽和水混合物に凝縮させる。蒸気コイルエアヒーターは、典型的には大容量の空気を加熱し、それを用いて材料の水分を減少させ、溶媒放出を加速するか、またはポリマーシステムの架橋を加速する。ほとんどの長期施設は、エネルギー保存法を実行し、経済的に実行可能であれば、加熱された廃蒸気を用いて、入ってくる空気または材料を予熱する。工程特有の熱需要に加え、必然的に、外部温度に依存する部屋冷暖房需要がある。部屋冷暖房は、地域暖房区分の節で詳細に議論される。

【0449】

時折、規制政策およびエネルギーコストが、工業の現場でのコジェネレーションシステムの設置を魅力的なものにし、発電の予測収益率は、典型的には工業的工程の予測収益率と一致しないため、システムを設置する第三団体により建設された大型施設は多く存在する。

【0450】

製造施設に隣接するコジェネレーションシステムを建築することで、発電施設の設計および運転が外部団体である工業的工程の所有者に依存する、という長期間問題を発電開発業者に提示する。工業的工程が閉鎖すれば、発電所プロジェクトの経済性は、実質的に影響を受ける可能性がある¹⁵。一般に発電所と特定の製造業者とをつなぐことで、コジェネレーションプラントを建築する決定に著しい長期投資リスクが持ち込まれる。

【0451】

地域冷暖房

市場向きバイオプロダクトの加工および製造のための発電所による内部使用以外では、この熱エネルギーの潜在的利用は、一般に、隣接する構造の部屋暖房空気熱の必要性に向けられる。部屋の熱需要のための暖房の分布は、一般に地域熱供給（DH）システムと呼ばれる。一般に地域冷房と呼ばれる地域エネルギーシステムで冷房を提供する可能性もあるが、CHPプラントに課せられる低い運転効率、高い資本コスト、および温度制限によって、密集した冷房負荷のエリアを除くほとんどのエリアでこれが魅力のない選択肢になった。

地域熱供給システムは、資本集約型であり、費用効果のある密集した都会的規模の適用を必要とする。密集していない適用では、費用効果のあるDEのために重いインフラ助成金が必要となる。資本の必要性および場所は、燃料の貯蔵および加工のためのかなりの面積を大規模なトラック輸送と共に必要とする、典型的なバイオマス発電所の燃料の要件および運転と正反対である。1日24時間、350日運転する多くの工業的運転と同様に、バイオマスプラントは、典型的には多くの都市にある住居および日中の商業活動と適合性がない。

【0452】

地域熱供給と共に運転する既存の熱供給システムを変換するための実質的に前払いのコ

10

20

30

40

50

ストがある場合、サービスを使用する潜在的顧客にはほとんど助成がないため、新しい地域熱供給システムの実行が困難になる。そのシステムは、私的な権利よりも公共的用地または取り決められた用地に設置される必要があるため、インフラの問題は重要である。複数の燃焼ユニットが適所に置かれ、熱源の予想外の停電を補うための若干の余剰をもたらすようにシステムに連結されるまでは、克服されるべき信頼性の問題が存在する。

【0453】

共用部分での使用において、DEシステムには高温および低温の2つの形態がある。

【0454】

高温地域熱供給

地域エネルギーシステムは、開発されて、米国の幾つかの都市部では今でも使用されている。運転されているシステムは、蒸気を使用する高温システムである。蒸気は、絶縁された蒸気および復水回収管を用いて、主に都心の商業施設および官営施設に届けられる。システムにより供給される各施設は、2つの地下パイプ（建築物に蒸気を運搬するものと、復水を地域エネルギープラントに戻すもの）を介して地域システムに連結されている。これらのシステムの地下インフラは、資本拡散型（capital extensive）であり、低コスト資本に接近した任意の、しかし密集していない都市部のシステム設置または拡大に大きな問題となり得る。

【0455】

顧客により用いられる蒸気は、凝縮されて、より口径の小さなパイプを介して再使用されるために地域熱供給プラントに戻される。

【0456】

建築物の冷却は、中央プラントからの更なるパイプにより、または遠隔の吸収式冷凍ユニットの設置によりもたらされ得るが、それらの経済的利用は、一般に、吸収式冷凍機が低い効率および資本コストであるため、高価値の商業的適用に限られる。吸収式冷凍機の利点は、1年を通してバランスの取れた蒸気負荷である。

【0457】

大学のキャンパスにおける地域熱供給の市場は、システムの初期資本コストと、個々の建築物熱供給システムのメンテナンスの必要性低下のバランスをとることによって営まれる。

【0458】

高温システムは、一般に、複数のボイラにより提供されて、季節的負荷調整を行い、システムの信頼性を維持している。

【0459】

低温地域熱供給

低温地域熱供給システムは、地域の顧客に熱伝達するために高温水を使用している。高温システムとは異なり、水温は、吸収式冷凍でのドライバーとしての使用には一般に不適切であり、夏季の熱負荷需要の機会を実質的に低減している。蒸気の代わりに高温水を使用するには、均等の熱負荷に対してより大きな口径での供給および戻り管が必要になる。システムの温度は、高温システムで用いられる蒸気配管よりも低い設置コストおよび設置要件を有する、絶縁被覆されたエンジニアリング熱可塑性配管システムの使用により制限される。化膿性のある低設置コストは、配管コストの上昇、および別個の専用蒸気ラインを用いて低温水システムを再加熱する、互いに接近して配置されるより小さな熱供給プラント、またはハイブリッドシステムの使用により、相殺される。

【0460】

低温での地域熱供給の発展は、かなりの量の規制助成金、化石燃料の関税、炭素削減の助成金、および費用効果のある建築物設計基準に依存する。これらを合わせることで、これらのシステムの積極的に維持および設置する欧州各国と異なるレベルで設置された。各国は、公共またはユーザーが所有するシステムを異なる組み合わせで使用している。政府の団体により助成金および罰則を組み合わせ、これらのシステムを支援している。助成金／罰則は国により異なるが、以下の問題は、取り組まなければならない：低温地域熱供

10

20

30

40

50

給システムの温度は、電気熱ポンプシステムが水温上昇に用いられない限り、フィン付管放熱（典型的にはニューイングランドの家庭および商業用不動産の多くで用いられる）の利用を支援しない。規制の要件、高エネルギーコストおよび建築物基準の組み合わせは、欧州において、かなり低い供給源温度で運転が可能な放熱タイプ暖房供給システムの設置を奨励／要求するために用いられてきた。既存の構造に放熱型熱供給追加導入するのは、費用がかかり、ビルの所有者が担うコストである。米国のほとんどの商業システムは、高温の源水を必要とし、水温を上昇させる熱ポンプ、またはH V A Cユニット内の加熱コイルの交換、のいずれかを必要とするであろう。

【0461】

顧客あたりの全体的加熱需要を可能な限り少なくして、設置される地域熱供給インフラのサイズを低減する必要がある。加熱用化石燃料への高い関税および最小限のエネルギー使用に必要となる建築法が、一般に、欧州での体積あたりの熱需要を減少させてきた。米国での現行の規制法は、効率の改良を促進するための自主的奨励に限定されてきた。建築効率基準は、現在、ほとんどのニューイングランドのエリアで適切であり、新しい建設物のほとんどが、より古くエネルギー効率の低いシステムからなる都市エリアの住宅ストックの心材を用いて密集していない田舎に建設する傾向がある。

【0462】

地域熱供給システムの政府による支援／所有権は、一般に、「つなぐべきである」という要件および加熱燃料の利用効率要件をはじめとする規制助成金は、顧客加入率を高くするために助成金を作っている。

【0463】

発電及ぼす地域熱供給負荷の影響

図10に示される通り、典型的なマサチューセッツ中心部の冷暖房度日およびI S O電気負荷を、典型的な年度に関してプロットしている。

【0464】

ウースター航空機データに基づくマサチューセッツ州ウースターの熱的加熱需要は、冬季のピークから加熱需要のない夏季まで変動する。マサチューセッツ州ウースターは、州の中心部付近にあり、それゆえ州の典型的な熱需要曲線を代表するはずであるため、選択された。熱負荷およびI S O N E電力需要は、比較の目的で1月あたりのピーク需要の割合として示されている。

【0465】

下記の冷房の需要が熱需要に加われば、夏季の負荷が存在するが、この夏季冷房需要を供給するには、吸収式冷房ユニットを供給するために適切な温度レベルを供給する高温の地域熱供給システムの使用が必要になる。高温システムは、C H Pプラント内の随伴する発電サイクルの出口温度を上昇させて、プラント効率を低下させる。この熱需要における大きなバリエーションがあるならば、地域熱供給システムからの有用な熱エネルギーの需要は、負荷需要が最高になる夏季に非常に限定される。

【0466】

地域熱供給の適用において、1年にわたる連続熱負荷需要がなければ、冬、早春および晩秋の熱需要の高い期間にR E Cの助成を受けるためだけに、地域熱供給網にC H Pを連結することが金銭的魅力にならない。電力の需要が最高になる夏季に、R E C助成を受け取ることができないことになる。

【0467】

電力需要は、夏季の間も依然としてあるため、化石燃料による発電所は、更なる電力を発生させて、再生可能なC H Pによる電力の不足を補填しなければならないであろう。

【0468】

10

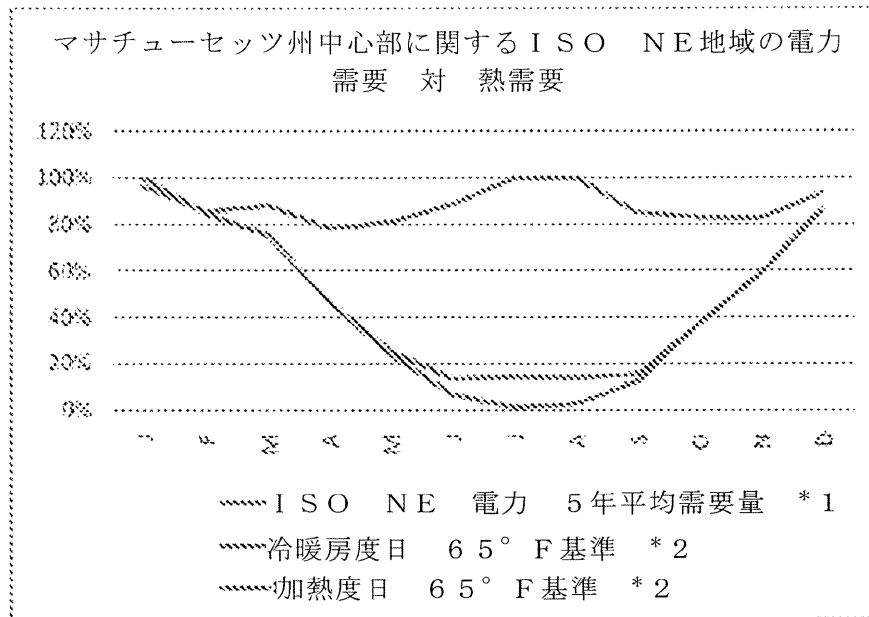
20

30

40

【表 3 7】

図 1 0 ニューイングランドの冷暖房度日



10

20

* 1 I S O ニューイングランドからの電力消費のデータ

* 2 マサチューセッツ州ウースター地域の航空機のための 2 0 9 年 A S H E R A E C l i m a t e
C o n d i t i o n s f o r W o r c e s t e r M a s s R e g i o n a l A i r p o r t
からの度数データ

【 0 4 6 9 】

バイオマスプロジェクトの経済性

バイオマス施設のプロジェクトの経済性は、バイオマス発電所の 4 サイズおよび規模に
直接関係する。バイオマス発電の重要な様相は、プロジェクトサイズおよび燃料コストで
ある。燃料コストは、輸送距離に大きく依存する。プラントサイズは資本を決定するが、

30

【 0 4 7 0 】

ニューイングランドのバイオマスプラント

大型のバイオマス発電施設は、より良好な規模経済性を有する。しかし大型ユニットは
、小型ユニットに比較して、異なる基準に設計されている。バイオマス発電施設の最適サ
イズは、約 5 0 M W である。ニューイングランドの既存のバイオマス発電所のほとんどは
、1 5 M W ~ 3 0 M W である。バイオマス発電施設の列举を、表 1 に示す。B o r a l e
x S t a c y v i l l e がデータベースに列举されていなかったことに留意されたい。

【表 38】

表1 ニューイングランド内で現在運転されているバイオマス発電施設

州	発電所名	容量 (メガワ ット)	エネ ル ギ ー 源 1	エネ ル ギ ー 源 2	運転開始 年	ユニ ット 状態
運転しているユニット						
ME	Boralex Ashland	39.6	WDS	DFO	1993	CP
ME	Boralex Fort Fairfield	37.5	WDS		1987	CP
ME	Boralex Stratton Energy	45.7	WDS	DFO	1989	CP
ME	Boralex Livermore Falls	39.6	WDS	DFO	1992	CP
ME	Greenville Steam	15.6	WDS		1988	CP
ME	Indeck West Enfield Energy Center	27.5	WDS		1987	CP
NE	Bridgewater Power LP	20	WDS	DFO	1987	CP
NE	DG Whitefield LLC	16	WDS		1988	CP
NE	Pinetree Power	17.5	WDS		1986	CP
NE	Pinetree Power Tamworth	25	WDS		1987	CP
NE	Schiller	50	WDS	BIT	1955	CP
NE	Springfield Power LLC	16	WDS		1987	CP
VT	JC McNell	59.5	WDS	NG	1874	CP
VT	Ryegate Power Station	21.5	WDS		1992	CP

10

20

【0471】

バイオマスプロジェクトの経費

新しい発電ユニットのためのプロジェクトコストは、この4年間で劇的に増加した。今日、典型的な25MWバイオマス電力プロジェクトは、2006年の予想コスト約\$2,500/kWに比較して、約\$112,500,000または\$4,500/kWかかると推定される。

【0472】

最も新しいバイオマスプロジェクトは、アリゾナのSnowflakeである。プロジェクトは、2007年に終了した。プロジェクトコストは、用いられた再調整設備を含み、\$2,200/kWと報告されている。

30

【0473】

現在、50MWのプロジェクトは、\$4,000/kWのEPCコストが報告された¹⁷。

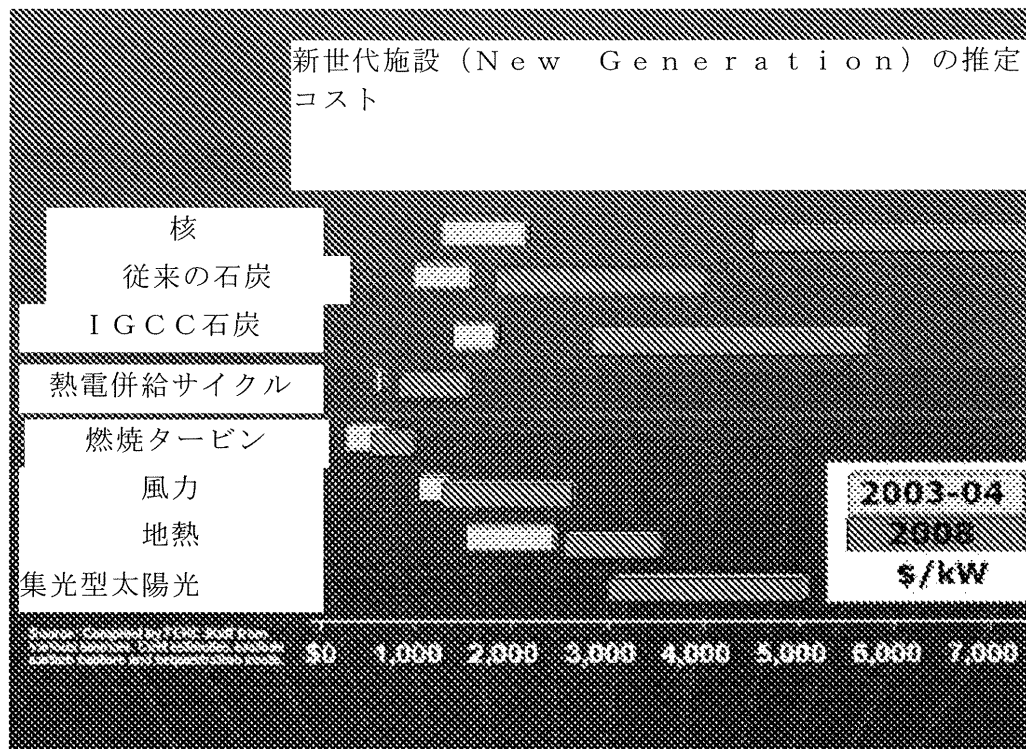
【0474】

2003年と2008年のプラントコストの比較を、図11に示す。

【0475】

【表 3 9】

図 1 1 発電所建設コスト



【0 4 7 6】

化石燃料火力発電所とバイオマスの比較

設計および経済性を議論する際には、多くの場合、バイオマスプラントを他の固体燃料プラント一緒に扱う。バイオマス施設と化石燃料発電所の間の大まかな差は：

- ・化石燃料プラントは、石炭採掘および輸送に関連する緒がかりなインフラを特徴とする。化石燃料プラントは、鉄道および高圧電線の付近に位置する。バイオマスは、回収および輸送インフラを高度に地方分散させた。バイオマス燃料源は地方に在り、トラック運搬される。燃料源の典型的な半径は、60マイル～75マイルである。

- ・バイオマスが、取扱いおよび運搬が高価である。石炭は、エネルギー密度の高い燃料であり、約12,500 Btu/ポンド (AR) の発熱量である。木材は、水分量50%と仮定すると、約4,400 Btu/ポンド (AR) の発熱量を有する。体積基準では、木材は、石炭のエネルギー密度の約1/3である。バイオマスをトラックで移動させると、運搬コストが加わり、長距離運搬の場合、プロジェクトの経済性が得られ難い。

- ・利用サイズの大きい化石燃料プラントは、規模の利益を得ることができる。大型の化石燃料施設が、良好な燃料コスト、高い効率、および人員の少なさから、旅行な経済性を有する。

- ・石炭プラントの効率は、高温、高圧、二重再熱超臨界ランキンサイクルの設計、および先進の統合型ガス化複合サイクル (IGCC) 設計により、さらに効率が上昇することが実証されている。石炭燃料超臨界蒸気発電機に関して報告された最高の効率が、42.5%である。

- ・バイオマスサイクル効率の改善は、初期段階であり、商業的または経済的規模で利用することはできない。バイオマスプラントが、42%効率に達したとしても、先進のサイクル設計は、小型バイオマス施設が市場における天然ガスの複合型サイクルを基にした電力の価格と競合するため、経済的に魅力がない。

- ・バイオマスボイラ効率が、燃料の水分量により限定される。

【0 4 7 7】

バイオマスの相場および送達

バイオマス発電は、バイオマスの利用可能性に限定される。典型的な施設は、プラントの輸送範囲内で合理的に回収され得る入手可能な木材を基にしている。典型的なバイオマスプロジェクトは、地域内で入手可能な木材に基づくサイズで15 MW～30 MWである。バイオマスプラントの典型的な経済的半径は、75マイルである。75マイルを超えると、輸送コストが、燃料コスト、およびプラントによって生成された電力のコストを持ち上げる。例として、未加工の木材のコストは、典型的には\$4.00～\$10.00/トンである。回収されるのは、\$12/トン～\$18/トンである。輸送コストを\$0.10/マイル（往復）と仮定すると、75マイル半径だが、燃料コストに\$15/トンが加わる。比較すると、送達されたバイオマスの平均価格は、受取り時（AR）は\$30/トンと仮定される。水分量40%と仮定すると、送達された燃料の価格は、\$50/トン（BDT）である。 10

【0478】

実質的なバイオマス供給源が利用可能であるなら、または鉄道などの輸送により更なる燃料を利用できるなら、大型バイオマス施設は、より高い全体的取扱いコストであるにもかかわらず実現可能である。最適なプラントサイズは、一般に50 MWと考えられる。大型の100 MWプラントは、燃料が入手可能ならば提案された。15 MW～25 MWサイズ内では、技術コストと燃料コストとプラントコストの間のバランスがある。

【0479】

バイオマス電力プラントの位置に関する更なる問題は、燃料の送達である。通常、燃料は、トラック輸送を利用して送達される。1時間あたりのトラック数が、都市部では問題になり得る。50 MWバイオマスプラントは、1日あたりトラック約70台分、または140往復が必要となる。 20

【0480】

鉄道での送達は、トラック輸送の問題を解消するが、送達燃料コストを増加させる複数の燃料取扱いステップが必要となる。

【0481】

バイオマスプラントの効率

米国のバイオマスプラントのサーベイにより、当業界におけるバイオマス先導的事業所の発電の発熱率は、11,700 Btu/kWh (29.2%)～20,000 Btu/kWh (17.1%)であった¹⁸。米国およびカナダの11のプラントを、レビューした。平均効率は、14,840 Btu/kWh (23%)であった。 30

【0482】

プラントの実際の運転効率は、設計効率と同一ではない。燃料の水分量および周囲温度などの変数が、プラント効率に影響を有する。実際のプラント効率は、平均±3%になり得る。

バイオマス蒸気プラントの報告された最良の効率は、35%である。プラントコストは、即座に利用できない。Konigs Wusterhausenは、2003年に運転を開始した（placed into operation）。その施設は、20 MW再熱サイクルで、報告された総効率は、36.45である。この効率は、報告された効率が確実に米国内で用いられるものと同じ基準に基づくように検査されなければならない。米国で報告された効率を欧州の施設と比較するには、以下の事柄を調整する必要がある： 40

- ・欧州では低位発熱量（LHV）であるのに比較して、米国は高位発熱量（HHV）を利用している。これは、典型的には6～7%の差があり、米国に比較して6～7%過大表示された効率になる。

- ・総効率は、プラントの電気負荷（所内動力）を考慮していない。有効電力量は、総電力量からプラント内消費電力を差し引いた値である。この値は、プラント設計により変動するが、一般的な範囲は、消費されたプラント負荷で消費された総有電力量の10%～15%である。

- ・ニューイングランドの典型的なバイオマス水分量40～50%に比較して、多くの欧州の設計は、20%の低い水分量のバイオマス燃料に基づく。

50

【0483】

Konigs Wusterhausenの施設の実効効率は、29%%（HHV）または（11769 Btu/kWh）と予測される。

【0484】

Konigs Wusterhausenのコストデータは、入手できない。しかしプラントは、部分的に助成され、カーボンクレジットを受けており、21.1ユーロ（\$0.30/kWh）のレジデンシャルレートを有する電力市場である。プラントは、低炭素発生のための他のクレジットを除いて7.71ユーロ固定価格買い取り制度を受けた。

【0485】

スウェーデン、バルナモのバイオマスIGCC¹⁹（CHRISGAS）は、小型の6 MW発電、9 MW熱圧の運転されたCFBプラントであり、2000年に凍結された。このユニットは、営利目的で運転されていない。その歴史は、3,600時間の運転に限られている。報告された電気効率は、32%（LCV）であり、30%（HHV）と同等である。

10

【0486】

この施設に関する主な問題は、高温ガス浄化システムであった。類似の問題が、バーモント州バーリントン所在のFERCOガス化炉にも生じた。

【0487】

プロジェクトコストは、報告されていないが、その施設が経済性の低さから閉鎖されたことが、記載されている。施設は現在、ガス合成プロジェクトのための研究開発（R&D）に用いられている。

20

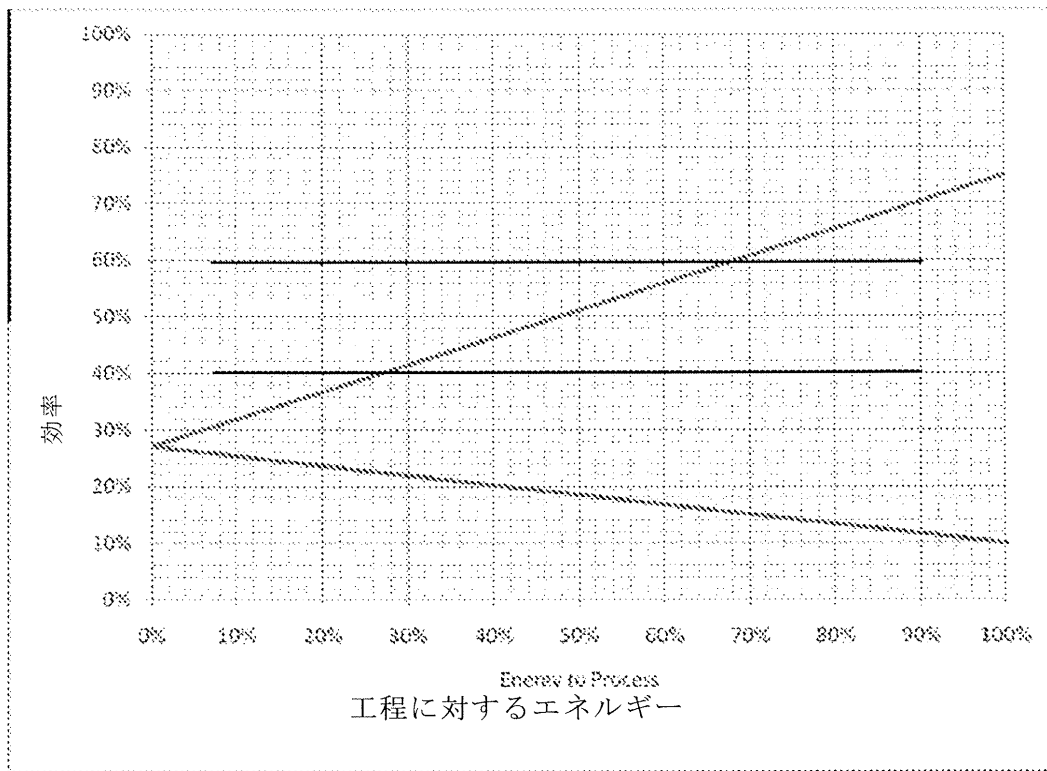
【0488】

コジェネレーションまたはCHPを適用することで、プラントの電気効率が低下するが、熱効率が式に完全に含まれるため、正味の全体的効率は増加する。25 MW発電所の効率を、図12に示す。このベース発電所は、凝縮蒸気タービンを含め27%の効率を有する。同じ燃料熱入力で少ない電力を発生するため、抽出が増加するほど、電気効率が降下する。正味効率が最大75%に上昇すると、背圧蒸気タービンと等しくなる。出力の低下を、図13に示す。

【0489】

【表 4 0】

図 1 2 プラント効率に及ぼすコジェネレーションの影響

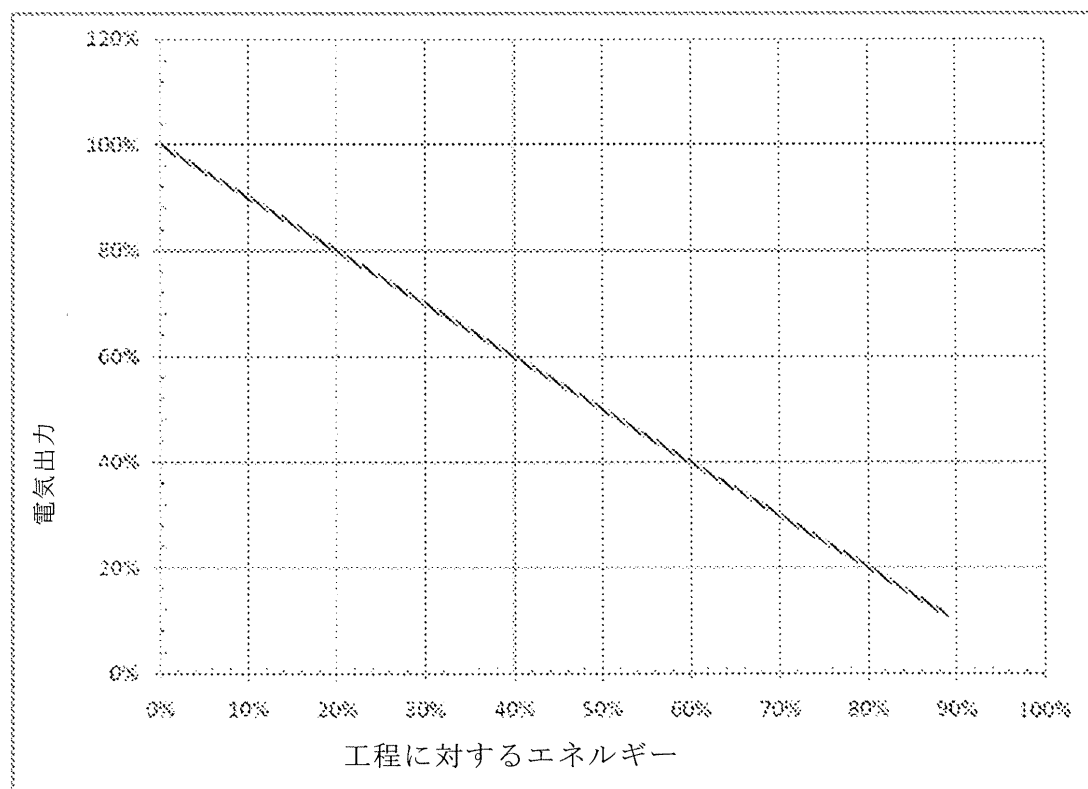


(縦軸) 効率、

【0 4 9 0】

【表 4 1】

図 1 3 プラント出力に及ぼす抽出の影響



10

20

30

40

50

【0491】

プロジェクトの経済性

プラントの経済性およびコジェネレーションの影響の検証を受けて、バイオマス電力および熱エネルギー生成に関して予測され得る典型的な効率およびプロジェクトの経済性を確認した。例は、簡便化された初年度プロフォーマ・ベースの計算であり、それはプロジェクトの実行可能性を決定する試験をスクリーニングするために用いられたものである。検証された例としては、以下のものが挙げられる：

1. 新しいバイオマス発電 — 発電専用の新しい25 MWバイオマスプラント
2. 新しいバイオマスコジェネレーション — 60%正味効率基準に適合する工業的
工程への150 p s i g抽出を含む25 MW（復水基準）バイオマスプラント
3. 小型バイオマスCHP—背圧蒸気タービン発電機
4. 火力専用の発電所 — 熱のみ
5. 小型バイオマス火力発電所 — 熱のみ

10

【0492】

各プラントを、以下に議論する。各プラントの評価は、以下の仮定に基づく：

- ・ 市場の電力率は、\$ 100 / MWhと推定される。
- ・ マサチューセッツのREC価格設定は、\$ 20 / MWhと推定される。
- ・ 蒸気の販売価格は、\$ 8.5 / 1000ポンドと推定された。
- ・ 燃料価格は、\$ 30 / トン（AR）と推定される。
- ・ 大規模プラントのボイラ効率は、80%と推定される。
- ・ 小規模プラントのボイラ効率は、70%と推定される。
- ・ プラントの所内消費電力は、10%と推定される。
- ・ CHPの火力熱は、CHPのサーマルヒートは、マサチューセッツ州ウースターの平均加熱度日に基づく。平均年間熱負荷は、ピーク熱負荷の44.5%と推定された。
- ・ 吸収式冷凍を用いることができるが、火力プラント出力を用いた冷却は、推定されない。
- ・ プラント稼働率は、90%と推定される。
- ・ 計算は、税金、有形資産の償却、無形資産の償却を引く前の（EBITDA）比較による単年推定値に基づく。
- ・ プロジェクトは、資本50%および負債50%で開発されると推定される。自己資本利益率は、15年で15%であり、負債償還率（debt）は、15年で8%と推定される。

20

30

【0493】

概要を、表3に示す。

【0494】

バイオマス発電ケース

発電ケースは、ベースケースと類似の新しい25 MW凝縮蒸気タービン発電所に基づく。プロジェクトコストは、\$ 4,000 / kWまたは\$ 107,000,000である。プロジェクト開発率は、プロジェクトのEPCコストの5%と推定される。

【0495】

新しいバイオマス発電施設のEBITDAの収益率は、-14.4%である。これは、\$ 16,000,000の資本の年間コストにより得られる。

40

【0496】

バイオマスコジェネレーション施設

ベースケースと同じサイズの施設は、大型の工業的蒸気施設の顧客に隣接して開発されると推定される。蒸気タービンは、150 p s i gで抽出口を有する自動抽出蒸気タービンである。150 p s i gで年間平均蒸気負荷140,000ポンド／時間が、施設から送出される。プラントの電気効率は、14.8%に降下するが、正味効率は、61.1%に上昇する。プラントからの電気出力は、26 MWから13.9 MWに減少する。MASS RECは、15 MWでは入手可能である。

50

【0497】

E B I T D A の利益率は、－20%である。

【0498】

小型バイオマス熱電併給

小型CHPプラントを、ベースケースに対して検証する。ボイラサイズは、50,000ポンド／時間、450psig／600°Fに減少し、背圧STGは、50psigで工程に排気する。正味出力は、1.6MWである。電力効率は、8.2%であり、正味効率は、39%である。

【0499】

E B I T D A の利益率は、－107.5%である。

10

【0500】

火力専用の発電所

検証された最後のケースは、小型の火力専用発電所である。ボイラは、これまでのケースと同じサイズである。プラント効率は、75%であり、ボイラ効率（プラントの運用に必要な所内消費電力を含まない）と等しい。E B I T D A の利益率は、－150%である。

【0501】

小型火力発電所（加熱プラント）

小型5,000ポンド／時間、10psig加熱プラントを、最後のケースについて推定する。蒸気の価格は、\$8.50／1000ポンドのままである。ボイラ効率が75%のままと仮定すると、E B I T D A は－250%である。

20

【0502】

規制のリスク

プロジェクトの融資には、不確定な規制環境のリスクがあり得る。政府の財政措置およびプログラムは、不確定または変動し得る。現行の連邦および州の奨励プログラム、例えば：

- ・生産税額控除
- ・BCAP
- ・再生可能エネルギーポートフォリオ基準（RPS）
- ・加速減価
- ・補助金

30

は、市場およびプロジェクトの開発に大いに影響を及ぼす。今日の資本市場には、開発者自身の当初投入資本を上回る不足した民間資本があるため、新しいプロジェクトを始動および資金供給することが困難な環境になっている。

【0503】

多くの場合、欧州市場とバイオマス利用の間で、比較がなされる。先に記載された鎖に加えて、カーボンクレジット／税の市場の不足が、著しい。欧州モデルを開発するためには、以下の事柄を予測しなければならない：

1. 都市部の市域エネルギーシステムへの連結の必要性を通した、地域冷暖房市場の開発。暖房のユーザーに働きかけて地域エネルギーシステムに連結し、暖房（および冷房）のための設備設計の権限を与える。
2. 均等な電力価格設定。欧州の電力価格設定の表を、表5に示す²¹。
3. 炭素助成金
4. 固定価格買い取り制度

40

【0504】

欧州の再生可能エネルギーの組み合わせは、表2に示す通り、バイオマスに劇的に移行した。

【表 4 2】

表 2 ヨーロッパ共同体の再生可能エネルギー生成

ランキン	グ	供給源	2007:	2006:	2005:	棒グラフ
1		バイオマス	65,60 %	65,60 %	64,60 %	
2		水素エネルギー	21,70 %	22,90 %	24,00 %	
3		風力エネルギー	6,60 %	5,59 %	5,30 %	
4		地熱エネルギー	5,20 %	5,29 %	5,50 %	
5		太陽エネルギー	1,00 %	0,89 %	0,70 %	

【表 4 3】

表 3 プラントの経済性概要

記述	単位	新しい凝縮 S T G	工程に対する新し い抽出 S T G	熱に対する新しい 背圧 S T G	火力専用	小型火力
技術						
プラント出力	kW	35,957.89	15,371.92	1,315.82		
平均年間蒸気需要				42.5%	44.5%	44.5%
プラント送出蒸気量	lb/h		140,000.00	22,257.60	22,257.60	2,236.76
蒸気圧	psig	150.00	150.00	50.00	50.00	10.00
蒸気温度	°F	563.78	584.79	598.13	598.00	538.40
蒸気エンタルピー	Btu/lb	1,306.72	1,306.72	1,179.54	1,232.54	1,160.33
復水量	lb/h		140,000.00	22,257.60	22,257.60	2,236.76
復水温度	°F	160.00	180.00	190.00	180.00	120.00
復水エンタルピー	Btu/lb	148.15	148.15	148.15	148.15	88.16
工程に対する正味エネルギー	MMBtu/h	-	162.20	22.97	24.15	2.39
工程に対する正味エネルギー 稼働率	kW %	- 50%	47,536.17 50%	6,730.68 50%	7,076.73 50%	699.70 50%
プラント発熱率	Btu/kWh	12,576.63	22,555.14	41,499.82		
プラント効率	%	27.1%	15.1%	8.2%		
正味プラント効率	%	27.1%	86.6%	42.5%	75.0%	75.0%
熱消費量	MMBtu/h	315.14	315.14	67.06	36.59	3.44
熱消費量	kW	92,358.04	92,358.04	19,652.22	10,724.66	1,009.61
バイオマス発熱量	Btu/lb	8,800	8,800	9,900	8,800	9,800
水分量	%	40%	40%	40%	40%	40%
燃料加熱値	Btu/lb	5,280.00	5,280.00	5,280.00	5,280.00	5,280.00
熱消費量	Ton/h	29.84	29.84	6.35	3.47	0.33
経済性						
プロジェクトコスト	USD	\$ 190,239,985	\$ 130,239,988	\$ 22,500,000	\$ 15,500,900	\$ 2,060,600
プロジェクト単位コスト		900	900			
開発率 (資本に対する%)	%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%
開発コスト	USD	5,011,409	5,011,408	1,125,000	875,900	100,000
IDC	%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%
IDC	USD	1,578,622	1,578,622	354,375	212,625	31,500
総プロジェクト費	USD	106,820,087	106,820,087	23,979,375	14,387,625	2,131,500
年間資本コスト		\$ 6,365,668	\$ 6,365,668	\$ 1,423,989	\$ 857,394	\$ 127,021
負担と受益		\$ 9,661,934	\$ 9,661,934	\$ 2,168,947	\$ 1,301,368	\$ 192,795
年間資本コスト		\$ 16,027,603	\$ 16,027,603	\$ 3,567,937	\$ 2,158,762	\$ 319,817
人件費		23	23	9	6	1
平均俸給		\$ 50,000	\$ 50,000	\$ 50,000	\$ 50,000	\$ 50,000
負担と受益		1.30	1.30	1.30	1.30	1.30
社員		\$ 1,495,000	\$ 1,495,000	\$ 565,000	\$ 390,000	\$ 65,000
メンテナンスと予備部品		\$ 1,002,300	\$ 1,002,300	\$ 225,000	\$ 135,000	\$ 20,000
化学薬品と消耗品		\$ 200,460	\$ 200,460	\$ 45,000	\$ 27,000	\$ 4,000
大きなメンテナンス資金		\$ 2,505,749	\$ 2,505,749	\$ 562,500	\$ 397,500	\$ 50,000
運転費用	USD	\$ 5,203,509	\$ 5,203,509	\$ 1,417,500	\$ 889,500	\$ 139,000
ボイラ年間燃料消費量	MMBtu/h	2,484,554	2,484,554	528,671	288,508	27,180
ボイラ年間燃料消費量	Ton/yr	235,280	235,280	50,064	27,321	2,572
ボイラ燃料費 (A R)	USD	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
年間燃料費	USD	5,881,993	5,881,993	1,251,588	683,020	64,299
年間費	USD	27,113,104	27,113,104	6,267,025	3,731,282	523,115
平均電力価格		\$ 100.00	\$ 100.00	\$ 100.00	\$ 100.00	\$ 100.00
REC		\$ 20.00	\$ 20.00	\$ 20.00	\$ 20.00	\$ 20.00
電力価格	USD/MW	\$ 120.00	\$ 120.00	\$ 120.00	\$ 120.00	\$ 120.00
蒸気価格	USD/1000	\$ 8.50	\$ 8.50	\$ 8.50	\$ 8.50	\$ 8.50
1年あたりの時間	h	8,760.00	8,760.00	8,760.00	8,760.00	8,760.00
年間発電量	MWh	197,553.26	110,154.85	12,739.11		
年間蒸気送出量	k lb/yr		1,103,780.00	175,557.73	175,557.73	17,555.77
年間電力販売量		\$ 23,706,391.66	\$ 13,218,557.65	\$ 1,528,693.59	\$ 1,492,240.70	\$ 149,224.07
年間熱販売量		\$ 3,381,980.00	\$ 1,492,240.70	\$ 1,492,240.70	\$ 1,492,240.70	\$ 149,224.07
年間販売量		\$ 23,706,391.66	\$ 22,600,517.65	\$ 3,020,934.28	\$ 1,492,240.70	\$ 149,224.07
年間コスト		\$ 27,113,104.21	\$ 27,113,104.21	\$ 6,267,024.95	\$ 3,731,282.02	\$ 523,115.28
EBITDA		\$ (3,406,712.56)	\$ (4,512,586.56)	\$ (3,246,090.67)	\$ (2,239,041.33)	\$ (373,891.21)
売上総利益		-14.4%	-20.0%	-107.5%	-150.0%	-250.6%

10

20

30

40

【表 4 4】

表 4

国内電気価格		国内電気価格	
€/kWh 電気 消費量：3500kWh/年 (夜間30%)	€/kWh 電気 消費量：7500kWh/年 (夜間30%)	€/kWh ガス 消費量：15000kWh/年 (ガス1,380m ³)	€/kWh ガス 消費量：30,000kWh/年 (ガス2,760m ³)
国内消費者に関する電気1キロワット・時間あたりの平均量 (ユーロ) 工業エネルギー、租税 & 付加価値税 '09年11月から実施	国内消費者に関する電気1キロワット・時間あたりの平均量 (ユーロ) 工業エネルギー、租税 & 付加価値税 '09年11月から実施	国内消費者に関するガス1キロワット・時間あたりの平均量 (ユーロ) 工業エネルギー、租税 & 付加価値税 '09年11月から実施	国内消費者に関するガス1キロワット・時間あたりの平均量 (ユーロ) 工業エネルギー、租税 & 付加価値税 '09年11月から実施
オーストリア €0.171	オーストリア €0.147	オーストリア €0.071	オーストリア €0.059
ベルギー €0.172	ベルギー €0.152	ベルギー €0.061	ベルギー €0.044
ブルガリア €0.093	ブルガリア €0.077	ブルガリア €0.028	ブルガリア €0.034
キプロス €0.144	キプロス €0.142	キプロス データなし	キプロス データなし
チェコ €0.116	チェコ €0.067	チェコ €0.041	チェコ €0.036
デンマーク €0.268	デンマーク €0.232	デンマーク €0.117	デンマーク €0.105
エストニア €0.091	エストニア €0.076	エストニア €0.028	エストニア €0.027
フィンランド €0.128	フィンランド €0.107	フィンランド データなし	フィンランド データなし
フランス €0.138	フランス €0.117	フランス €0.068	フランス €0.051
ドイツ €0.211	ドイツ €0.204	ドイツ €0.085	ドイツ €0.066
ギリシャ €0.089	ギリシャ €0.089	ギリシャ データなし	ギリシャ データなし
ハンガリー €0.148	ハンガリー €0.146	ハンガリー €0.042	ハンガリー €0.040
アイルランド €0.184	アイルランド €0.153	アイルランド €0.107	アイルランド €0.107
イタリア €0.260	イタリア €0.224	イタリア €0.074	イタリア €0.069
ラトビア €0.088	ラトビア €0.077	ラトビア €0.030	ラトビア €0.028
リトアニア €0.091	リトアニア €0.079	リトアニア €0.032	リトアニア €0.026
ルクセンブルグ €0.189	ルクセンブルグ €0.182	ルクセンブルグ €0.061	ルクセンブルグ €0.040
マルタ €0.105	マルタ €0.120	マルタ データなし	マルタ データなし
オランダ €0.241	オランダ €0.240	オランダ €0.047	オランダ €0.046
ポーランド €0.140	ポーランド €0.127	ポーランド €0.048	ポーランド €0.042
ポルトガル €0.172	ポルトガル €0.143	ポルトガル €0.068	ポルトガル €0.052
ルーマニア €0.130	ルーマニア €0.114	ルーマニア €0.036	ルーマニア €0.035
スロバキア €0.179	スロバキア €0.136	スロバキア €0.046	スロバキア €0.044
スロベニア €0.132	スロベニア €0.113	スロベニア €0.055	スロベニア €0.051
スペイン €0.147	スペイン €0.117	スペイン €0.063	スペイン €0.053

10

20

30

【0505】

結論

バイオマス発電は、木材廃棄物を使用して発電するディスパッチャブルな電力供給である。再生可能電力クレジットの任意の効率基準の開発は、既存の技術および利用可能な電力市場に照らして注意深く評価されなければならない。

40

【0506】

RECの50%を可能にする、提案された40%の最小効率限界は、地方市場で現在運転されている商業的バイオマス系発電所のいずれの効率よりも上回っている。提案された効率基準を実現する唯一の可能な方法は、大型の工業的蒸気ホストの設置によるが、その可能性は非常に低い。蒸気ホストを見出し、工業施設を建設して、蒸気を送達するようにバイオマス発電所を改良するというのは、合理的な提案ではない。現在の施設をこの手法で格上げし、それにより原稿のバイオマス再生可能フリークの市場から、当分、マサチューセッツの再生可能ポートフォリオの一部を取り除き得るというのは、期待できない。

50

【0507】

新しい施設については、提示された要件は、等しく非現実的である。100% RPSと認定された発電の提示された60%最低効率限界は、現行の商業化技術に基づくとは思われまい。60%効率の基準は、予備試験または研究スケールのシステムの発表された限界から外れる。先進のバイオマス発電技術は、RECを受けるための最小40%基準さえも適合しない。正味の効果は、提案された効率の要件がマサチューセッツの再生可能エネルギー源からバイオマスを排除することになる。

【0508】

60%効率の要件は、新しいコジェネレーションを開発することによってのみ実現され得る。温度負荷が増加すれば正味の効率要件に適合するため、電気出力は減少し、RECから利用される電力が減少する。奨励金の減少により、プロジェクトの経済性に悪影響が出るであろう。その上、工業地に隣接する大型バイオマス施設をの立地に関連する難題、および地方公共団体での燃料輸送の問題、および信頼できる蒸気ホストを見出す能力が低いことを考慮すれば、そのような機会がさらに続くことは、考えにくい。

10

【0509】

そのことにより、魅力のない財務収益を有するより小型のCHPの機会と、魅力がなくまたRPSの下で電気を発生しない火力専用の適用が残る。

【0510】

要約すると、バイオマス発電のための高効率基準を利用するのは、合理的でなく、経済的実行可能性が不足し、米国内のどこにも見出されない欧州型市場および助成金を仮定している。提案された効率要件の結果、バイオマスは即座に利用できるディスパッチャブルの再生可能エネルギー源からバイオマスを排除することになろう。

20

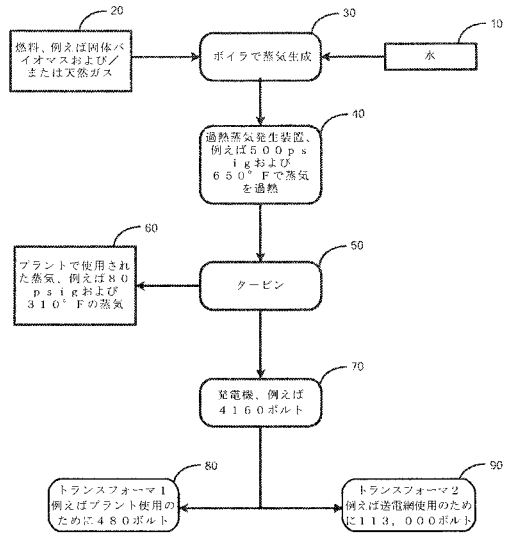
【0511】

【表 4 5】

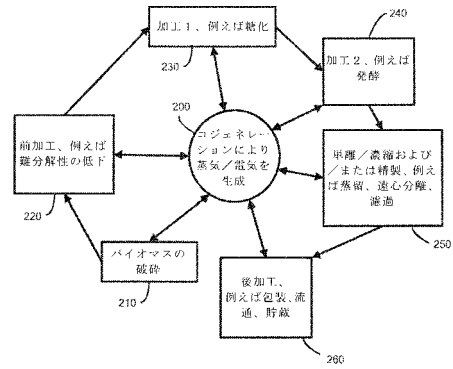
参考文献

-
- ¹ 225 CMR 14.00 RENEWABLE ENERGY PORTFOLIO STANDARD – CLASS I
- ² http://www.law.cornell.edu/uscode/html/uscode16/usc_sup_01_16_10_46.html
- ³ http://bioenergy.ornl.gov/papers/misc/energy_conv.html
- ⁴ The Biomass Energy Foundation Press, Nov 2002, 3rd edition, T. Reed, Fig III-4
- ⁵ <http://www.nexterra.ca/> 10
- ⁶ Private conversation with vendor representative as to the state of commercialization with respect to biomass gasification/internal combustion based generation equipment.
- ⁷ http://www.epa.gov/chp/documents/biomass_chp_catalog.pdf
- ⁸ <http://www.nh.gov/oep/programs/energy/documents/nhbio-oilopportunityanalysis.pdf>
- ⁹ <http://www.dynamotive.com/>
- ¹⁰ <http://www.mainebioproducts.com>
- ¹¹ <http://www.whispergen.com/> 20
- ¹² <http://www.turboden.eu/en/home/index.php>
- ¹³ <http://entropicenergy.com/>
- ¹⁴ <http://www.biomasscenter.org/pdfs/Wood-Chip-Heating-Guide.pdf>
- ¹⁵ <http://www.ferc.gov/industries/electric/gen-info/qual-fac/benefits.asp>
- ¹⁶ Form EIA-860, "Annual Electric Generator Report," - Generator (Existing) File, 2008 (<http://www.eia.doe.gov/cneaf/electricity/page/eia860.html>)
- ¹⁷ Private correspondence 30
- ¹⁸ G. Wiltsee, Lessons Learned from existing Biomass Power Plants, Appel Consultants, Inc. NREL Contract no. DE-AC36-99-GO10337
- ¹⁹ Stahl, et al, biomass IGCC at Varnamo, Sweden – Past and Future, GCEP Energy Workshop, April 2004. http://gcep.stanford.edu/pdfs/energy_workshops_04_04/biomass_stahl.pdf
- ²⁰ Sue Wyka, Biomass Project Financing Solutions in Today's Difficult Capital Markets, Biomass Magazine, June 2009
- ²¹ Europe's Energy Portal, <http://www.energy.eu/#Domestic>

【図 1】



【図 2】



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT PCT/US2014/021634 06.06.2014

PCT/US14/21634

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC(8) - C12P 7/08, 7/10; C08L 97/02 (2014.01) USPC - 435/166, 162; 162/50 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC(8): C12P 5/00, 7/08, 7/10, 19/00; C08L 97/02; C10L 1/02, 5/00, 5/40, 5/44 (2014.01) USPC: 435/166, 181, 162, 163, 72, 157, 155, 132, 41; 162/50 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) MicroPatent (US-G, US-A, EP-A, EP-B, WO, JP-bib, DE-C,B, DE-A, DE-T, DE-U, GB-A, FR-A); Proquest Dialog; IP.com; Google; Google Scholar; lignocellulosic, 'wood pulp,' biomass, saccharification, hydrolysis, combustion, burn, oxidize, boiler, 'steam generator,' turbine, alternator, generator, electric, irradiate, enzyme, hydrolase, cellulose, ferment, residue, 'post-distillate'		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2011/0027837 A1 (MEDOFF, M) February 3, 2011; paragraphs [0011]-[0014], [0028]-[0031], [0177], [0348]-[0362], [0378]-[0380]	1-3, 4/1-4/3, 5/4/1-5/4/3, 44, 45, 46/44, 46/45, 47/46/44, 47/46/45
A	US 2012/0208250 A1 (RETSINA, T et al.) August 16, 2012; entire document	1-3, 4/1-4/3, 5/4/1-5/4/3, 44, 45, 46/44, 46/45, 47/46/44, 47/46/45
A	US 2010/0287826 A1 (HOFFMAN, RB et al.) November 18, 2010; entire document	1-3, 4/1-4/3, 5/4/1-5/4/3, 44, 45, 46/44, 46/45, 47/46/44, 47/46/45
A	KIM, S et al. Global Potential Bioethanol Production From Wasted Crops And Crop Residues. Biomass and Bioenergy. April 2004, Vol. 26, No. 4; pages 361-375; entire document; DOI: 10.1016/j.biombioe.2003.08.002.	1-3, 4/1-4/3, 5/4/1-5/4/3, 44, 45, 46/44, 46/45, 47/46/44, 47/46/45
A	US 8017820 B2 (FOODY, B et al.) September 13, 2011; entire document	1-3, 4/1-4/3, 5/4/1-5/4/3, 44, 45, 46/44, 46/45, 47/46/44, 47/46/45
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 22 May 2014 (22.05.2014)		Date of mailing of the international search report 06 JUN 2014
Name and mailing address of the ISA/US Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. 571-273-3201		Authorized officer: Shane Thomas PCT Helpdesk: 571-272-4300 PCT OSP: 571-272-7774

INTERNATIONAL SEARCH REPORT **PCT/US2014/021634 06.06.2014**

International application No.

PCT/US14/21634

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☒ Claims Nos.: 6-43, 48-64
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I テーマコード (参考)
B 0 9 B 3/00 3 0 2 Z

(31)優先権主張番号 61/774,735
(32)優先日 平成25年3月8日(2013.3.8)
(33)優先権主張国 米国(US)
(31)優先権主張番号 61/774,740
(32)優先日 平成25年3月8日(2013.3.8)
(33)優先権主張国 米国(US)
(31)優先権主張番号 61/774,744
(32)優先日 平成25年3月8日(2013.3.8)
(33)優先権主張国 米国(US)
(31)優先権主張番号 61/774,746
(32)優先日 平成25年3月8日(2013.3.8)
(33)優先権主張国 米国(US)
(31)優先権主張番号 61/774,750
(32)優先日 平成25年3月8日(2013.3.8)
(33)優先権主張国 米国(US)
(31)優先権主張番号 61/774,752
(32)優先日 平成25年3月8日(2013.3.8)
(33)優先権主張国 米国(US)
(31)優先権主張番号 61/774,754
(32)優先日 平成25年3月8日(2013.3.8)
(33)優先権主張国 米国(US)
(31)優先権主張番号 61/774,775
(32)優先日 平成25年3月8日(2013.3.8)
(33)優先権主張国 米国(US)
(31)優先権主張番号 61/774,780
(32)優先日 平成25年3月8日(2013.3.8)
(33)優先権主張国 米国(US)
(31)優先権主張番号 61/774,761
(32)優先日 平成25年3月8日(2013.3.8)
(33)優先権主張国 米国(US)
(31)優先権主張番号 61/774,723
(32)優先日 平成25年3月8日(2013.3.8)
(33)優先権主張国 米国(US)
(31)優先権主張番号 61/793,336
(32)優先日 平成25年3月15日(2013.3.15)
(33)優先権主張国 米国(US)

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

(72)発明者 メドフ, マーシャル
アメリカ合衆国, マサチューセッツ州 02445, ブルックライン, 90 アディントン ロード

(72)発明者 マスターマン, トーマス, クレイグ
アメリカ合衆国, マサチューセッツ州 01966, ロックポート, 6 マーシャル ストリート

(72)発明者 ロディッティ, ソロモン, アイ.
アメリカ合衆国, マサチューセッツ州 01701, フレイミングハム, 18 オーガスト ドライブ

F ターム(参考) 4B064 AF02 CA01 DA16

4D004 AA01 AA12 AA16 AA31 BA03 BA10 CA03 CA04 CA13 CA22

CA27 CA34 CA42 CA43 CB09 CB11 CB31 DA03 DA09 DA10

DA20

4D059 AA03 BB01 BB13 BD00 BE38 BK08 BK11 BK25 CC03 CC10

EB01 EB20