(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2015-524856
(P2015-524856A)
(43)公表日　平成27年8月27日(2015.8.27)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
C08B 16/00	(2006.01)	C08B	16/00		4B064
C07H 1/08	(2006.01)	C07H	1/08		4C057
C07H 3/02	(2006.01)	C07H	3/02		4C090
C12P 19/14	(2006.01)	C12P	19/14	A	

審査請求 未請求　予備審査請求 未請求　（全 77 頁）

(21)出願番号　特願2015-518625 (P2015-518625)
(86)(22)出願日　平成25年6月21日 (2013.6.21)
(85)翻訳文提出日　平成27年2月17日 (2015.2.17)
(86)国際出願番号　PCT/US2013/047149
(87)国際公開番号　WO2013/192572
(87)国際公開日　平成25年12月27日 (2013.12.27)
(31)優先権主張番号　61/663,315
(32)優先日　平成24年6月22日 (2012.6.22)
(33)優先権主張国　米国 (US)
(31)優先権主張番号　61/788,051
(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)

(71)出願人　509256997
スガニット・システムズ・インコーポレーテッド
アメリカ合衆国バージニア州２０１９０，レストン，ハント・クラブ・ロード　１０９０３
(74)代理人　100140109
弁理士　小野　新次郎
(74)代理人　100075270
弁理士　小林　泰
(74)代理人　100101373
弁理士　竹内　茂雄
(74)代理人　100118902
弁理士　山本　修

最終頁に続く

(54)【発明の名称】バイオマス基剤の処理のための方法および装置

(57)【要約】
バイオマスの処理のためのシステムおよび方法であって、バイオマスをイオン液体（ＩＬ）と混合してバイオマスを膨潤させることと、前記バイオマスを電磁（ＥＭ）加熱する、好ましくは高周波（ＲＦ）加熱または赤外線（ＩＲ）加熱することとを含むシステムおよび方法。さらに、バイオマスの酸分解の方法であって、バイオマスをイオン液体（ＩＬ）中で混合してバイオマスを膨潤させることと、酸を添加して、バイオマスのｐＨをｐＨ７未満に下げることと、バイオマスに高周波（ＲＦ）加熱または赤外線（ＩＲ）加熱を適用して、標的温度範囲に加熱することと、バイオマスに、超音波加熱、電磁（ＥＭ）加熱、対流加熱、伝導加熱、またはそれらの組み合わせを適用して、バイオマスを標的温度範囲に維持することと、処理されたバイオマスを洗浄することと、糖および放出リグニンを回収することとを含む方法。
【選択図】図１Ａ

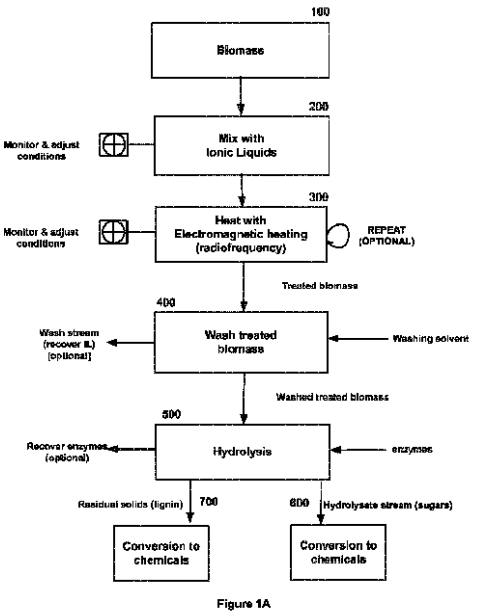


Figure 1A

【特許請求の範囲】
【請求項１】
バイオマスの処理のための方法であって、バイオマスをイオン液体（ＩＬ）と混合して前記バイオマスを膨潤させることと、前記膨潤したバイオマスを電磁（ＥＭ）加熱する、好ましくは高周波（ＲＦ）加熱または赤外線（ＩＲ）加熱することとを含む方法。
【請求項２】
前記バイオマスは、農業残渣、好ましくはトウモロコシ茎葉、麦わら、バガス、もみ殻、もしくは稲わら；木材および森林残渣、好ましくはマツ、ポプラ、ダグラスファー、オーク、おがくず、紙／パルプ廃棄物、もしくは木質繊維；藻類；葛；石炭；セルロース、リグニン、草本エネルギー作物、好ましくはスイッチグラス、クサヨシ、もしくはススキ；好ましくはリグニン、セルロース、およびヘミセルロースを含むリグノセルロース系バイオマス；植物バイオマス；またはそれらの混合物である、請求項１に記載の方法。
【請求項３】
加熱は、電磁（ＥＭ）加熱、好ましくは電磁スペクトル内の可変周波数、可変周波数加熱、赤外線（ＩＲ）加熱、可変（ＩＲ）加熱、高周波（ＲＦ）加熱、またはそれらの組合せの適用を含む第１の段階、および超音波、電磁（ＥＭ）、対流、伝導加熱、またはそれらの組み合わせの適用を含む第２の段階の、少なくとも２つの段階を含む、請求項１に記載の方法。
【請求項４】
超音波、電磁（ＥＭ）、好ましくは高周波もしくは赤外線加熱、対流加熱、伝導加熱、またはそれらの組み合わせの前記適用は、少なくとも約３～３０分、５～３０分、または３～４時間行われる、請求項３に記載の方法。
【請求項５】
前記電磁エネルギーは、１００～１０００Ｗ、１ＫＷ～１０ＫＷ、または５ＫＷ～１ＭＷの出力で適用される、請求項１に記載の方法。
【請求項６】
前記高周波は、約１～９００ＭＨｚ、３００ｋＨｚ～３ＭＨｚ、３～３０ＭＨｚ、３０～３００ＭＨｚの間、１３、１３．５６、２７、２７．１２、４０、または４０．６８ＭＨｚの周波数を含む、請求項１に記載の方法。
【請求項７】
前記高周波加熱は、約０．００１メートルから２．０メートルの厚さまで前記バイオマスに浸透する、請求項１に記載の方法。
【請求項８】
前記赤外線加熱は、約０．００１メートルから２．０メートルの厚さまで前記バイオマスに浸透する、請求項１に記載の方法。
【請求項９】
前記バイオマスは、少なくとも約１～３００℃、５０℃～１００℃、６０℃～１３０℃、８０℃～１７５℃、１００℃～２４０℃、９０℃、１００℃、１０５℃、１１０℃、１１５℃、１２０℃、１２５℃、１３０℃、１３５℃、１４０℃、１４５℃、または１５０℃の温度まで加熱される、請求項１～８のいずれか一項に記載の方法。
【請求項１０】
前記バイオマスは、少なくとも約１分から１００時間、少なくとも５～１０秒、１～３０分、５～３０分、または２０～２４０分、１～６０分、１～２４時間、５～１０分、５～３０分、１０～５０分、５分から３時間、１～３時間、２～４時間、３～６時間、または４～８時間高周波で処理される、請求項１に記載の方法。
【請求項１１】
前記バイオマスは、少なくとも約１分から１００時間、少なくとも５～１０秒、１～３０分、５～３０分、または２０～２４０分、１～６０分、１～２４時間、５～１０分、５～３０分、１０～５０分、５分から３時間、１～３時間、２～４時間、３～６時間、または４～８時間赤外線加熱で処理される、請求項１に記載の方法。

【請求項１２】
前記バイオマスは、少なくとも約１分から１００時間、少なくとも５～１０秒、１～３０分、５～３０分、または２０～２４０分、１～６０分、１～２４時間、５～１０分、５～３０分、１０～５０分、５分から３時間、１～３時間、２～４時間、３～６時間、または４～８時間赤外線加熱で処理される、請求項１に記載の方法。
【請求項１３】
処理されたバイオマスを洗浄することをさらに含む、請求項１～１２のいずれか一項に記載の方法。
【請求項１４】
前記洗浄することは、前記バイオマスを、水および前記イオン液体（ＩＬ）と混和性であるセルロースに対する液体非溶媒で洗浄することを含む、請求項１３に記載の方法。
【請求項１５】
洗浄に使用される前記液体非溶媒は、水、アルコール、アセトニトリル、または、前記ＩＬを溶解し、それにより前記バイオマスから前記ＩＬを抽出する溶媒である、請求項１４に記載の方法。
【請求項１６】
前記アルコールは、エタノール、メタノール、ブタノール、プロパノール、またはそれらの混合物である、請求項１５に記載の方法。
【請求項１７】
前記イオン液体は、活性炭処理、蒸留、膜分離、電気化学的分離技術、固相（ｓｏｌｄ－ｐｈａｓｅ）抽出液－液抽出、またはそれらの組み合わせの１つ以上から選択される方法により、前記液体非溶媒から回収される、請求項１５に記載の方法。
【請求項１８】
前記イオン液体は、前記イオン液体を脱水する電磁加熱、好ましくは高周波加熱または赤外線加熱の適用により、前記液体非溶媒から回収される、請求項１５に記載の方法。
【請求項１９】
前記回収されたＩＬを、より多くのバイオマスを処理するために再利用することをさらに含み、好ましくは前記ＩＬの少なくとも９０、９１、９２、９３、９４、９５、９６、９７、９８、または９９％が回収される、請求項１～１８のいずれか一項に記載の方法。
【請求項２０】
前記イオン液体は、約１、２、３、４、５、６、７、８、９、１０、１１、１２、１３、１４、１５、１６、１７、１８、１９、２０、２１、２２、２３、２４、または２５％を超えない含水量を有する、請求項１に記載の方法。
【請求項２１】
前記バイオマスを膨潤させるのに十分な量のイオン液体（ＩＬ）中で十分な時間、前記バイオマスをインキュベートすることを含む、請求項１～２０のいずれか一項に記載の方法。
【請求項２２】
前記バイオマスは、撹拌を伴うさらなる加熱、超音波加熱、電磁（ＥＭ）加熱、好ましくは高周波加熱もしくは赤外線加熱、対流加熱、伝導加熱、マイクロ波照射、またはそれらの組み合わせに、好ましくは加熱中の断続的な撹拌と共に供される、請求項１～２１のいずれか一項に記載の方法。
【請求項２３】
前記イオン液体は、約１０℃から１６０℃の範囲の温度で溶融し、カチオンまたはアニオンを含む、請求項１～２２のいずれか一項に記載の方法。
【請求項２４】
前記イオン液体は、アンモニウム、スルホニウム、ホスホニウム、リチウム、イミダゾリウム、ピリジニウム、ピコリニウム、ピロリジニウム、チアゾリウム、トリアゾリウム、オキサゾリウム、またはそれらの組み合わせを含むカチオン構造を含む、請求項１に記載の方法。

【請求項２５】
前記イオン液体は、イミダゾリウム、ピロリジニウム、ピリジニウム、ホスホニウム、アンモニウム、またはそれらの組み合わせから選択されるカチオンを含む、請求項２４に記載の方法。
【請求項２６】
前記イオン液体（ＩＬ）は、１－ｎ－ブチル－３－メチルイミダゾリウムクロリド、１－アリル－３－メチルイミダゾリウムクロリド、３－メチル－Ｎ－ブチルピリジニウムクロリド、１－エチル－３－メチルイミダゾリウムアセテート、１－エチル－３－メチルイミダゾリウムプロピオネート、またはそれらの組み合わせである、請求項１に記載の方法。
【請求項２７】
連続プロセスである、請求項１～２６のいずれか一項に記載の方法。
【請求項２８】
バッチプロセスである、請求項１～２６のいずれか一項に記載の方法。
【請求項２９】
高周波（ＲＦ）加熱を受けている前記バイオマスの状態は、センサ、好ましくは液体流量センサ、熱電対センサ、温度センサ、塩分センサ、またはそれらの組み合わせを用いて監視される、請求項１～２６のいずれか一項に記載の方法。
【請求項３０】
赤外線（ＩＲ）加熱を受けている前記バイオマスの状態は、センサ、好ましくは液体流量センサ、熱電対センサ、温度センサ、塩分センサ、またはそれらの組み合わせを用いて監視される、請求項１～２６のいずれか一項に記載の方法。
【請求項３１】
イオン液体の量、インキュベーションの時間、または前記バイオマスの温度を調節することを含む、請求項１～３０のいずれか一項に記載の方法。
【請求項３２】
前記バイオマスは、前記イオン液体に溶解しない、請求項１～３１のいずれか一項に記載の方法。
【請求項３３】
前記バイオマスは、前記イオン液体に溶解する、請求項１～３１のいずれか一項に記載の方法。
【請求項３４】
前記溶解したバイオマス、好ましくはセルロースまたはヘミセルロースは、貧溶媒の使用により再生される、請求項３３に記載の方法。
【請求項３５】
前記貧溶媒は、水、メタノール、エタノール、アセテート、またはそれらの混合物である、請求項３４に記載の方法。
【請求項３６】
前記処理されたバイオマスを、生化学試薬、好ましくは酵素で処理して、セルロースおよびヘミセルロースを糖、好ましくは六炭糖および五炭糖に変換することをさらに含む、請求項１～３５のいずれか一項に記載の方法。
【請求項３７】
前記セルロースおよびヘミセルロースを変換するために使用される前記生化学試薬は、酵素、任意選択でヘミセルラーゼ、セルラーゼ、エンドグルカナーゼ、エキソグルカナーゼ、および１－β－グルコシダーゼの酵素混合物である、請求項３６に記載の方法。
【請求項３８】
前記セルラーゼは、セロビオヒドロラーゼ、エンドセルラーゼ、エキソセルラーゼ、セロビアーゼ、エンド－ベーター１，４－グルカナーゼ、ベーター１，４－グルカナーゼ、またはそれらの混合物である、請求項３６に記載の方法。
【請求項３９】

前記ヘミセルラーゼは、ラミナリナーゼ、リケナーゼ、キシラナーゼ、またはそれらの混合物である、請求項３６に記載の方法。
【請求項４０】
前記酵素混合物は、キシラナーゼ、アラビナーゼ、またはそれらの混合物をさらに含む、請求項３６に記載の方法。
【請求項４１】
前記生化学試薬は、好熱性酵素、好ましくは約７０℃まで活性である酵素である、請求項３６に記載の方法。
【請求項４２】
前記バイオマスは、少なくとも約５０～１００℃、４０℃、５５℃、または７０℃に加熱される、請求項３６に記載の方法。
【請求項４３】
前記糖は、再生可能燃料、化学物質および材料、好ましくはエタノール、ブタノール、乳酸、ガソリン、バイオディーゼル、メタン、水素、電気、プラスチック、複合材、タンパク質、薬物、肥料またはそれらの他の成分に変換される、請求項３６に記載の方法。
【請求項４４】
前記化学物質は、コハク酸、グリセロール、３－ヒドロプロピオン酸、２，５－ジメチルフラン（ＤＭＦ）、５－ヒドロキシメチルフルフラール（ＨＭＦ）、フルフラール、２，５－フランジカルボン酸、イタコン酸、レブリン酸、アルデヒド、アルコール、アミン、テレフタル酸、ヘキサメチレンジアミン、イソプレン、ポリヒドロキシアルカノエート、１，３－プロパンジオール、またはそれらの混合物である、請求項４３に記載の方法。
【請求項４５】
酵素を回収することをさらに含む、請求項１～４４のいずれか一項に記載の方法。
【請求項４６】
前記処理は、リグニンを含む固体残渣を生成する、請求項１～４４のいずれか一項に記載の方法。
【請求項４７】
前記リグニンは、燃料、化学物質、ポリマー、またはそれらの混合物に変換される、請求項４６に記載の方法。
【請求項４８】
前記処理されたバイオマスを、化学試薬で処理して、セルロースおよびヘミセルロースを糖、好ましくは六炭糖および五炭糖に変換することをさらに含む、請求項１～４７のいずれか一項に記載の方法。
【請求項４９】
前記糖は、化学物質、好ましくはコハク酸、グリセロール、３－ヒドロプロピオン酸、２，５－ジメチルフラン（ＤＭＦ）、５－ヒドロキシメチルフルフラール（ＨＭＦ）、フルフラール、２，５－フランジカルボン酸、イタコン酸、レブリン酸、アルデヒド、アルコール、アミン、テレフタル酸、ヘキサメチレンジアミン、イソプレン、ポリヒドロキシアルカノエート、１，３－プロパンジオール、またはそれらの混合物に変換される、請求項４８に記載の方法。
【請求項５０】
リグノセルロース系バイオマスの構造の分断のための方法であって、バイオマスをイオン液体（ＩＬ）中インキュベートして、前記バイオマスを膨潤させることと、高周波（ＲＦ）加熱および超音波、電磁（ＥＭ）、対流、伝導加熱、またはそれらの組み合わせを適用することとを含む方法。
【請求項５１】
バイオマスの炭水化物から糖への変換のための方法であって、
（ａ）バイオマスをイオン液体（ＩＬ）中で混合して、前記バイオマスを膨潤させることと、
（ｂ）前記バイオマスに高周波（ＲＦ）加熱を適用して、標的温度範囲、好ましく

は５０～２２０℃に加熱することと、
（ｃ）前記バイオマスに、超音波、電磁（ＥＭ）、対流、伝導加熱、またはそれらの組み合わせを適用して、前記バイオマスを前記標的温度範囲に維持することと、
（ｄ）処理されたバイオマスを洗浄することと、
（ｅ）前記処理されたバイオマスを加水分解して、糖、好ましくは五炭糖および六炭糖を生成し、タンパク質およびリグニンを放出することとを含む方法。
【請求項５２】
セルロースから糖への変換のための方法であって、
（ａ）バイオマスをイオン液体（ＩＬ）中で混合して、前記バイオマスを膨潤させることと、
（ｂ）前記バイオマスに高周波（ＲＦ）加熱を適用して、標的温度範囲、好ましくは５０～２２０℃に加熱することと、
（ｃ）前記バイオマスに、超音波、電磁（ＥＭ）、対流、伝導加熱、またはそれらの組み合わせを適用して、前記バイオマスを前記標的温度範囲に維持することと、
（ｄ）貧溶媒との混合により、非晶質セルロースおよび／または結晶化度の低いセルロースを沈殿させることと、
（ｅ）セルロースから糖への加水分解を促進する条件下で、セルロース沈殿物にセルラーゼを添加することとを含む方法。
【請求項５３】
バイオマスの処理のための方法であって、
（ａ）好ましくはイオン液体（ＩＬ）中にバイオマスを溶解させることなく、前記バイオマスを膨潤させるのに十分な量の前記ＩＬ中で十分な時間および温度で、前記バイオマスをインキュベートすることと、
（ｂ）前記バイオマスに高周波（ＲＦ）加熱を適用して、標的温度範囲、好ましくは５０～２２０℃に加熱することと、
（ｃ）前記バイオマスに超音波加熱を適用して、前記バイオマスを前記標的温度範囲に維持することと、
（ｄ）処理されたバイオマスを、水および前記ＩＬと混和性であるセルロースに対する液体非溶媒で洗浄することと、
（ｅ）前記洗浄された処理されたバイオマスを、セルロースおよびヘミセルロースを加水分解することができる酵素を含む緩衝水溶液に接触させ、糖、好ましくは六炭糖および五炭糖を生成するステップとを含む方法。
【請求項５４】
リグノセルロース系バイオマスの構造の分断のための方法であって、バイオマスをイオン液体（ＩＬ）中でインキュベートして、前記バイオマスを膨潤させることと、赤外線（ＩＲ）加熱および超音波、電磁（ＥＭ）、対流、伝導加熱、またはそれらの組み合わせを適用することとを含む方法。
【請求項５５】
バイオマスの炭水化物から糖への変換のための方法であって、
（ａ）バイオマスをイオン液体（ＩＬ）中で混合して、前記バイオマスを膨潤させることと、
（ｂ）前記バイオマスに高周波赤外線（ＩＲ）加熱を適用して、標的温度範囲、好ましくは５０～２２０℃に加熱することと、
（ｃ）前記バイオマスに、超音波、電磁（ＥＭ）、対流、伝導加熱、またはそれらの組み合わせを適用して、前記バイオマスを前記標的温度範囲に維持することと、
（ｄ）処理されたバイオマスを洗浄することと、
（ｅ）前記処理されたバイオマスを加水分解して、糖、好ましくは五炭糖および六炭糖を生成し、タンパク質およびリグニンを放出することとを含む方法。
【請求項５６】
セルロースから糖への変換のための方法であって、

（ａ）バイオマスをイオン液体（ＩＬ）中で混合して、前記バイオマスを膨潤させることと、
（ｂ）前記バイオマスに赤外線（ＩＲ）加熱を適用して、標的温度範囲、好ましくは５０～２２０℃に加熱することと、
（ｃ）前記バイオマスに、超音波、電磁（ＥＭ）、対流、伝導加熱、またはそれらの組み合わせを適用して、前記バイオマスを前記標的温度範囲に維持することと、
（ｄ）貧溶媒との混合により、非晶質セルロースおよび／または結晶化度の低いセルロースを沈殿させることと、
（ｅ）セルロースから糖への加水分解を促進する条件下で、セルロース沈殿物にセルラーゼを添加することとを含む方法。

【請求項５７】
バイオマスの処理のための方法であって、
（ａ）好ましくはイオン液体（ＩＬ）中にバイオマスを溶解させることなく、前記バイオマスを膨潤させるのに十分な量の前記ＩＬ中で、前記バイオマスを十分な時間および温度でインキュベートすることと、
（ｂ）前記バイオマスに赤外線（ＩＲ）加熱を適用して、標的温度範囲、好ましくは５０～２２０℃に加熱することと、
（ｃ）前記バイオマスに超音波加熱を適用して、前記バイオマスを前記標的温度範囲に維持することと、
（ｄ）処理されたバイオマスを、水および前記ＩＬと混和性であるセルロースに対する液体非溶媒で洗浄することと、
（ｅ）前記洗浄された処理されたバイオマスを、セルロースおよびヘミセルロースを加水分解することができる酵素を含む緩衝水溶液に接触させ、糖、好ましくは六炭糖および五炭糖を生成するステップとを含む方法。

【請求項５８】
洗浄に使用される前記液体非溶媒は、水、アルコール、アセトニトリル、または、ＩＬを溶解し、それにより前記バイオマスからＩＬを抽出する溶媒である、請求項５０～５７のいずれか一項に記載の方法。

【請求項５９】
前記アルコールは、エタノール、メタノール、ブタノール、プロパノール、またはそれらの混合物である、請求項５８に記載の方法。

【請求項６０】
活性炭処理、蒸留、膜分離、電気化学的分離技術、固相抽出、液－液抽出、またはそれらの組み合わせから選択される方法により、前記ＩＬを前記液体非溶媒から回収することをさらに含む、請求項５０～５７のいずれか一項に記載の方法。

【請求項６１】
前記処理は、タンパク質およびリグニンを含む固体残渣を生成する、請求項５０～５７のいずれか一項に記載の方法。

【請求項６２】
前記リグニンは、燃料、化学物質、ポリマー、またはそれらの混合物に変換される、請求項６１に記載の方法。

【請求項６３】
前記洗浄液が回収され、イオン液体を脱水するためにＲＦ加熱で処理される、請求項５０～５７のいずれか一項に記載の方法。

【請求項６４】
前記洗浄液が回収され、イオン液体を脱水するために赤外線（ＩＲ）加熱で処理される、請求項５０～５７のいずれか一項に記載の方法。

【請求項６５】
バイオマスの酸分解の方法であって、
（ａ）バイオマスをイオン液体（ＩＬ）中で混合して、前記バイオマスを膨潤させ

ることと、
（ｂ）酸、好ましくは硫酸、塩酸、硝酸、またはリン酸を添加し、好ましくは前記バイオマスのｐＨをｐＨ７未満に、好ましくは１～６の間のｐＨに下げることと、
（ｃ）前記バイオマスに高周波（ＲＦ）加熱を適用して、標的温度範囲、好ましくは５０～２２０℃に加熱することと、
（ｄ）前記バイオマスに、超音波加熱、電磁（ＥＭ）加熱、対流加熱、伝導加熱、またはそれらの組み合わせを適用して、前記バイオマスを前記標的温度範囲に維持することと、
（ｅ）好ましくは、処理されたバイオマスを洗浄することと、
（ｆ）糖、好ましくは五炭糖および六炭糖、ならびに放出リグニンを回収することとを含む方法。
【請求項６６】
バイオマスの酸分解の方法であって、
（ａ）バイオマスをイオン液体（ＩＬ）中で混合して、前記バイオマスを膨潤させることと、
（ｂ）酸、好ましくは硫酸、塩酸、硝酸、またはリン酸を添加し、好ましくは前記バイオマスのｐＨをｐＨ７未満に、好ましくは１～６の間のｐＨに下げることと、
（ｃ）前記バイオマスに赤外線（ＩＲ）加熱を適用して、標的温度範囲、好ましくは５０～２２０℃に加熱することと、
（ｄ）前記バイオマスに、超音波加熱、電磁（ＥＭ）加熱、対流加熱、伝導加熱、またはそれらの組み合わせを適用して、前記バイオマスを前記標的温度範囲に維持することと、
（ｅ）好ましくは、処理されたバイオマスを洗浄することと、
（ｆ）糖、好ましくは五炭糖および六炭糖、ならびに放出リグニンを回収することとを含む方法。
【請求項６７】
前記バイオマスのｐＨを中性化するための、塩基、好ましくはＮａＯＨまたはＫＯＨの添加をさらに含む、請求項６５または６６に記載の方法。
【請求項６８】
前記バイオマスは、農業残渣、好ましくはトウモロコシ茎葉、麦わら、バガス、もみ殻、もしくは稲わら；木材および森林残渣、好ましくはマツ、ポプラ、ダグラスファー、オーク、おがくず、紙／パルプ廃棄物、もしくは木質繊維；藻類；石炭；セルロース、リグニン、草本エネルギー作物、好ましくはスイッチグラス、クサヨシ、もしくはススキ；好ましくはリグニン、セルロース、およびヘミセルロースを含むリグノセルロースバイオマス；植物バイオマス；またはそれらの混合物である、請求項６５または６６に記載の方法。
【請求項６９】
前記ｐＨは、約１、２、３、３．５、４、４．５、５、５．５、５．８、６、６．５、または６．８、１～３、２～４、３～５、２～６、３．５～４．５、または４～６である、請求項６５または６６に記載の方法。
【請求項７０】
前記温度は、約１２０℃、１３０℃、１４０℃、１５０℃、１２０℃～１５０℃、１３０℃～１４０℃、または１００℃～１５０℃である、請求項６５または６６に記載の方法。
【請求項７１】
加熱は、高周波加熱、電磁加熱、電磁スペクトル内の可変周波数の使用による加熱、可変周波数加熱、またはそれらの組み合わせの適用を含む第１の段階、および超音波、電磁（ＥＭ）、対流、伝導加熱、またはそれらの組み合わせの適用を含む第２の段階の、少なくとも２つの段階を含む、請求項５４～７０のいずれか一項に記載の方法。
【請求項７２】

高周波の前記適用は、少なくとも約５～１０秒、１～３０分、または２０～２４０分行われる、請求項７１に記載の方法。
【請求項７３】
赤外線（ＩＲ）加熱の前記適用は、少なくとも約５～１０秒、１５分、５～４５分、または２０～２４０分行われる、請求項７１に記載の方法。
【請求項７４】
超音波、電磁（ＥＭ）、好ましくは高周波もしくは赤外線加熱、対流加熱、伝導加熱、またはそれらの組み合わせの前記適用は、少なくとも３～３０分または３～４時間行われる、請求項７１に記載の方法。
【請求項７５】
前記電磁エネルギーは、１００～１０００Ｗ、１ＫＷ～１０ＫＷ、または５ＫＷ～１ＭＷの出力で適用される、請求項５４～７４のいずれか一項に記載の方法。
【請求項７６】
前記高周波は、約１～９００ＭＨｚ、３００ｋＨｚ～３ＭＨｚ、３～３０ＭＨｚ、３０～３００ＭＨｚの間、１３、１３．５６、２７、２７．１２、４０、または４０．６８ＭＨｚの周波数を含む、請求項５４～７４のいずれか一項に記載の方法。
【請求項７７】
前記ＲＦは、約０．００１メートルから２．０メートルの厚さまで前記バイオマスに浸透する、請求項５４～７４のいずれか一項に記載の方法。
【請求項７８】
前記赤外線は、約０．００１メートルから２．０メートルの厚さまで前記バイオマスに浸透する、請求項５４～７４のいずれか一項に記載の方法。
【請求項７９】
前記バイオマスは、少なくとも約１～３００℃、５０℃～１００℃、６０℃～１３０℃、８０℃～１７５℃、または１００℃～２４０℃の温度に加熱される、請求項５４～７４のいずれか一項に記載の方法。
【請求項８０】
前記バイオマスは、少なくとも約１分から１００時間、１～６０分、１～２４時間、５～１０分、１０～５０分、５～３０分、５分から３時間、１～３時間、２～４時間、３～６時間、または４～８時間ＲＦで処理される、請求項５４～７４のいずれか一項に記載の方法。
【請求項８１】
前記バイオマスは、少なくとも約１分から１００時間、１～６０分、１～２４時間、５～１０分、１０～５０分、５～３０分、５分から３時間、１～３時間、２～４時間、３～６時間、または４～８時間赤外線加熱で処理される、請求項５４～７４のいずれか一項に記載の方法。
【請求項８２】
処理されたバイオマスを洗浄することをさらに含む、請求項５４～８１のいずれか一項に記載の方法。
【請求項８３】
前記洗浄することは、前記バイオマスを、水および前記ＩＬと混和性であるセルロースに対する液体非溶媒で洗浄することを含む、請求項８２に記載の方法。
【請求項８４】
洗浄に使用される前記液体非溶媒は、水、アルコール、アセトニトリル、または、前記ＩＬを溶解し、それにより前記バイオマスから前記ＩＬを抽出する溶媒である、請求項８３に記載の方法。
【請求項８５】
前記アルコールは、エタノール、メタノール、ブタノール、プロパノール、またはそれらの混合物である、請求項８４に記載の方法。
【請求項８６】

前記イオン液体は、活性炭処理、蒸留、膜分離、電気化学的分離技術、固相（ｓｏｌｄ－ｐｈａｓｅ）抽出液－液抽出、またはそれらの組み合わせの１つ以上から選択される方法により、前記液体非溶媒から回収される、請求項８４に記載の方法。

【請求項８７】

前記イオン液体は、前記イオン液体を脱水する電磁加熱、好ましくは高周波エネルギーの適用により、前記液体非溶媒から回収される、請求項８４に記載の方法。

【請求項８８】

前記回収されたＩＬを、より多くのバイオマスを処理するために再利用するさらなるステップを含み、好ましくは前記ＩＬの少なくとも９０、９１、９２、９３、９４、９５、９６、９７、９８、または９９％が回収される、請求項５４～８７のいずれか一項に記載の方法。

【請求項８９】

前記イオン液体は、約１、２、３，４、５、６、７、８、９、１０、１１、１２、１３、１４、１５、１６、１７、１８、１９、２０、２１、２２、２３、２４、または２５％を超えない含水量を有する、請求項８８に記載の方法。

【請求項９０】

前記バイオマスを膨潤させるのに十分な量のイオン液体（ＩＬ）中で十分な時間、前記バイオマスをインキュベートすることを含む、請求項８８に記載の方法。

【請求項９１】

前記バイオマスは、前記イオン液体に溶解しない、請求項５４～９０のいずれか一項に記載の方法。

【請求項９２】

溶解したセルロースは、貧溶媒の使用により再生される、請求項５４～９０のいずれか一項に記載の方法。

【請求項９３】

前記バイオマスは、撹拌を伴うさらなる加熱、超音波加熱、電磁（ＥＭ）加熱、好ましくは高周波もしくは赤外線加熱、対流加熱、伝導加熱、マイクロ波照射、またはそれらの組み合わせに、好ましくは加熱中の断続的な撹拌と共に供される、請求項５４～９０のいずれか一項に記載の方法。

【請求項９４】

前記イオン液体は、約１０℃から１６０℃の範囲の温度で溶融し、カチオンまたはアニオンを含む、請求項５４～９０のいずれか一項に記載の方法。

【請求項９５】

前記イオン液体は、アンモニウム、スルホニウム、ホスホニウム、リチウム、イミダゾリウム、ピリジニウム、ピコリニウム、ピロリジニウム、チアゾリウム、トリアゾリウム、オキサゾリウム、またはそれらの組み合わせを含むカチオン構造を含む、請求項５４～９０のいずれか一項に記載の方法。

【請求項９６】

前記イオン液体は、イミダゾリウム、ピロリジニウム、ピリジニウム、ホスホニウム、アンモニウム、またはそれらの組み合わせから選択されるカチオンを含む、請求項９５に記載の方法。

【請求項９７】

前記イオン液体（ＩＬ）は、１－ｎ－ブチル－３－メチルイミダゾリウムクロリド、１－アリル－３－メチルイミダゾリウムクロリド、３－メチル－Ｎ－ブチルピリジニウムクロリド、１－エチル－３－メチルイミダゾリウムアセテート、１－エチル－３－メチルイミダゾリウムプロピオネート、またはそれらの組み合わせである、請求項５４～９０のいずれか一項に記載の方法。

【請求項９８】

連続プロセスである、請求項５４～９７のいずれか一項に記載の方法。

【請求項９９】

バッチプロセスである、請求項５４～９７のいずれか一項に記載の方法。
【請求項１００】
ＲＦ処理を受けている前記バイオマスの状態は、センサ、好ましくは液体流量センサ、熱電対センサ、温度センサ、塩分センサ、またはそれらの組み合わせを用いて監視される、請求項５４～９９のいずれか一項に記載の方法。
【請求項１０１】
赤外線加熱処理を受けている前記バイオマスの状態は、センサ、好ましくは液体流量センサ、熱電対センサ、温度センサ、塩分センサ、またはそれらの組み合わせを用いて監視される、請求項５４～９９のいずれか一項に記載の方法。
【請求項１０２】
イオン液体の量、インキュベーションの時間、前記バイオマスのｐＨ、および前記バイオマスの温度を調節することを含む、請求項５４～９９のいずれか一項に記載の方法。
【請求項１０３】
前記赤外線放射は、約４３０ＴＨｚから３００ＧＨｚの周波数範囲で行われる、請求項１～１０２のいずれか一項に記載の方法。
【請求項１０４】
前記赤外線放射は、約０．７５～１．４μｍの近赤外（近ＩＲ）波長、約３～８μｍの中赤外（中ＩＲ）波長、または約１５～１，０００μｍの遠赤外（遠ＩＲ）波長である、請求項１～１０２のいずれか一項に記載の方法。
【請求項１０５】
バイオマスを処理するためのシステムであって、
少なくとも１つの電磁（ＥＭ）炉と、
少なくとも１つのコンベヤベルトを備える移動プラットフォームであって、前記移動プラットフォームの第１の端部のコンベヤベルト上でバイオマスを受容して、電磁（ＥＭ）炉を通して前記バイオマスを移動させ、それによりイオン液体と組み合わせて高周波処理により前記バイオマスを処理するように構成され、好ましくは、フィードバックシステムに連結されたセンサネットワークを備える、移動プラットフォームとを備えるシステム。
【請求項１０６】
バイオマスを処理するためのシステムであって、
前記バイオマスが洗浄される洗浄ゾーンに連結された、前記バイオマスが電磁（ＥＭ）、好ましくは高周波処理に供される、可変上部電極および固定下部電極を備える電磁（ＥＭ）、好ましくは高周波処理ゾーンに連結された、前記バイオマスがイオン液体と混合される混合ゾーンを備え、好ましくは、フィードバックシステムに連結されたセンサネットワークを備えるシステム。
【請求項１０７】
バイオマスを処理するためのシステムであって、時間、温度、圧力、およびリアクタ容器の内部の含水量を制御するためのフィードバック手段に連結されたセンサネットワークに連結された前記リアクタ容器を備えるシステム。
【請求項１０８】
イオン液体および水を含む液体混合物を脱水するためのシステムであって、
少なくとも１つの平面であって、赤外放射線を照射するように構成される少なくとも１つの平面と、
前記平面に隣接する少なくとも１つの放射線源と、
前記表面に隣接する少なくとも２つのパネルストリップであって、前記液体混合物のための少なくとも１つのチャネルを形成するように平行に配設されるパネルストリップと、
前記少なくとも１つのチャネルの少なくとも１つに適合するように配設される、少なくとも１つの可変電極であって、１つ以上の薄い金属ストリップシートを備える可変電極とを備えるシステム。

【請求項１０９】
前記電極金属ストリップは、前記少なくとも１つのチャネル内を流動する前記液体混合物を分離する多孔質膜層を備える、請求項１０８に記載のシステム。
【請求項１１０】
水平構成である、請求項１０８に記載のシステム。
【請求項１１１】
垂直構成である、請求項１０８に記載のシステム。
【請求項１１２】
前記少なくとも１つの放射線源は、リフレクタおよびトランスミッタの１つを備える、請求項１０８に記載のシステム。
【請求項１１３】
少なくとも１つのチャネルに隣接した少なくとも１つの真空源であって、前記液体混合物から水蒸気を除去するように構成される真空源をさらに備える、請求項１０８に記載のシステム。
【請求項１１４】
前記システムは、大気下、真空下、または不活性条件下で操作される、請求項１０８に記載のシステム。
【請求項１１５】
イオン液体および水を含む液体混合物を脱水するためのシステムであって、
１つ以上のプレートを備える平面と、
出口を有するデバイスであって、前記出口は前記平面を通して突出し、前記デバイスは、前記液体混合物を前記平面から離れる方向に噴霧するように構成され、前記デバイスは、前記液体混合物を前記出口から少なくとも第一の距離に噴霧するように構成される、デバイスと、
前記平面に隣接する少なくとも１つの放射線源であって、前記液体混合物が前記出口から噴霧される際に、前記液体混合物に向けて放射線を放出するように構成される放射線源とを備えるシステム。
【請求項１１６】
前記少なくとも１つの放射線源に隣接する少なくとも１つの真空源であって、前記出口からの第２の距離である領域内にガスを循環させるように構成される真空源をさらに備え、前記第２の距離は、前記第１の距離以上である、請求項１１５に記載のシステム。
【請求項１１７】
前記ガスは、不活性ガスである、請求項１１６に記載のシステム。
【請求項１１８】
前記ガスは、空気である、請求項１１６に記載のシステム。
【請求項１１９】
前記放射線は、赤外放射線である、請求項１１５に記載のシステム。
【請求項１２０】
前記１つ以上のプレートは、赤外放射線吸収材料を含んでもよい、請求項１１９に記載のシステム。
【請求項１２１】
前記平面は、円形である、請求項１１５に記載のシステム。
【請求項１２２】
前記出口は、前記平面の中心を通って突出する、請求項１２１に記載のシステム。
【請求項１２３】
前記平面は、凹状である、請求項１２２に記載のシステム。
【請求項１２４】
前記１つ以上のプレートは、前記出口に対して傾斜して位置付けられる、請求項１１５に記載のシステム。
【請求項１２５】

前記出口は、ノズルを備える、請求項１１５に記載のシステム。
【請求項１２６】
前記放射線源から放出された前記放射線は、前記放射線が前記液体混合物と反応した際に、前記液体混合物中の前記水の少なくとも一部を蒸発させる、請求項１１５に記載のシステム。
【発明の詳細な説明】
【関連出願】
【０００１】
関連案件の相互参照
〔０００１〕　本国際特許出願は、２０１２年６月２２日出願の米国仮特許出願第６１／６６３，３１５号、および２０１３年３月１５日出願の米国仮特許出願第６１／７８８，０５１号の優先権を主張し、それらは両方とも、参照することによりその全体が本明細書に組み込まれる。
【技術分野】
【０００２】
〔０００２〕　本発明は、バイオマスをイオン液体（ＩＬ）と混合することと、再生可能燃料、化学物質、材料、再生可能燃料、エタノール、ブタノール、乳酸、ガソリン、バイオディーゼル、ジェット燃料、メタン、水素、プラスチック、複合材、タンパク質、薬物、肥料、および他の付加価値生成物への変換のために、混合物を電磁エネルギー（ＥＭ）（例えば、高周波（ＲＦ）、赤外線（ＩＲ））加熱で処理することとを含む、バイオマスまたはその成分の処理に関する。本発明は、バイオマスおよび誘導生成物から、再生可能燃料、化学物質、材料、再生可能燃料、エタノール、ブタノール、乳酸、ガソリン、バイオディーゼル、ジェット燃料、メタン、水素、プラスチック、複合材、タンパク質、薬物、肥料、および他の付加価値生成物、ならびに電力生産への効果的および適した変換のために、任意選択で酸（酸分解）と組み合わせて電磁エネルギー（ＥＭ）加熱を利用して、バイオマス／イオン液体（ＩＬ）スラリー、溶液および懸濁液を処理するための方法およびシステムに関する。本発明はまた、イオン液体を脱水するための電磁エネルギー（ＥＭ）（例えば、高周波（ＲＦ）、赤外線（ＩＲ））加熱の使用に関する。本発明はまた、センサネットワーク、ならびに時間、温度、圧力およびＩＬ飽和を制御するためのフィードバックシステムに連結されたリアクタ容器を備えるバイオリアクタに関する。
【背景技術】
【０００３】
〔０００３〕　バイオマスを輸送燃料に変換するための研究は、過去３０年間にわたりなされてきた。１９９０年代に行われた研究の主な目的は、セルロースを糖に加水分解することができる酵素を開発することであった。この純セルロースの酵素加水分解はゆっくりであるが、十分に確立されたプロセスである。しかしながら、バイオマスは、純セルロースを効率的に生成しない。バイオマスを効率的な酵素加水分解に適したものとするために、いくつかの形態の前処理が必要である。前処理技術は存在するものの、いずれもバイオマスからの燃料および化学物質の経済的生産には適していない。Ｂｒｏｄｅｕｒ，ｅｔ　ａｌ．（２０１１）Ｅｎｚｙｍｅ　Ｒｅｓｅａｒｃｈ　Ａｒｔｉｃｌｅ　ＩＤ　７８７５３２，１７　ｐａｇｅｓ。
【０００４】
〔０００４〕　リグノセルロースは、植物の主要な構造成分であり、セルロース、ヘミセルロースおよびリグニンを含む。リグノセルロース系バイオマスにおいて、比較的秩序化が低いヘミセルロースマトリックス中に結晶セルロース繊維が埋没し、一方このマトリックスは外側のリグニンシールに囲まれている。リグノセルロース系バイオマスは、液体輸送燃料、化学物質およびポリマーに変換することができる、豊富に存在する国内の再生可能源であるため、魅力的な原料である。リグノセルロースの主要な構成成分は、（１）五炭糖および六炭糖の非晶質ポリマーであるヘミセルロース（２０～３０％）、（２）フェノール化合物の高度に架橋されたポリマーであるリグニン（５～３０％）、および（３

）セロビオース（グルコース二量体）の高結晶性ポリマーであるセルロース（３０～４０％）である。セルロースおよびヘミセルロースは、それらの単糖類に加水分解されると、十分に確立された発酵技術によりエタノール燃料に変換され得る。これらの糖はまた、様々な化学物質およびポリマーの生産のための原料を形成する。また、リグニンは、様々な化学物質の生産における使用のために回収され得る、または燃料として使用され得る。バイオマスの複雑な構造は、セルロースおよびヘミセルロース成分からそれらの構成成分の糖への効率的な加水分解（例えば糖化）を可能にするための適切な処理を必要とする。現在の処理アプローチには、（例えば酵素セルラーゼを使用した）セルロース加水分解の遅い反応速度、および低い糖収率の問題がある。Ｗｙｍａｎ，ｅｔ ａｌ．（２００５）Ｂｉｏｒｅｓｏｕｒｃｅ Ｔｅｃｈｎｏｌｏｇｙ ９６：１９５９－１９６６）。

【０００５】

〔０００５〕 リグノセルロース系バイオマスを加水分解酵素に接触させると、一般に、予測される結果の２０％未満のセルロース加水分解収率が得られる。したがって、バイオマス中のセルロースおよびヘミセルロースの酵素加水分解を試みる前に、バイオマスのいくつかの「前処理」が常に行われる。前処理とは、リグノセルロース系バイオマスを、セルロース酵素系に抵抗性であるその天然の形態から、セルロース加水分解が有効である形態に変換するプロセスを指す。未処理バイオマスと比較して、効果的に前処理されたリグノセルロース系材料は、セルラーゼ酵素が到達可能な表面積（多孔性）の増加、およびリグニンの可溶化または再分配を特徴とする。多孔性の増加は、主にセルロース結晶化度の分断、ヘミセルロースの分断／可溶化、ならびにリグニンの再分配および／または可溶化の組み合わせから生じる。これらの因子の少なくともいくつかを達成する上での相対的有効性は、異なる既存の前処理プロセスの間で大きく異なる。これらは、希酸、蒸気爆発、水熱プロセス、水性媒体中の有機溶媒が関与する「オルガノソルブ」プロセス、アンモニア繊維爆砕法（ＡＦＥＸ）、塩基（例えば、アンモニア、ＮａＯＨまたは石灰）を使用した強アルカリプロセス、および高濃縮リン酸処理を含む。これらの方法の多くは、急速なセルロース消化性の達成に不可欠な属性であるセルロースの結晶化度を分断しない。また、これらの方法のいくつかは、前処理で使用された化学物質の効率的回収には適していない。

【０００６】

〔０００６〕 イオン液体前処理技術は、その後の付加価値生成物への変換に対するバイオマスの抵抗性を分断する上で効果的である。Ａｎａｎｔｈａｒａｍ，ｅｔ ａｌ．（２００６）“Ｅｎｈａｎｃｅｍｅｎｔ ｏｆ ｃｅｌｌｕｌｏｓｅ ｓａｃｃｈａｒｉｆｉｃａｔｉｏｎ ｋｉｎｅｔｉｃｓ ｕｓｉｎｇ ａｎ ｉｏｎｉｃ ｌｉｑｕｉｄ ｐｒｅｔｒｅａｔｍｅｎｔ ｓｔｅｐ．” Ｂｉｏｔｅｃｈｎｏｌ．ａｎｄ Ｂｉｏｅｎｇｇ．９５（５）：９０４－９１０、Ａｎａｎｔｈａｒａｍ，ｅｔ ａｌ．（２００７）“Ｍｉｔｉｇａｔｉｏｎ ｏｆ ｃｅｌｌｕｌｏｓｅ ｒｅｃａｌｃｉｔｒａｎｃｅ ｔｏ Ｅｎｚｙｍａｔｉｃ ｈｙｄｒｏｌｙｓｉｓ ｂｙ ｉｏｎｉｃ ｌｉｑｕｉｄ ｐｒｅｔｒｅａｔｍｅｎｔ．” Ａｐｐｌｉｅｄ Ｂｉｏｔｅｃｈｎｏｌ．ａｎｄ Ｂｉｏｅｎｇｇ １３６－１４０：４０７－４２１、Ｗａｎｇ，ｅｔ ａｌ．（２０１２）“Ｉｏｎｉｃ Ｌｉｑｕｉｄ Ｐｒｏｃｅｓｓｉｎｇ ｏｆ Ｃｅｌｌｕｌｏｓｅ．” Ｃｈｅｍｉｃａｌ Ｓｏｃｉｅｔｙ Ｒｅｖｉｅｗｓ ４１：１５１９－１５３７、米国特許第７，６７４，６０８号、および米国特許第８，０３０，０３０号。

【０００７】

〔０００７〕 商業化のために、バイオマスの前処理は、リアクタのサイズおよびプロセスの光熱費を最小限化するために、高固形投入率（＞２０％ｗ／ｗ）で行われるべきである。しかしながら、プロセス加熱がジャケット付きの槽または他の加熱表面を通して行われた場合、非伝導／断熱特性が熱および質量移動制限を引き起こす。したがって、これらのプロセスにおいて、＞２０％（ｗ／ｗ）の供給濃度では、熱が均一に浸透することができず、スラリーは、濃く粘稠性となり、湿潤が不均一となる。Ｖｉａｍａｊａｌａ，ｅｔ ａｌ．Ｈｅａｔ ａｎｄ Ｍａｓｓ Ｔｒａｎｓｐｏｒｔ ｉｎ Ｐｒｏｃｅｓｓｉ

ｎｇ ｏｆ Ｌｉｇｎｏｃｅｌｌｕｌｏｓｉｃ Ｂｉｏｍａｓｓ ｆｏｒ Ｆｕｅｌｓ ａｎｄ Ｃｈｅｍｉｃａｌｓ，ｉｎ Ｓｕｓｔａｉｎａｂｌｅ Ｂｉｏｔｅｃｈｎｏｌｏｇｙ．Ｓｏｕｒｃｅｓ ｏｆ Ｒｅｎｅｗａｂｌｅ Ｅｎｅｒｇｙ，ＯＮ．Ｓｉｎｇｈ ａｎｄ Ｓ．Ｐ．Ｈａｒｖｅｙ，Ｅｄｉｔｏｒｓ．２０１０，Ｓｐｒｉｎｇｅｒ：Ｌｏｎｄｏｎ，Ｎｅｗ Ｙｏｒｋ。これは、リアクタ内の任意の局所的加熱ゾーンまたは大きな熱勾配を克服する上での操作上の課題をもたらし、原料の不十分な処理を招く。

【０００８】

〔０００８〕 したがって、高固形投入率での大規模な加水分解に向けてバイオマス（例えばリグノセルロース系バイオマス）を調製し、リアクタのサイズおよび光熱費を最小限化するための、バイオマスを処理する方法およびシステムが必要とされている。

【発明の概要】

【０００９】

〔０００９〕 本発明は、バイオマスの処理のための方法であって、バイオマスをイオン液体（ＩＬ）と混合してバイオマスを膨潤させることと、前記バイオマスを電磁（ＥＭ）加熱する、好ましくは高周波（ＲＦ）加熱および／または赤外線（ＩＲ）加熱することとを含む方法を提供する。

【００１０】

〔００１０〕 本発明は、バイオマスの処理のための方法であって、バイオマスをイオン液体（ＩＬ）と混合してバイオマス／ＩＬスラリーを形成することと、前記バイオマス／ＩＬスラリーを電磁（ＥＭ）加熱する、好ましくは高周波（ＲＦ）加熱および／または赤外線（ＩＲ）加熱することとを含む方法を提供する。

【００１１】

〔００１１〕 別の実施形態において、リグノセルロース系バイオマスの構造の分断のための方法は、バイオマスをイオン液体（ＩＬ）中でインキュベートすることと、高周波（ＲＦ）加熱および超音波、赤外線（ＩＲ）加熱、電磁（ＥＭ）加熱、対流加熱、伝導加熱、またはそれらの組み合わせを適用することとを含んでもよい。

【００１２】

〔００１２〕 別の実施形態において、バイオマスの炭水化物から糖への変換のための方法は、バイオマスをイオン液体（ＩＬ）中で混合して、バイオマス／ＩＬスラリーを形成することと、バイオマス／ＩＬスラリーに高周波（ＲＦ）加熱を適用して、標的温度範囲、任意選択で５０～２２０℃に加熱することと、バイオマス／ＩＬスラリーに、超音波、電磁（ＥＭ）、対流、伝導加熱、またはそれらの組み合わせを適用して、スラリーを前記標的温度範囲に維持することと、処理されたバイオマスを洗浄することと、処理されたバイオマスを加水分解して、糖、任意選択で五炭糖および六炭糖を生成し、タンパク質およびリグニンを放出することとを含んでもよい。

【００１３】

〔００１３〕 別の実施形態において、バイオマスの炭水化物から糖への変換のための方法は、バイオマスをイオン液体（ＩＬ）中で混合して、バイオマスを膨潤させることと、バイオマスに高周波（ＲＦ）加熱を適用して、標的温度範囲、任意選択で５０～２２０℃に加熱することと、バイオマスに、超音波、電磁（ＥＭ）、対流、伝導加熱、またはそれらの組み合わせを適用して、バイオマスを前記標的温度範囲に維持することと、処理されたバイオマスを洗浄することと、処理されたバイオマスを加水分解して、糖、任意選択で五炭糖および六炭糖を生成し、リグニンを放出することとを含んでもよい。

【００１４】

〔００１４〕 別の実施形態において、セルロースから糖への変換のための方法は、バイオマスをイオン液体（ＩＬ）中で混合して、バイオマス／ＩＬスラリーを形成することと、バイオマス／ＩＬスラリーに高周波（ＲＦ）加熱を適用して、標的温度範囲、任意選択で５０～２２０℃に加熱することと、バイオマス／ＩＬスラリーに、超音波、電磁（ＥＭ）、対流、伝導加熱、またはそれらの組み合わせを適用して、スラリーを前記標的温度範囲に維持することと、貧溶媒との混合により、非晶質セルロースおよび／または結晶化

度の低いセルロースを沈殿させることと、セルロースから糖への加水分解を促進する条件下で、セルロース沈殿物にセルラーゼを添加することとを含んでもよい。

【００１５】

〔００１５〕　別の実施形態において、バイオマスの処理のための方法は、任意選択でイオン液体（ＩＬ）中にバイオマスを溶解させることなく、バイオマスを膨潤させるのに十分な量のＩＬ中で十分な時間、バイオマスをインキュベートすることと、バイオマス／ＩＬスラリーに高周波（ＲＦ）加熱を適用して、標的温度範囲、任意選択で５０～２２０℃に加熱することと、バイオマス／ＩＬスラリーに超音波加熱を適用して、スラリーを前記標的温度範囲に維持することと、処理されたバイオマスを、水およびＩＬと混和性であるセルロースに対する液体非溶媒で洗浄することと、前記洗浄された処理されたバイオマスを、セルロースおよびヘミセルロースを加水分解することができる酵素を含む緩衝水溶液に接触させ、糖、任意選択で六炭糖および五炭糖を生成するステップとを含んでもよい。

【００１６】

〔００１６〕　さらなる実施形態において、バイオマスの酸分解の方法は、バイオマスをイオン液体（ＩＬ）中で混合して、バイオマス／ＩＬスラリーを形成することと、酸、任意選択で硫酸、塩酸、硝酸、またはリン酸を添加し、任意選択で、スラリーのｐＨをｐＨ７未満に、任意選択で１～６の間のｐＨに下げることと、バイオマス／ＩＬスラリーに高周波（ＲＦ）加熱を適用して、標的温度範囲、任意選択で５０～２２０℃に加熱することと、バイオマス／ＩＬスラリーに、超音波加熱、電磁（ＥＭ）加熱、対流加熱、伝導加熱、またはそれらの組み合わせを適用して、スラリーを前記標的温度範囲に維持することと、任意選択で、処理されたバイオマスを洗浄することと、糖、任意選択で五炭糖および六炭糖、ならびに放出リグニンを回収することとを含んでもよい。

【００１７】

〔００１７〕　別の実施形態において、セルロースから糖への変換のための方法は、バイオマスをイオン液体（ＩＬ）中で混合して、バイオマスを膨潤させることと、バイオマスに高周波（ＲＦ）加熱を適用して、標的温度範囲、任意選択で５０～２２０℃に加熱することと、バイオマスに、超音波、電磁（ＥＭ）、対流、伝導加熱、またはそれらの組み合わせを適用して、バイオマスを前記標的温度範囲に維持することと、貧溶媒との混合により、非晶質セルロースおよび／または結晶化度の低いセルロースを沈殿させることと、セルロースから糖への加水分解を促進する条件下で、セルロース沈殿物にセルラーゼを添加することとを含んでもよい。

【００１８】

〔００１８〕　別の実施形態において、バイオマスの処理のための方法は、イオン液体（ＩＬ）中にバイオマスを溶解させることなく、バイオマスを膨潤させるのに十分な量のＩＬ中で十分な時間、バイオマスをインキュベートすることと、ＩＬ膨潤バイオマスに高周波（ＲＦ）加熱を適用して、標的温度範囲、任意選択で５０～２２０℃に加熱することと、ＩＬ膨潤バイオマスに超音波加熱を適用して、ＩＬ膨潤バイオマスを前記標的温度範囲に維持することと、処理されたバイオマスを、水およびＩＬと混和性であるセルロースに対する液体非溶媒で洗浄することと、前記洗浄された処理されたバイオマスを、セルロースおよびヘミセルロースを加水分解することができる酵素を含む緩衝水溶液に接触させ、糖、任意選択で六炭糖および五炭糖を生成するステップとを含んでもよい。

【００１９】

〔００１９〕　別の実施形態において、バイオマスの炭水化物から糖への変換のための方法は、バイオマスをイオン液体（ＩＬ）中で混合して、バイオマス／ＩＬスラリーを形成することと、バイオマス／ＩＬスラリーに赤外線（ＩＲ）加熱を適用して、標的温度範囲、任意選択で５０～２２０℃に加熱することと、バイオマス／ＩＬスラリーに、超音波、高周波（ＲＦ）加熱、電磁（ＥＭ）、対流、伝導加熱、またはそれらの組み合わせを適用して、スラリーを前記標的温度範囲に維持することと、処理されたバイオマスを洗浄することと、処理されたバイオマスを加水分解して、糖、任意選択で五炭糖および六炭糖を

生成し、リグニンを放出することとを含んでもよい。

【００２０】

〔００２０〕　別の実施形態において、バイオマスの炭水化物から糖への変換のための方法は、バイオマスをイオン液体（ＩＬ）中で混合して、バイオマスを膨潤させることと、バイオマスに赤外線（ＩＲ）加熱を適用して、標的温度範囲、任意選択で５０～２２０℃に加熱することと、バイオマスに、超音波、高周波（ＲＦ）、電磁（ＥＭ）、対流、伝導加熱、またはそれらの組み合わせを適用して、バイオマスを前記標的温度範囲に維持することと、処理されたバイオマスを洗浄することと、処理されたバイオマスを加水分解して、糖、任意選択で五炭糖および六炭糖を生成し、リグニンを放出することとを含んでもよい。

【００２１】

〔００２１〕　別の実施形態において、セルロースから糖への変換のための方法は、バイオマスをイオン液体（ＩＬ）中で混合して、バイオマス／ＩＬスラリーを形成することと、バイオマス／ＩＬスラリーに赤外線（ＩＲ）加熱を適用して、標的温度範囲、任意選択で５０～２２０℃に加熱することと、バイオマス／ＩＬスラリーに、超音波、高周波（ＲＦ）加熱、電磁（ＥＭ）、対流、伝導加熱、またはそれらの組み合わせを適用して、スラリーを前記標的温度範囲に維持することと、貧溶媒との混合により、非晶質セルロースおよび／または結晶化度の低いセルロースを沈殿させることと、セルロースから糖への加水分解を促進する条件下で、セルロース沈殿物にセルラーゼを添加することとを含んでもよい。

【００２２】

〔００２２〕　別の実施形態において、バイオマスの処理のための方法は、任意選択でイオン液体（ＩＬ）中にバイオマスを溶解させることなく、バイオマスを膨潤させるのに十分な量のＩＬ中で十分な時間、バイオマスをインキュベートすることと、バイオマス／ＩＬスラリーに赤外線（ＩＲ）加熱を適用して、標的温度範囲、任意選択で５０～２２０℃に加熱することと、バイオマス／ＩＬスラリーに超音波加熱を適用して、スラリーを前記標的温度範囲に維持することと、処理されたバイオマスを、水およびＩＬと混和性であるセルロースに対する液体非溶媒で洗浄することと、前記洗浄された処理されたバイオマスを、セルロースおよびヘミセルロースを加水分解することができる酵素を含む緩衝水溶液に接触させ、糖、任意選択で六炭糖および五炭糖を生成することとを含んでもよい。

【００２３】

〔００２３〕　さらなる実施形態において、バイオマスの酸分解の方法は、バイオマスをイオン液体（ＩＬ）中で混合して、バイオマス／ＩＬスラリーを形成することと、酸、任意選択で硫酸、塩酸、硝酸、またはリン酸を添加し、任意選択で、スラリーのｐＨをｐＨ７未満に、任意選択で１～６の間のｐＨに下げることと、バイオマス／ＩＬスラリーに赤外線（ＩＲ）加熱を適用して、標的温度範囲、任意選択で５０～２２０℃に加熱することと、バイオマス／ＩＬスラリーに、超音波加熱、高周波（ＲＦ）加熱、電磁（ＥＭ）加熱、対流加熱、伝導加熱、またはそれらの組み合わせを適用して、スラリーを前記標的温度範囲に維持することと、任意選択で、処理されたバイオマスを洗浄することと、糖、任意選択で五炭糖および六炭糖、ならびに放出リグニンを回収することとを含んでもよい。

【００２４】

〔００２４〕　別の実施形態において、セルロースから糖への変換のための方法は、バイオマスをイオン液体（ＩＬ）中で混合して、バイオマスを膨潤させることと、バイオマスに赤外線（ＩＲ）加熱を適用して、標的温度範囲、任意選択で５０～２２０℃に加熱することと、バイオマスに、超音波、高周波（ＲＦ）加熱、電磁（ＥＭ）、対流、伝導加熱、またはそれらの組み合わせを適用して、バイオマスを前記標的温度範囲に維持することと、貧溶媒との混合により、非晶質セルロースおよび／または結晶化度の低いセルロースを沈殿させることと、セルロースから糖への加水分解を促進する条件下で、セルロース沈殿物にセルラーゼを添加することとを含んでもよい。

【００２５】

〔００２５〕　別の実施形態において、バイオマスの処理のための方法は、イオン液体（ＩＬ）中にバイオマスを溶解させることなく、バイオマスを膨潤させるのに十分な量のＩＬ中で十分な時間、バイオマスをインキュベートすることと、ＩＬ膨潤バイオマスに赤外線（ＩＲ）加熱を適用して、標的温度範囲、任意選択で５０～２２０℃に加熱することと、ＩＬ膨潤バイオマスに超音波加熱を適用して、ＩＬ膨潤バイオマスを前記標的温度範囲に維持することと、処理されたバイオマスを、水およびＩＬと混和性であるセルロースに対する液体非溶媒で洗浄することと、前記洗浄された処理されたバイオマスを、セルロースおよびヘミセルロースを加水分解することができる酵素を含む緩衝水溶液に接触させ、糖、任意選択で六炭糖および五炭糖を生成するステップとを含んでもよい。

【００２６】

〔００２６〕　さらなる実施形態において、バイオマスの酸分解の方法は、バイオマスをイオン液体（ＩＬ）中で混合して、バイオマスを膨潤させるが溶解させないことと、酸、任意選択で硫酸、塩酸、硝酸、またはリン酸を添加し、任意選択で、バイオマスのｐＨをｐＨ７未満に、任意選択で１～６の間のｐＨに下げることと、ＩＬ膨潤バイオマスに高周波（ＲＦ）加熱を適用して、標的温度範囲、任意選択で５０～２２０℃に加熱することと、ＩＬ膨潤バイオマスに、超音波加熱、電磁（ＥＭ）加熱、対流加熱、伝導加熱、またはそれらの組み合わせを適用して、バイオマスを前記標的温度範囲に維持することと、任意選択で、処理されたバイオマスを洗浄することと、糖、任意選択で五炭糖および六炭糖、ならびに放出リグニンを回収することとを含んでもよい。

【００２７】

〔００２７〕　さらなる実施形態において、バイオマスの酸分解の方法は、バイオマスをイオン液体（ＩＬ）中で混合して、バイオマスを膨潤させるが溶解させないことと、酸、任意選択で硫酸、塩酸、硝酸、またはリン酸を添加し、任意選択で、バイオマスのｐＨをｐＨ７未満に、任意選択で１～６の間のｐＨに下げることと、ＩＬ膨潤バイオマスに赤外線（ＩＲ）加熱を適用して、標的温度範囲、任意選択で５０～２２０℃に加熱することと、ＩＬ膨潤バイオマスに、超音波加熱、高周波（ＲＦ）加熱、電磁（ＥＭ）加熱、対流加熱、伝導加熱、またはそれらの組み合わせを適用して、バイオマスを前記標的温度範囲に維持することと、任意選択で、処理されたバイオマスを洗浄することと、糖、任意選択で五炭糖および六炭糖、ならびに放出タンパク質およびリグニンを回収することとを含んでもよい。

【００２８】

〔００２８〕　別の実施形態において、方法は、バイオマス／ＩＬスラリーのｐＨを中性化するための、塩基、任意選択でＮａＯＨまたはＫＯＨの添加をさらに含んでもよい。

【００２９】

〔００２９〕　別の実施形態において、方法は、ＩＬ膨潤バイオマスのｐＨを中性化するための、塩基、任意選択でＮａＯＨまたはＫＯＨの添加をさらに含んでもよい。

【００３０】

〔００３０〕　別の実施形態において、ｐＨは、約１、２、３、３．５、４、４．５、５、５．５、５．８、６、６．５、または６．８、１～３、２～４、３～５、２～６、３．５～４．５、または４～６であってもよい。

【００３１】

〔００３１〕　別の実施形態において、バイオマスは、農業残渣、任意選択でトウモロコシ茎葉、麦わら、バガス、もみ殻、もしくは稲わら；木材および森林残渣、任意選択でマツ、ポプラ、ダグラスファー、オーク、おがくず、紙／パルプ廃棄物、もしくは木質繊維；藻類、任意選択で紅藻類；葛；石炭；セルロース、リグニン、草本エネルギー作物、任意選択でスイッチグラス、クサヨシ、もしくはススキ；任意選択でリグニン、セルロース、およびヘミセルロースを含むリグノセルロース系バイオマス；植物バイオマス；またはそれらの混合物であってもよい。

【００３２】

〔００３２〕　さらなる実施形態において、加熱は、電磁（ＥＭ）加熱、任意選択で電

磁スペクトル内の可変周波数、可変周波数加熱、赤外線（ＩＲ）加熱、高周波（ＲＦ）加熱、またはそれらの組合せの適用を含む第１の段階、および超音波、電磁（ＥＭ）、対流、伝導加熱、またはそれらの組み合わせの適用を含む第２の段階の、少なくとも２つの段階を含んでもよい。

【００３３】

〔００３３〕　さらなる実施形態において、高周波加熱の適用は、少なくとも約５～１０秒、１～３０分、５～３０分、または２０～２４０分行われてもよい。

【００３４】

〔００３４〕　さらなる実施形態において、赤外線（ＩＲ）加熱の適用は、少なくとも約５～１０秒、１～３０分、５～３０分、または２０～２４０分行われてもよい。別の実施形態において、赤外線（ＩＲ）加熱の適用は、少なくとも約１０、２０、３０、４０、５０、６０、７０、８０、９０、１００、１１０、１２０、１２５、１３０、または１３５分行われてもよい。

【００３５】

〔００３５〕　さらなる実施形態において、超音波、電磁（ＥＭ）、対流、伝導加熱、赤外線（ＩＲ）加熱、またはそれらの組み合わせの適用は、少なくとも約３～３０分、５～３０分、１５～３０分、３０～１５０分、または３～４時間行われてもよい。

【００３６】

〔００３６〕　別の実施形態において、方法は、処理されたバイオマスを洗浄することをさらに含んでもよい。さらに別の実施形態において、洗浄することは、バイオマスを、水およびイオン液体（ＩＬ）と混和性であるセルロースに対する液体非溶媒で洗浄することを含んでもよい。別の実施形態において、洗浄に使用される液体非溶媒は、水、アルコール、アセトニトリル、またはＩＬを溶解する溶媒であってもよい。さらに別の実施形態において、洗浄液が回収され、イオン液体を脱水するためにＲＦ加熱で処理されてもよい。

【００３７】

〔００３７〕　さらに別の実施形態において、イオン液体（ＩＬ）は、１－ｎ－ブチル－３－メチルイミダゾリウムクロリド、１－アリル－３－メチルイミダゾリウムクロリド、３－メチル－Ｎ－ブチルピリジニウムクロリド、１－エチル－３－メチルイミダゾリウムアセテート、１－エチル－３－メチルイミダゾリウムプロピオネート、またはそれらの組み合わせであってもよい。

【００３８】

〔００３８〕　一実施形態において、バイオマスを処理するための方法は、イオン液体と混合することと、任意選択で反復して、高周波により加熱することと、バイオマスを洗浄することと、任意選択で、ＩＬを回収することと、セルロースおよびヘミセルロースからそれらの構成成分単糖類（例えば、五炭糖および六炭糖）への加水分解（例えば、セルラーゼおよびヘミセルラーゼの添加）と、任意選択で、添加された酵素の回収と、化学物質またはバイオ燃料を生成するさらなる処理のための糖を含む加水分解物ストリーム、ならびに、化学物質またはバイオ燃料を生成するさらなる処理のためのタンパク質およびリグニンを含む残留固体の分離とを含んでもよい。イオン液体および酵素は、再生および再利用されてもよい。さらなる実施形態において、バイオマス混合物は、少なくとも約１００℃、１０５℃、１１０℃、１２０℃、１３０℃、１４０℃、１５０℃、または約１３０～１５０℃の間に加熱されてもよい。さらなる実施形態において、バイオマス混合物は、少なくとも約１０、１５、２０、３０、４０、５０、６０、１００、１１０、１２０、１５０、または１８０分加熱されてもよい。さらなる実施形態において、バイオマス混合物は、少なくとも約５～３０分加熱されてもよい。

【００３９】

〔００３９〕　一実施形態において、バイオマスを処理するための方法は、イオン液体と混合することと、任意選択で反復して、高周波照射により加熱して標的温度範囲に到達させることと、任意選択で反復して、超音波（例えば、約１５ｋＨｚから４０ｋＨｚの間

、もしくは２０ｋＨｚの高周波数、および約０．０００１～０．０２５ｍｍの間の低い振幅を有する音波）、ＥＭ、対流、伝導加熱、またはそれらの組み合わせを使用して、バイオマスの温度を維持することと、バイオマスを洗浄することと、任意選択で、ＩＬを回収し、高周波加熱の適用によりＩＬを脱水することと、セルロースおよびヘミセルロースからそれらの構成成分単糖類（例えば、五炭糖および六炭糖）への加水分解（例えば、セルラーゼおよびヘミセルラーゼの添加）と、任意選択で、添加された酵素の回収と、化学物質またはバイオ燃料を生成するさらなる処理のための糖を含む加水分解物ストリーム、ならびに、化学物質またはバイオ燃料を生成するさらなる処理のためのタンパク質およびリグニンを含む残留固体の分離とを含んでもよい。酵素は、再生および再利用されてもよい。さらなる実施形態において、バイオマス混合物は、少なくとも約１３０℃、１４０℃、１５０℃、または約１３０～１５０℃の間に加熱されてもよい。さらなる実施形態において、バイオマス混合物は、少なくとも約１０、２０、３０、４０、５０、６０、１２０、または１８０分加熱されてもよい。

【００４０】

〔００４０〕　一実施形態において、バイオマスを処理するための方法は、イオン液体と混合することと、任意選択で反復して、高周波照射により加熱して標的温度範囲に到達させることと、任意選択で反復して、超音波（例えば、約１５ｋＨｚから４０ｋＨｚの間、もしくは２０ｋＨｚの高周波数、および約０．０００１～０．０２５ｍｍの間の低い振幅を有する音波）、ＥＭ、対流、伝導加熱、またはそれらの組み合わせを使用して、バイオマスの温度を維持することと、バイオマスを洗浄することと、任意選択で、ＩＬを回収し、高周波加熱の適用によりＩＬを脱水することと、セルロースおよびヘミセルロースからそれらの構成成分単糖類（例えば、五炭糖および六炭糖）への加水分解（例えば、セルラーゼおよびヘミセルラーゼの添加）と、任意選択で、添加された酵素の回収と、化学物質またはバイオ燃料を生成するさらなる処理のための糖を含む加水分解物ストリーム、ならびに、化学物質またはバイオ燃料を生成するさらなる処理のためのタンパク質およびリグニンを含む残留固体の分離とを含んでもよい。酵素は、再生および再利用されてもよい。さらなる実施形態において、バイオマス混合物は、少なくとも約１３０℃、１４０℃、１５０℃、または約１３０～１５０℃の間に加熱されてもよい。さらなる実施形態において、バイオマス混合物は、少なくとも約１０、２０、３０、４０、５０、６０、１２０、または１８０分加熱されてもよい。

【００４１】

〔００４１〕　別の実施形態において、バイオマスを処理するための方法は、イオン液体と混合することと、バイオマスをイオン液体中に溶解させることと、任意選択で反復して、高周波により加熱することと、貧溶媒、任意選択で水、エタノール、メタノール、アセトン、またはそれらの混合物を使用してバイオマスを再生することと、任意選択で、ＩＬを回収することと、任意選択で、バイオマスを洗浄することと、バイオマスの回収と、セルロースおよびヘミセルロースからそれらの構成成分単糖類（例えば、五炭糖および六炭糖）への加水分解（例えば、セルラーゼおよびヘミセルラーゼの添加）と、任意選択で、添加された酵素の回収と、化学物質またはバイオ燃料を生成するさらなる処理のための糖を含む加水分解物ストリーム、ならびに、化学物質またはバイオ燃料を生成するさらなる処理のためのタンパク質およびリグニンを含む残留固体の分離とを含んでもよい。イオン液体および酵素は、再生および再利用されてもよい。さらなる実施形態において、バイオマス混合物は、少なくとも約１３０℃、１４０℃、１５０℃、または約１３０～１５０℃の間に加熱されてもよい。さらなる実施形態において、バイオマス混合物は、少なくとも約１０、２０、３０、４０、５０、６０、１２０、または１８０分、任意選択で約５～３０分加熱されてもよい。

【００４２】

〔００４２〕　別の実施形態において、バイオマスを処理するための方法は、イオン液体と混合することと、バイオマスをイオン液体中に溶解させることと、任意選択で反復して、高周波により加熱して標的温度範囲に到達させることと、任意選択で反復して、超音

波（例えば、約１５ｋＨｚから４０ｋＨｚの間、もしくは２０ｋＨｚの高周波数、および約０．０００１～０．０２５ｍｍの間の低い振幅を有する音波）、電磁照射（ＥＭ）（例えば、高周波）、対流、伝導加熱、またはそれらの組み合わせを使用して、混合物の温度を維持することと、貧溶媒、任意選択で水、エタノール、メタノール、アセトン、またはそれらの混合物の添加によるバイオマスの再生と、任意選択で、再生されたバイオマスを洗浄することと、任意選択で、ＩＬを回収し、高周波加熱の適用によりＩＬを脱水することと、セルロースおよびヘミセルロースからそれらの構成成分単糖類（例えば、五炭糖および六炭糖）への加水分解（例えば、セルラーゼおよびヘミセルラーゼの添加）と、任意選択で、添加された酵素の回収と、化学物質またはバイオ燃料を生成するさらなる処理のための糖を含む加水分解物ストリーム、ならびに、化学物質またはバイオ燃料を生成するさらなる処理のためのタンパク質およびリグニンを含む残留固体の分離とを含んでもよい。酵素は、再生および再利用されてもよい。さらなる実施形態において、バイオマス混合物は、少なくとも約１３０℃、１４０℃、１５０℃、または約１３０～１５０℃の間に加熱されてもよい。さらなる実施形態において、バイオマス混合物は、少なくとも約１０、２０、３０、４０、５０、６０、１２０、または１８０分、任意選択で約５～３０分加熱されてもよい。

【００４３】

〔００４３〕　一実施形態において、本発明は、バイオマスの処理のための方法であって、バイオマスをイオン液体（ＩＬ）と混合して、バイオマス／ＩＬスラリーを形成することと、前記バイオマス／ＩＬスラリーを電磁加熱する、任意選択で電磁スペクトル内の可変周波数を使用する、任意選択で高周波加熱する、任意選択で可変周波数加熱することとを含む方法を提供する。一実施形態において、バイオマスは、農業残渣、任意選択でトウモロコシ茎葉、麦わら、バガス、もみ殻、もしくは稲わら；木材および森林残渣、任意選択でマツ、ポプラ、ダグラスファー、オーク、おがくず、紙／パルプ廃棄物、もしくは木質繊維；藻類、任意選択で紅藻類；葛；石炭；セルロース、リグニン、草本エネルギー作物、任意選択でスイッチグラス、クサヨシ、もしくはススキ；任意選択でリグニン、セルロース、およびヘミセルロースを含んでもよいリグノセルロース系バイオマス；植物バイオマス；またはそれらの混合物であってもよい。

【００４４】

〔００４４〕　一実施形態において、本発明は、バイオマスの処理のための方法であって、バイオマスをイオン液体（ＩＬ）と混合して、バイオマスをＩＬ中に溶解させることなくバイオマスを膨潤させることと、前記バイオマスを電磁加熱する、任意選択で電磁スペクトル内の可変周波数を使用する、任意選択で高周波加熱する、任意選択で可変周波数加熱することとを含む方法を提供する。一実施形態において、バイオマスは、農業残渣、任意選択でトウモロコシ茎葉、麦わら、バガス、もみ殻、もしくは稲わら；木材および森林残渣、任意選択でマツ、ポプラ、ダグラスファー、オーク、おがくず、紙／パルプ廃棄物、もしくは木質繊維；藻類、任意選択で紅藻類；葛；石炭；セルロース、リグニン、草本エネルギー作物、任意選択でスイッチグラス、クサヨシ、もしくはススキ；任意選択でリグニン、セルロース、およびヘミセルロースを含んでもよいリグノセルロース系バイオマス；植物バイオマス；またはそれらの混合物であってもよい。

【００４５】

〔００４５〕　別の実施形態において、加熱は、少なくとも２つの段階を含んでもよく、第１の段階は、高周波（ＲＦ）加熱の適用を含み、第２の段階は、超音波、電磁（ＥＭ）、対流、伝導加熱、またはそれらの組み合わせを含んでもよい。別の実施形態において、高周波加熱の適用は、少なくとも約５～１０秒、１～３０分、５～３０分、または２０～２４０分行われてもよい。別の実施形態において、超音波、電磁（ＥＭ）、対流、伝導加熱、またはそれらの組み合わせの適用は、少なくとも約３～３０分、５～３０分、または３～４時間行われてもよい。別の実施形態において、電磁エネルギーは、１００～１０００Ｗ、１ＫＷ～１０ＫＷ、または５ＫＷ～１ＭＷの出力で適用されてもよい。別の実施形態において、高周波は、約１～９００ＭＨｚ、３００ｋＨｚ～３ＭＨｚ、３～３０ＭＨ

ｚ、３０～３００ＭＨｚの間、１３、１３．５６、２７、２７．１２、４０、または４０．６８ＭＨｚの周波数を含んでもよい。別の実施形態において、高周波は、約０．００１メートルから２．０メートルの厚さまでバイオマスに浸透し得る。別の実施形態において、バイオマスは、少なくとも約１～３００℃、５０℃～１００℃、６０℃～１３０℃、８０℃～１７５℃、または１００℃～２４０℃の温度まで加熱されてもよい。別の実施形態において、バイオマスは、少なくとも約１分から１００時間、１～６０分、１～２４時間、５～１０分、５～３０分、１０～５０分、５分から３時間、１～３時間、２～４時間、３～６時間、または４～８時間高周波で処理されてもよい。

【００４６】

〔００４６〕　一実施形態において、バイオマスを処理するための方法は、イオン液体と混合することと、任意選択で反復して、赤外線（ＩＲ）加熱により加熱して標的温度範囲、好ましくは少なくとも約１００～１２５℃に到達させることと、任意選択で反復して、超音波（例えば、約１５ｋＨｚから４０ｋＨｚの間、もしくは２０ｋＨｚの高周波数、および約０．０００１～０．０２５ｍｍの間の低い振幅を有する音波）、ＥＭ、高周波（ＲＦ）加熱、対流、伝導加熱、またはそれらの組み合わせを使用して、バイオマスの温度を維持することと、バイオマスを洗浄することと、任意選択で、ＩＬを回収し、赤外線（ＩＲ）加熱の適用によりＩＬを脱水することと、セルロースおよびヘミセルロースからそれらの構成成分単糖類（例えば、五炭糖および六炭糖）への加水分解（例えば、セルラーゼおよびヘミセルラーゼの添加）と、任意選択で、添加された酵素の回収と、化学物質またはバイオ燃料を生成するさらなる処理のための糖を含む加水分解物ストリーム、ならびに、化学物質またはバイオ燃料を生成するさらなる処理のためのタンパク質およびリグニンを含む残留固体の分離とを含んでもよい。酵素は、再生および再利用されてもよい。さらなる実施形態において、バイオマス混合物は、少なくとも約１００℃、１２５℃、１３０℃、１４０℃、１５０℃、または約１００～１２５℃の間に加熱されてもよい。さらなる実施形態において、バイオマス混合物は、少なくとも約１０、２０、３０、４０、５０、６０、１２０、１５０、または１８０分加熱されてもよい。

【００４７】

〔００４７〕　一実施形態において、バイオマスを処理するための方法は、イオン液体と混合することと、任意選択で反復して、赤外線（ＩＲ）照射により加熱して標的温度範囲に到達させることと、任意選択で反復して、超音波（例えば、約１５ｋＨｚから４０ｋＨｚの間、もしくは２０ｋＨｚの高周波数、および約０．０００１～０．０２５ｍｍの間の低い振幅を有する音波）、ＥＭ、高周波（ＲＦ）加熱、対流、伝導加熱、またはそれらの組み合わせを使用して、バイオマスの温度を維持することと、バイオマスを洗浄することと、任意選択で、ＩＬを回収し、赤外線（ＩＲ）加熱の適用によりＩＬを脱水することと、セルロースおよびヘミセルロースからそれらの構成成分単糖類（例えば、五炭糖および六炭糖）への加水分解（例えば、セルラーゼおよびヘミセルラーゼの添加）と、任意選択で、添加された酵素の回収と、化学物質またはバイオ燃料を生成するさらなる処理のための糖を含む加水分解物ストリーム、ならびに、化学物質またはバイオ燃料を生成するさらなる処理のためのタンパク質およびリグニンを含む残留固体の分離とを含んでもよい。酵素は、再生および再利用されてもよい。さらなる実施形態において、バイオマス混合物は、少なくとも約１００℃、１２０℃、１３０℃、１４０℃、１５０℃、または約１００～１５０℃の間に加熱されてもよい。さらなる実施形態において、バイオマス混合物は、少なくとも約１０、２０、３０、４０、５０、６０、１００、１２０、１５０、または１８０分加熱されてもよい。

【００４８】

〔００４８〕　別の実施形態において、バイオマスを処理するための方法は、イオン液体と混合することと、バイオマスをイオン液体中に溶解させることと、任意選択で反復して、赤外線（ＩＲ）加熱により加熱することと、貧溶媒、任意選択で水、エタノール、メタノール、アセトン、またはそれらの混合物を使用してバイオマスを再生することと、任意選択で、ＩＬを回収することと、任意選択で、バイオマスを洗浄することと、バイオマ

スの回収と、セルロースおよびヘミセルロースからそれらの構成成分単糖類（例えば、五炭糖および六炭糖）への加水分解（例えば、セルラーゼおよびヘミセルラーゼの添加）と、任意選択で、添加された酵素の回収と、化学物質またはバイオ燃料を生成するさらなる処理のための糖を含む加水分解物ストリーム、ならびに、化学物質またはバイオ燃料を生成するさらなる処理のためのタンパク質およびリグニンを含む残留固体の分離とを含んでもよい。イオン液体および酵素は、再生および再利用されてもよい。さらなる実施形態において、バイオマス混合物は、少なくとも約１００℃、１２０℃、１２５℃、１３０℃、１４０℃、１５０℃、または約１００～１５０℃の間に加熱されてもよい。さらなる実施形態において、バイオマス混合物は、少なくとも約１０、２０、３０、４０、５０、６０、９０、１００、１２０、１５０、または１８０分、任意選択で約５～３０分加熱されてもよい。

【００４９】

〔００４９〕　別の実施形態において、バイオマスを処理するための方法は、イオン液体と混合することと、バイオマスをイオン液体中に溶解させることと、任意選択で反復して、赤外線（ＩＲ）加熱により加熱して標的温度範囲に到達させることと、任意選択で反復して、超音波（例えば、約１５ｋＨｚから４０ｋＨｚの間、もしくは２０ｋＨｚの高周波数、および約０．０００１～０．０２５ｍｍの間の低い振幅を有する音波）、電磁照射（ＥＭ）（例えば、高周波（ＲＦ））、対流、伝導加熱、またはそれらの組み合わせを使用して、混合物の温度を維持することと、貧溶媒、任意選択で水、エタノール、メタノール、アセトン、またはそれらの混合物の添加によるバイオマスの再生と、任意選択で、再生されたバイオマスを洗浄することと、任意選択で、ＩＬを回収し、赤外線（ＩＲ）加熱の適用によりＩＬを脱水することと、セルロースおよびヘミセルロースからそれらの構成成分単糖類（例えば、五炭糖および六炭糖）への加水分解（例えば、セルラーゼおよびヘミセルラーゼの添加）と、任意選択で、添加された酵素の回収と、化学物質またはバイオ燃料を生成するさらなる処理のための糖を含む加水分解物ストリーム、ならびに、化学物質またはバイオ燃料を生成するさらなる処理のためのタンパク質およびリグニンを含む残留固体の分離とを含んでもよい。酵素は、再生および再利用されてもよい。さらなる実施形態において、バイオマス混合物は、少なくとも約１００℃、１２０℃、１２５℃、１３０℃、１４０℃、１５０℃、または約１００～１５０℃の間に加熱されてもよい。さらなる実施形態において、バイオマス混合物は、少なくとも約１０、２０、３０、４０、５０、６０、１００、１１０、１２０、１５０、または１８０分、任意選択で約５～３０分加熱されてもよい。

【００５０】

〔００５０〕　一実施形態において、本発明は、バイオマスの処理のための方法であって、バイオマスをイオン液体（ＩＬ）と混合して、バイオマス／ＩＬスラリーを形成することと、前記バイオマス／ＩＬスラリーを電磁加熱する、任意選択で電磁スペクトル内の可変周波数を使用する、任意選択で高周波加熱または赤外線（ＩＲ）加熱する、任意選択で可変周波数加熱することとを含む方法を提供する。一実施形態において、バイオマスは、農業残渣、任意選択でトウモロコシ茎葉、麦わら、バガス、もみ殻、もしくは稲わら；木材および森林残渣、任意選択でマツ、ポプラ、ダグラスファー、オーク、おがくず、紙／パルプ廃棄物、もしくは木質繊維；藻類、任意選択で紅藻類；葛；石炭；セルロース、リグニン、草本エネルギー作物、任意選択でスイッチグラス、クサヨシ、もしくはススキ；任意選択でリグニン、セルロース、およびヘミセルロースを含んでもよいリグノセルロース系バイオマス；植物バイオマス；またはそれらの混合物であってもよい。

【００５１】

〔００５１〕　一実施形態において、本発明は、バイオマスの処理のための方法であって、バイオマスをイオン液体（ＩＬ）と混合して、バイオマスをＩＬ中に溶解させることなくバイオマスを膨潤させることと、前記バイオマスを電磁加熱する、任意選択で電磁スペクトル内の可変周波数を使用する、任意選択で赤外線（ＩＲ）加熱することとを含む方法を提供する。一実施形態において、バイオマスは、農業残渣、任意選択でトウモロコシ

茎葉、麦わら、バガス、もみ殻、もしくは稲わら；木材および森林残渣、任意選択でマツ、ポプラ、ダグラスファー、オーク、おがくず、紙／パルプ廃棄物、もしくは木質繊維；藻類、任意選択で紅藻類；葛；石炭；セルロース、リグニン、草本エネルギー作物、任意選択でスイッチグラス、クサヨシ、もしくはススキ；任意選択でリグニン、セルロース、およびヘミセルロースを含んでもよいリグノセルロース系バイオマス；植物バイオマス；またはそれらの混合物であってもよい。

【００５２】

〔００５２〕　別の実施形態において、加熱は、少なくとも２つの段階を含んでもよく、第１の段階は、赤外線（ＩＲ）加熱の適用を含み、第２の段階は、超音波、電磁（ＥＭ）、高周波（ＲＦ）加熱、対流加熱、伝導加熱、またはそれらの組み合わせを含んでもよい。別の実施形態において、赤外線（ＩＲ）加熱の適用は、少なくとも約５～１０秒、１～３０分、５～３０分、１５～１５０分、または２０～２４０分行われてもよい。別の実施形態において、超音波、電磁（ＥＭ）、高周波（ＲＦ）加熱、対流加熱、伝導加熱、またはそれらの組み合わせの適用は、少なくとも約３～３０分、５～３０分、または３～４時間行われてもよい。別の実施形態において、電磁エネルギーは、１００～１０００Ｗ、１ＫＷ～１０ＫＷ、または５ＫＷ～１ＭＷの出力で適用されてもよい。別の実施形態において、高周波は、約１～９００ＭＨｚ、３００ｋＨｚ～３ＭＨｚ、３～３０ＭＨｚ、３０～３００ＭＨｚの間、１３、１３．５６、２７、２７．１２、４０、または４０．６８ＭＨｚの周波数を含んでもよい。別の実施形態において、赤外線（ＩＲ）加熱は、約０．００１メートルから２．０メートルの厚さまでバイオマスに浸透し得る。別の実施形態において、バイオマスは、少なくとも約１～３００℃、５０℃～１００℃、６０℃～１３０℃、８０℃～１７５℃、または１００℃～２４０℃の温度まで加熱されてもよい。別の実施形態において、バイオマスは、少なくとも約１分から１００時間、１～６０分、１～２４時間、５～１０分、５～３０分、１０～５０分、５分から３時間、１～３時間、２～４時間、３～６時間、または４～８時間赤外線（ＩＲ）加熱で処理されてもよい。

【００５３】

〔００５３〕　一実施形態において、方法は、処理されたバイオマスを洗浄することをさらに含んでもよい。別の実施形態において、洗浄することは、バイオマスを、水およびイオン液体（ＩＬ）と混和性であるセルロースに対する液体非溶媒で洗浄することを含んでもよい。別の実施形態において、洗浄に使用される液体非溶媒は、水、アルコール、アセトニトリル、またはＩＬを溶解し、それによりバイオマスからＩＬを抽出し得る溶媒であってもよい。別の実施形態において、アルコールは、エタノール、メタノール、ブタノール、プロパノール、またはそれらの混合物であってもよい。

【００５４】

〔００５４〕　一実施形態において、イオン液体は、活性炭処理、蒸留、膜分離、電気化学的分離技術、固相（ｓｏｌｄ－ｐｈａｓｅ）抽出液－液抽出、またはそれらの組み合わせの１つ以上から選択される方法により、液体非溶媒から回収されてもよい。別の実施形態において、イオン液体は、イオン液体を脱水する電磁加熱、任意選択で高周波加熱または赤外線（ＩＲ）加熱の適用により、液体非溶媒から回収されてもよい。別の実施形態において、方法は、回収されたＩＬを、より多くのバイオマスを処理するために再利用するさらなるステップを含んでもよく、任意選択で、ＩＬの少なくとも９０、９１、９２、９３、９４、９５、９６、９７、９８、または９９％が回収されてもよい。別の実施形態において、イオン液体は、約１、２、３、４、５、６、７、８、９、１０、１１、１２、１３、１４、１５、１６、１７、１８、１９、２０、２１、２２、２３、２４、または２５％を超えない含水量を有してもよい。

【００５５】

〔００５５〕　一実施形態において、方法は、バイオマスを膨潤させるのに十分な量のイオン液体（ＩＬ）中で十分な時間、バイオマスをインキュベートすることを含む。

【００５６】

〔００５６〕　一実施形態において、バイオマスは、撹拌を伴うさらなる加熱、超音波

加熱、電磁（ＥＭ）加熱、高周波（ＲＦ）加熱、赤外線（ＩＲ）加熱、対流加熱、伝導加熱、マイクロ波照射、またはそれらの組み合わせに、任意選択で加熱中の断続的な撹拌と共に供されてもよい。一実施形態において、さらなる加熱は、同時に、または逐次的に、第１の種類の加熱に加えられてもよい。

【００５７】

〔００５７〕　一実施形態において、イオン液体は、約１０℃から１６０℃の範囲の温度で溶融してもよく、カチオンまたはアニオンを含む。別の実施形態において、イオン液体は、アンモニウム、スルホニウム、ホスホニウム、リチウム、イミダゾリウム、ピリジニウム、ピコリニウム、ピロリジニウム、チアゾリウム、トリアゾリウム、オキサゾリウム、またはそれらの組み合わせを含むカチオン構造を含んでもよい。別の実施形態において、イオン液体は、イミダゾリウム、ピロリジニウム、ピリジニウム、ホスホニウム、アンモニウム、またはそれらの組み合わせから選択されるカチオンを含んでもよい。別の実施形態において、イオン液体（ＩＬ）は、１－ｎ－ブチル－３－メチルイミダゾリウムクロリド、１－アリル－３－メチルイミダゾリウムクロリド、３－メチル－Ｎ－ブチルピリジニウムクロリド、１－エチル－３－メチルイミダゾリウムアセテート、１－エチル－３－メチルイミダゾリウムプロピオネート、またはそれらの組み合わせであってもよい。

【００５８】

〔００５８〕　一実施形態において、方法は、連続プロセスであってもよい。別の実施形態において、方法は、バッチプロセスであってもよい。

【００５９】

〔００５９〕　一実施形態において、高周波（ＲＦ）加熱を受けている前記バイオマスの状態は、センサ、任意選択で液体流量センサ、熱電対センサ、温度センサ、塩分センサ、またはそれらの組み合わせを用いて監視されてもよい。別の実施形態において、方法は、イオン液体の量、インキュベーションの時間、またはバイオマスの温度を調節することを含んでもよい。

【００６０】

〔００６０〕　一実施形態において、赤外線（ＩＲ）加熱を受けている前記バイオマスの状態は、センサ、任意選択で液体流量センサ、熱電対センサ、温度センサ、塩分センサ、またはそれらの組み合わせを用いて監視されてもよい。別の実施形態において、方法は、イオン液体の量、インキュベーションの時間、またはバイオマスの温度を調節することを含んでもよい。

【００６１】

〔００６１〕　一実施形態において、バイオマスは、イオン液体中に溶解しなくてもよい。別の実施形態において、バイオマスは、イオン液体中に実質的に溶解しなくてもよい。

【００６２】

〔００６２〕　一実施形態において、バイオマスは、イオン液体中に溶解してもよい。別の実施形態において、バイオマスは、イオン液体中に実質的に溶解してもよい。別の実施形態において、溶解したバイオマス、任意選択でセルロースまたはヘミセルロースは、貧溶媒の使用により再生されてもよい。別の実施形態において、貧溶媒は、水、メタノール、エタノール、アセテート、またはそれらの混合物であってもよい。

【００６３】

〔００６３〕　一実施形態において、方法は、前記処理されたバイオマスを、生化学試薬、任意選択で酵素で処理して、セルロースおよびヘミセルロースを糖、任意選択で六炭糖および五炭糖に変換することをさらに含んでもよい。別の実施形態において、セルロースおよびヘミセルロースを変換するために使用される生化学試薬は、酵素、任意選択でヘミセルラーゼ、セルラーゼ、エンドグルカナーゼ、エキソグルカナーゼ、および１－β－グルコシダーゼの酵素混合物であってもよい。別の実施形態において、セルラーゼは、セロビオヒドロラーゼ、エンドセルラーゼ、エキソセルラーゼ、セロビアーゼ、エンド－ベーター１，４－グルカナーゼ、ベーター１，４－グルカナーゼ、またはそれらの混合物で

あってもよい。

【００６４】

〔００６４〕　別の実施形態において、ヘミセルラーゼは、ラミナリナーゼ、リケナーゼ、キシラナーゼ、またはそれらの混合物であってもよい。別の実施形態において、酵素混合物は、キシラナーゼ、アラビナーゼ、またはそれらの混合物をさらに含んでもよい。別の実施形態において、生化学試薬は、好熱性酵素、任意選択で約７０℃まで活性である酵素である。別の実施形態において、バイオマスは、少なくとも約５０～１００℃、４０℃、５５℃、または７０℃に加熱されてもよい。

【００６５】

〔００６５〕　別の実施形態において、糖は、再生可能燃料、化学物質および材料、任意選択でエタノール、ブタノール、乳酸、ガソリン、バイオディーゼル、メタン、水素、電気、プラスチック、複合材、タンパク質、薬物、肥料またはそれらの他の成分に変換されてもよい。別の実施形態において、化学物質は、コハク酸、グリセロール、３－ヒドロプロピオン酸、２，５－ジメチルフラン（ＤＭＦ）、５－ヒドロキシメチルフルフラール（ＨＭＦ）、フルフラール、２，５－フランジカルボン酸、イタコン酸、レブリン酸、アルデヒド、アルコール、アミン、テレフタル酸、ヘキサメチレンジアミン、イソプレン、ポリヒドロキシアルカノエート、１，３－プロパンジオール、またはそれらの混合物であってもよい。

【００６６】

〔００６６〕　一実施形態において、方法は、酵素を回収することをさらに含んでもよい。

【００６７】

〔００６７〕　一実施形態において、処理は、タンパク質およびリグニンを含んでもよい固形残渣を生成する。別の実施形態において、リグニンは、燃料、化学物質、ポリマー、またはそれらの混合物に変換されてもよい。

【００６８】

〔００６８〕　一実施形態において、方法は、前記処理されたバイオマスを、化学試薬で処理して、セルロースおよびヘミセルロースを糖、任意選択で六炭糖および五炭糖に変換することをさらに含んでもよい。別の実施形態において、糖は、化学物質、任意選択でコハク酸、グリセロール、３－ヒドロプロピオン酸、２，５－ジメチルフラン（ＤＭＦ）、５－ヒドロキシメチルフルフラール（ＨＭＦ）、フルフラール、２，５－フランジカルボン酸、イタコン酸、レブリン酸、アルデヒド、アルコール、アミン、テレフタル酸、ヘキサメチレンジアミン、イソプレン、ポリヒドロキシアルカノエート、１，３－プロパンジオール、またはそれらの混合物に変換されてもよい。

【００６９】

〔００６９〕　別の実施形態において、リグノセルロース系バイオマスの構造の分断のための方法は、バイオマスをイオン液体（ＩＬ）中でインキュベートすることと、高周波（ＲＦ）加熱、赤外線（ＩＲ）加熱、超音波、電磁（ＥＭ）、対流、伝導加熱、またはそれらの組み合わせを適用することとを含んでもよい。

【００７０】

〔００７０〕　別の実施形態において、バイオマスの炭水化物から糖への変換のための方法は、（ａ）バイオマスをイオン液体（ＩＬ）中で混合して、バイオマス／ＩＬスラリーを形成することと、（ｂ）バイオマス／ＩＬスラリーに高周波（ＲＦ）加熱を適用して、標的温度範囲、任意選択で５０～２２０℃に加熱することと、（ｃ）バイオマス／ＩＬスラリーに、超音波、電磁（ＥＭ）、対流、伝導加熱、またはそれらの組み合わせを適用して、スラリーを前記標的温度範囲に維持することと、（ｄ）処理されたバイオマスを洗浄することと、（ｅ）処理されたバイオマスを加水分解して、糖、任意選択で五炭糖および六炭糖を生成し、リグニンを放出することとを含んでもよい。

【００７１】

〔００７１〕　別の実施形態において、セルロースから糖への変換のための方法は、（

ａ）バイオマスをイオン液体（ＩＬ）中で混合して、バイオマス／ＩＬスラリーを形成することと、（ｂ）バイオマス／ＩＬスラリーに高周波（ＲＦ）加熱を適用して、標的温度範囲、任意選択で５０～２２０℃に加熱することと、（ｃ）バイオマス／ＩＬスラリーに、超音波、電磁（ＥＭ）、対流、伝導加熱、またはそれらの組み合わせを適用して、スラリーを前記標的温度範囲に維持することと、（ｄ）貧溶媒との混合により、非晶質セルロースおよび／または結晶化度の低いセルロースを沈殿させることと、（ｅ）セルロースから糖への加水分解を促進する条件下で、セルロース沈殿物にセルラーゼを添加することとを含んでもよい。別の実施形態において、加熱は、電磁加熱、電磁スペクトル内の可変周波数の使用による加熱、可変周波数加熱、またはそれらの組み合わせであってもよい。

【００７２】

〔００７２〕　別の実施形態において、バイオマスの処理のための方法は、（ａ）イオン液体（ＩＬ）中にバイオマスを溶解させることなく、バイオマスを膨潤させるのに十分な量のＩＬ中で十分な時間、バイオマスをインキュベートすることと、（ｂ）バイオマス／ＩＬスラリーに高周波（ＲＦ）加熱を適用して、標的温度範囲、任意選択で５０～２２０℃に加熱することと、（ｃ）バイオマス／ＩＬスラリーに超音波加熱を適用して、スラリーを前記標的温度範囲に維持することと、（ｄ）処理されたバイオマスを、水およびＩＬと混和性であってもよいセルロースに対する液体非溶媒で洗浄することと、（ｅ）前記洗浄された処理されたバイオマスを、セルロースおよびヘミセルロースを加水分解することができる酵素を含む緩衝水溶液に接触させ、糖、任意選択で六炭糖および五炭糖を生成することとを含んでもよい。別の実施形態において、加熱は、電磁加熱、電磁スペクトル内の可変周波数の使用による加熱、可変周波数加熱、またはそれらの組み合わせであってもよい。

【００７３】

〔００７３〕　別の実施形態において、バイオマスの炭水化物から糖への変換のための方法は、（ａ）バイオマスをイオン液体（ＩＬ）中で混合して、バイオマスを膨潤させることと、（ｂ）バイオマスに高周波（ＲＦ）加熱を適用して、標的温度範囲、任意選択で５０～２２０℃に加熱することと、（ｃ）バイオマスに、超音波、電磁（ＥＭ）、対流、伝導加熱、またはそれらの組み合わせを適用して、バイオマスを前記標的温度範囲に維持することと、（ｄ）処理されたバイオマスを洗浄することと、（ｅ）処理されたバイオマスを加水分解して、糖、任意選択で五炭糖および六炭糖を生成し、リグニンを放出することとを含んでもよい。

【００７４】

〔００７４〕　別の実施形態において、セルロースから糖への変換のための方法は、（ａ）バイオマスをイオン液体（ＩＬ）中で混合して、バイオマスを膨潤させることと、（ｂ）バイオマスに高周波（ＲＦ）加熱を適用して、標的温度範囲、任意選択で５０～２２０℃に加熱することと、（ｃ）ＩＬ膨潤バイオマスに、超音波、電磁（ＥＭ）、対流、伝導加熱、またはそれらの組み合わせを適用して、バイオマスを前記標的温度範囲に維持することと、（ｄ）貧溶媒との混合により、非晶質セルロースおよび／または結晶化度の低いセルロースを沈殿させることと、（ｅ）セルロースから糖への加水分解を促進する条件下で、セルロース沈殿物にセルラーゼを添加することとを含んでもよい。別の実施形態において、加熱は、電磁加熱、電磁スペクトル内の可変周波数の使用による加熱、可変周波数加熱、またはそれらの組み合わせであってもよい。

【００７５】

〔００７５〕　別の実施形態において、バイオマスの処理のための方法は、（ａ）イオン液体（ＩＬ）中にバイオマスを溶解させることなく、バイオマスを膨潤させるのに十分な量のＩＬ中で十分な時間、バイオマスをインキュベートすることと、（ｂ）バイオマスに高周波（ＲＦ）加熱を適用して、標的温度範囲、任意選択で５０～２２０℃に加熱することと、（ｃ）バイオマスに超音波加熱を適用して、バイオマスを前記標的温度範囲に維持することと、（ｄ）処理されたバイオマスを、水およびＩＬと混和性であってもよいセルロースに対する液体非溶媒で洗浄することと、（ｅ）前記洗浄された処理されたバイオ

マスを、セルロースおよびヘミセルロースを加水分解することができる酵素を含む緩衝水溶液に接触させ、糖、任意選択で六炭糖および五炭糖を生成するステップとを含んでもよい。別の実施形態において、加熱は、電磁加熱、電磁スペクトル内の可変周波数の使用による加熱、可変周波数加熱、またはそれらの組み合わせであってもよい。

【００７６】

〔００７６〕　別の実施形態において、バイオマスの炭水化物から糖への変換のための方法は、（ａ）バイオマスをイオン液体（ＩＬ）中で混合して、バイオマス／ＩＬスラリーを形成することと、（ｂ）バイオマス／ＩＬスラリーに赤外線（ＩＲ）加熱を適用して、標的温度範囲、任意選択で５０～２２０℃に加熱することと、（ｃ）バイオマス／ＩＬスラリーに、超音波、電磁（ＥＭ）、高周波加熱（ＲＦ）加熱、対流加熱、伝導加熱、またはそれらの組み合わせを適用して、スラリーを前記標的温度範囲に維持することと、（ｄ）処理されたバイオマスを洗浄することと、（ｅ）処理されたバイオマスを加水分解して、糖、任意選択で五炭糖および六炭糖を生成し、リグニンを放出することとを含んでもよい。

【００７７】

〔００７７〕　別の実施形態において、セルロースから糖への変換のための方法は、（ａ）バイオマスをイオン液体（ＩＬ）中で混合して、バイオマス／ＩＬスラリーを形成することと、（ｂ）バイオマス／ＩＬスラリーに赤外線（ＩＲ）加熱を適用して、標的温度範囲、任意選択で５０～２２０℃に加熱することと、（ｃ）バイオマス／ＩＬスラリーに、超音波、電磁（ＥＭ）、高周波（ＲＦ）加熱、対流加熱、伝導加熱、またはそれらの組み合わせを適用して、スラリーを前記標的温度範囲に維持することと、（ｄ）貧溶媒との混合により、非晶質セルロースおよび／または結晶化度の低いセルロースを沈殿させることと、（ｅ）セルロースから糖への加水分解を促進する条件下で、セルロース沈殿物にセルラーゼを添加することとを含んでもよい。別の実施形態において、加熱は、電磁加熱、電磁スペクトル内の可変周波数の使用による加熱、可変周波数加熱、またはそれらの組み合わせであってもよい。

【００７８】

〔００７８〕　別の実施形態において、バイオマスの処理のための方法は、（ａ）イオン液体（ＩＬ）中にバイオマスを溶解させることなく、バイオマスを膨潤させるのに十分な量のＩＬ中で十分な時間、バイオマスをインキュベートすることと、（ｂ）バイオマス／ＩＬスラリーに赤外線（ＩＲ）加熱を適用して、標的温度範囲、任意選択で５０～２２０℃に加熱することと、（ｃ）バイオマス／ＩＬスラリーに超音波加熱を適用して、スラリーを前記標的温度範囲に維持することと、（ｄ）処理されたバイオマスを、水およびＩＬと混和性であってもよいセルロースに対する液体非溶媒で洗浄することと、（ｅ）前記洗浄された処理されたバイオマスを、セルロースおよびヘミセルロースを加水分解することができる酵素を含む緩衝水溶液に接触させ、糖、任意選択で六炭糖および五炭糖を生成することとを含んでもよい。別の実施形態において、加熱は、電磁加熱、電磁スペクトル内の可変周波数の使用による加熱、可変周波数加熱、またはそれらの組み合わせであってもよい。

【００７９】

〔００７９〕　別の実施形態において、バイオマスの炭水化物から糖への変換のための方法は、（ａ）バイオマスをイオン液体（ＩＬ）中で混合して、バイオマスを膨潤させることと、（ｂ）バイオマスに赤外線（ＩＲ）加熱を適用して、標的温度範囲、任意選択で５０～２２０℃に加熱することと、（ｃ）バイオマスに、超音波、電磁（ＥＭ）、高周波（ＲＦ）加熱、対流加熱、伝導加熱、またはそれらの組み合わせを適用して、バイオマスを前記標的温度範囲に維持することと、（ｄ）処理されたバイオマスを洗浄することと、（ｅ）処理されたバイオマスを加水分解して、糖、任意選択で五炭糖および六炭糖を生成し、リグニンを放出することとを含んでもよい。

【００８０】

〔００８０〕　別の実施形態において、セルロースから糖への変換のための方法は、（

ａ）バイオマスをイオン液体（ＩＬ）中で混合して、バイオマスを膨潤させることと、（ｂ）バイオマスに赤外線（ＩＲ）加熱を適用して、標的温度範囲、任意選択で５０～２２０℃に加熱することと、（ｃ）ＩＬ膨潤バイオマスに、超音波、電磁（ＥＭ）、高周波（ＲＦ）加熱、対流加熱、伝導加熱、またはそれらの組み合わせを適用して、バイオマスを前記標的温度範囲に維持することと、（ｄ）貧溶媒との混合により、非晶質セルロースおよび／または結晶化度の低いセルロースを沈殿させることと、（ｅ）セルロースから糖への加水分解を促進する条件下で、セルロース沈殿物にセルラーゼを添加することとを含んでもよい。別の実施形態において、加熱は、電磁加熱、電磁スペクトル内の可変周波数の使用による加熱、可変周波数加熱、またはそれらの組み合わせであってもよい。

【００８１】

〔００８１〕　別の実施形態において、バイオマスの処理のための方法は、（ａ）イオン液体（ＩＬ）中にバイオマスを溶解させることなく、バイオマスを膨潤させるのに十分な量のＩＬ中で十分な時間、バイオマスをインキュベートすることと、（ｂ）バイオマスに赤外線（ＩＲ）加熱を適用して、標的温度範囲、任意選択で５０～２２０℃に加熱することと、（ｃ）バイオマスに超音波加熱を適用して、バイオマスを前記標的温度範囲に維持することと、（ｄ）処理されたバイオマスを、水およびＩＬと混和性であってもよいセルロースに対する液体非溶媒で洗浄することと、（ｅ）前記洗浄された処理されたバイオマスを、セルロースおよびヘミセルロースを加水分解することができる酵素を含む緩衝水溶液に接触させ、糖、任意選択で六炭糖および五炭糖を生成するステップとを含んでもよい。別の実施形態において、加熱は、電磁加熱（例えば、高周波（ＲＦ）加熱、赤外線（ＩＲ）加熱）、電磁スペクトル内の可変周波数の使用による加熱、可変周波数加熱、またはそれらの組み合わせであってもよい。

【００８２】

〔００８２〕　一実施形態において、洗浄に使用される液体非溶媒は、水、アルコール、アセトニトリル、またはＩＬを溶解し、それによりバイオマスからＩＬを抽出する溶媒であってもよい。別の実施形態において、アルコールは、エタノール、メタノール、ブタノール、プロパノール、またはそれらの混合物であってもよい。別の実施形態において、方法は、活性炭処理、蒸留、膜分離、電気化学的分離技術、固相（ｓｏｌｄ－ｐｈａｓｅ）抽出液－液抽出、またはそれらの組み合わせから選択される方法により、ＩＬを液体非溶媒から回収することをさらに含んでもよい。別の実施形態において、加熱は、電磁加熱、電磁スペクトル内の可変周波数の使用による加熱、可変周波数加熱、またはそれらの組み合わせであってもよい。

【００８３】

〔００８３〕　一実施形態において、処理は、タンパク質およびリグニンを含む固形残渣を生成してもよい。別の実施形態において、処理は、リグニンを含む固形残渣を生成してもよい。別の実施形態において、リグニンは、燃料、化学物質、ポリマー、またはそれらの混合物に変換されてもよい。別の実施形態において、洗浄液が回収され、イオン液体を脱水するためにＲＦ加熱で処理されてもよい。

【００８４】

〔００８４〕　別の実施形態において、バイオマスの酸分解の方法は、（ａ）バイオマスをイオン液体（ＩＬ）中で混合して、バイオマス／ＩＬスラリーを形成することと、（ｂ）酸、任意選択で硫酸、塩酸、硝酸、またはリン酸を添加し、任意選択で、スラリーのｐＨをｐＨ７未満に、任意選択で１～６の間のｐＨに下げることと、（ｃ）バイオマス／ＩＬスラリーに高周波（ＲＦ）加熱を適用して、標的温度範囲、任意選択で５０～２２０℃に加熱することと、（ｄ）バイオマス／ＩＬスラリーに、超音波加熱を適用して、スラリーを前記標的温度範囲に維持することとを含んでもよい。

【００８５】

〔００８５〕　本発明はまた、バイオマスの酸分解の方法であって、（ａ）バイオマスをイオン液体（ＩＬ）中で混合して、バイオマス／ＩＬスラリーを形成することと、（ｂ）酸、任意選択で硫酸、塩酸、硝酸、またはリン酸を添加し、任意選択で、スラリーのｐ

Ｈをｐ Ｈ７未満に、任意選択で１～６の間のｐＨに下げることと、（ｃ）バイオマス／ＩＬスラリーに高周波（ＲＦ）加熱を適用して、標的温度範囲、任意選択で５０～２２０℃に加熱することと、（ｄ）バイオマス／ＩＬスラリーに、超音波加熱を適用して、スラリーを前記標的温度範囲に維持することと、（ｅ）任意選択で、処理されたバイオマスを洗浄することと、（ｆ）糖、任意選択で五炭糖および六炭糖、ならびに放出リグニンを回収することとを含む方法を提供する。別の実施形態において、方法は、バイオマス／ＩＬスラリーのｐＨを中性化するための、塩基、任意選択でＮａＯＨまたはＫＯＨの添加をさらに含んでもよい。

【００８６】

〔００８６〕　別の実施形態において、バイオマスの酸分解の方法は、（ａ）バイオマスをイオン液体（ＩＬ）中で混合して、バイオマスを膨潤させることと、（ｂ）酸、任意選択で硫酸、塩酸、硝酸、またはリン酸を添加し、任意選択で、バイオマスのｐＨをｐＨ７未満に、任意選択で１～６の間のｐＨに下げることと、（ｃ）バイオマスに高周波（ＲＦ）加熱を適用して、標的温度範囲、任意選択で５０～２２０℃に加熱することと、（ｄ）バイオマスに、超音波加熱を適用して、バイオマスを前記標的温度範囲に維持することとを含んでもよい。

【００８７】

〔００８７〕　本発明はまた、バイオマスの酸分解の方法であって、（ａ）バイオマスをイオン液体（ＩＬ）中で混合して、バイオマスを膨潤させることと、（ｂ）酸、任意選択で硫酸、塩酸、硝酸、またはリン酸を添加し、任意選択で、バイオマスのｐＨをｐＨ７未満に、任意選択で１～６の間のｐＨに下げることと、（ｃ）バイオマスに高周波（ＲＦ）加熱を適用して、標的温度範囲、任意選択で５０～２２０℃に加熱することと、（ｄ）ＩＬ膨潤バイオマスに、超音波加熱を適用して、バイオマスを前記標的温度範囲に維持することと、（ｅ）任意選択で、処理されたバイオマスを洗浄することと、（ｆ）糖、任意選択で五炭糖および六炭糖、ならびに放出リグニンを回収することとを含む方法を提供する。別の実施形態において、方法は、バイオマスのｐＨを中性化するための、塩基、任意選択でＮａＯＨまたはＫＯＨの添加をさらに含んでもよい。

【００８８】

〔００８８〕　別の実施形態において、バイオマスの酸分解の方法は、（ａ）バイオマスをイオン液体（ＩＬ）中で混合して、バイオマス／ＩＬスラリーを形成することと、（ｂ）酸、任意選択で硫酸、塩酸、硝酸、またはリン酸を添加し、任意選択で、スラリーのｐＨをｐＨ７未満に、任意選択で１～６の間のｐＨに下げることと、（ｃ）バイオマス／ＩＬスラリーに赤外線（ＩＲ）加熱を適用して、標的温度範囲、任意選択で５０～２２０℃に加熱することと、（ｄ）バイオマス／ＩＬスラリーに、超音波加熱を適用して、スラリーを前記標的温度範囲に維持することとを含んでもよい。

【００８９】

〔００８９〕　本発明はまた、バイオマスの酸分解の方法であって、（ａ）バイオマスをイオン液体（ＩＬ）中で混合して、バイオマス／ＩＬスラリーを形成することと、（ｂ）酸、任意選択で硫酸、塩酸、硝酸、またはリン酸を添加し、任意選択で、スラリーのｐＨをｐＨ７未満に、任意選択で１～６の間のｐＨに下げることと、（ｃ）バイオマス／ＩＬスラリーに赤外線（ＩＲ）加熱を適用して、標的温度範囲、任意選択で５０～２２０℃に加熱することと、（ｄ）バイオマス／ＩＬスラリーに、超音波加熱を適用して、スラリーを前記標的温度範囲に維持することと、（ｅ）任意選択で、処理されたバイオマスを洗浄することと、（ｆ）糖、任意選択で五炭糖および六炭糖、ならびに放出リグニンを回収することとを含む方法を提供する。別の実施形態において、方法は、バイオマス／ＩＬスラリーのｐＨを中性化するための、塩基、任意選択でＮａＯＨまたはＫＯＨの添加をさらに含んでもよい。

【００９０】

〔００９０〕　別の実施形態において、バイオマスの酸分解の方法は、（ａ）バイオマスをイオン液体（ＩＬ）中で混合して、バイオマスを膨潤させることと、（ｂ）酸、任意

選択で硫酸、塩酸、硝酸、またはリン酸を添加し、任意選択で、バイオマスのｐＨをｐＨ７未満に、任意選択で１～６の間のｐＨに下げることと、（ｃ）バイオマスに赤外線（ＩＲ）加熱を適用して、標的温度範囲、任意選択で５０～２２０℃に加熱することと、（ｄ）バイオマスに、超音波加熱を適用して、バイオマスを前記標的温度範囲に維持することとを含んでもよい。

【００９１】

〔００９１〕　本発明はまた、バイオマスの酸分解の方法であって、（ａ）バイオマスをイオン液体（ＩＬ）中で混合して、バイオマスを膨潤させることと、（ｂ）酸、任意選択で硫酸、塩酸、硝酸、またはリン酸を添加し、任意選択で、バイオマスのｐＨをｐＨ７未満に、任意選択で１～６の間のｐＨに下げることと、（ｃ）バイオマスに赤外線（ＩＲ）加熱を適用して、標的温度範囲、任意選択で５０～２２０℃に加熱することと、（ｄ）ＩＬ膨潤バイオマスに、超音波加熱を適用して、バイオマスを前記標的温度範囲に維持することと、（ｅ）任意選択で、処理されたバイオマスを洗浄することと、（ｆ）糖、任意選択で五炭糖および六炭糖、ならびに放出リグニンを回収することとを含む方法を提供する。別の実施形態において、方法は、バイオマスのｐＨを中性化するための、塩基、任意選択でＮａＯＨまたはＫＯＨの添加をさらに含んでもよい。

【００９２】

〔００９２〕　別の実施形態において、加熱は、電磁加熱、電磁スペクトル内の可変周波数の使用による加熱、可変周波数加熱、またはそれらの組み合わせであってもよい。さらなる実施形態において、ｐＨは、約１、２、３、３．５、４、４．５、５、５．５、５．８、６、６．５、または６．８であってもよい。さらに別の実施形態において、ｐＨは、約１～３、２～４、３～５、２～６、３．５～４．５、または４～６であってもよい。さらなる実施形態において、温度は、約１００℃、１０５℃、１１０℃、１１５℃、１２０℃、１３０℃、１４０℃、１５０℃、１６０℃、１２０℃～１５０℃、１３０℃～１４０℃、または１００℃～１５０℃であってもよい。

【００９３】

〔００９３〕　一実施形態において、バイオマスを処理するためのシステムは、少なくとも１つの電磁（ＥＭ）炉と、少なくとも１つのコンベヤベルトを備える移動プラットフォームであって、移動プラットフォームの第１の端部のコンベヤベルト上でバイオマスを受容して、電磁（ＥＭ）炉を通してバイオマスを移動させ、それによりイオン液体と組み合わせて高周波処理によりバイオマスを処理するように構成され、任意選択で、フィードバックシステムに連結されたセンサネットワークを備える、移動プラットフォームとを備えてもよい。別の実施形態において、バイオマスを処理するためのシステムは、少なくとも１つの電磁（ＥＭ）炉と、少なくとも１つのコンベヤベルトを備える移動プラットフォームであって、移動プラットフォームの第１の端部のコンベヤベルト上でバイオマスを受容して、電磁（ＥＭ）炉を通してバイオマスを移動させ、それによりイオン液体と組み合わせて赤外線（ＩＲ）加熱処理によりバイオマスを処理するように構成され、任意選択で、フィードバックシステムに連結されたセンサネットワークを備える、移動プラットフォームとを備えてもよい。別の実施形態において、電磁（ＥＭ）炉は、高周波（ＲＦ）加熱または赤外線（ＩＲ）加熱によりバイオマスを加熱してもよい。

【００９４】

〔００９４〕　一実施形態において、バイオマスを処理するためのシステムは、バイオマスが洗浄され得る洗浄ゾーンに連結された、バイオマスが可変ＲＦ処理に供され得る可変上部電極および固定下部電極を備える可変ＲＦ処理ゾーンに連結された、バイオマスがイオン液体と混合され得る混合ゾーンを備えてもよく、任意選択で、フィードバックシステムに連結されたセンサネットワークを備えてもよい。

【００９５】

〔００９５〕　一実施形態において、バイオマスを処理するためのシステムは、バイオマスが洗浄され得る洗浄ゾーンに連結された、バイオマスが赤外線（ＩＲ）熱処理に供され得る可変上部電極および固定下部電極を備える赤外線（ＩＲ）熱処理ゾーンに連結され

た、バイオマスがイオン液体と混合され得る混合ゾーンを備えてもよく、任意選択で、フィードバックシステムに連結されたセンサネットワークを備えてもよい。

【００９６】

〔００９６〕　一実施形態において、バイオマスを処理するためのシステムは、バイオマスが洗浄される洗浄ゾーンに連結された、バイオマスが電磁（ＥＭ）、任意選択で高周波または赤外線（ＩＲ）処理に供される可変上部電極および固定下部電極を備える電磁（ＥＭ）、任意選択で高周波または赤外線（ＩＲ）処理ゾーンに連結された、バイオマスがイオン液体と混合される混合ゾーンを備えてもよく、任意選択で、フィードバックシステムに連結されたセンサネットワークを備えてもよい。

【００９７】

〔００９７〕　一実施形態において、バイオマスを処理するためのシステムは、時間、温度、圧力、およびリアクタ容器の内部の含水量を制御するためのフィードバック手段に連結されたセンサネットワークに連結されたリアクタ容器を備えてもよい。

【００９８】

〔００９８〕　さらに別の実施形態において、バイオマス（例えば、木質バイオマス、原料、農業バイオマス）を処理するための方法および装置は、バイオマス（例えば、木質バイオマス、原料、および農業バイオマス）の高固形投入率（例えば、＞３０％ｗ／ｗ）での効果的な均一処理のために、高周波およびより低いマイクロ波周波数範囲内の電磁波と共にイオン液体を使用する。木、セルロースおよびリグニンは熱伝導性が低いことを考慮すると、伝導または対流による加熱に基づき高固形投入率でリアクタを操作するには、大きな容積／表面積を有するリアクタが必要である。これらの状況において、流体がバイオマスまたはその成分中に分散している場合であっても、高周波（ＲＦ）を使用して、イオン液体またはイオン含量を有する他の流体または極性流体を加熱することができる。正確な制御システムと連結して、リアクタ内の混合物の滞留時間および温度を制御し、プロセスを異なる規模で成功裏に実行することができる。システムは、薄膜フィルタに連結されてもよい。薄膜フィルタは、限外濾過、ナノ濾過、逆浸透、事前蒸発、またはそれらの組み合わせを含む膜処理であってもよい。システムはまた、燃料ガス等、流体からのガスの分離を可能にし得る。

【００９９】

〔００９９〕　さらに別の実施形態において、バイオマス（例えば、木質バイオマス、原料、農業バイオマス）を処理するための方法および装置は、バイオマス（例えば、木質バイオマス、原料、および農業バイオマス）の高固形投入率（例えば、＞３０％ｗ／ｗ）での効果的な均一処理のために、赤外線（ＩＲ）周波数範囲内の電磁波と共にイオン液体を使用する。木、セルロースおよびリグニンは熱伝導性が低いことを考慮すると、伝導または対流による加熱に基づき高固形投入率でリアクタを操作するには、大きな容積／表面積を有するリアクタが必要である。これらの状況において、流体がバイオマスまたはその成分中に分散している場合であっても、赤外線（ＩＲ）を使用して、イオン液体またはイオン含量を有する他の流体または極性流体を加熱することができる。正確な制御システムと連結して、リアクタ内の混合物の滞留時間および温度を制御し、プロセスを異なる規模で成功裏に実行することができる。システムは、薄膜フィルタに連結されてもよい。薄膜フィルタは、限外濾過、ナノ濾過、逆浸透、事前蒸発、またはそれらの組み合わせを含む膜処理であってもよい。システムはまた、燃料ガス等、流体からのガスの分離を可能にし得る。

【０１００】

〔０１００〕　一実施形態において、本発明は、リグノセルロース系バイオマス、その構成成分のもう１つ、藻類、石炭、セルロース、リグニンを、燃料、化学物質、材料および他の付加価値生成物への変換のために処理するための方法を提供する。別の実施形態において、本発明は、バイオマスおよび誘導生成物から、再生可能燃料、化学物質、および材料への効果的および適した変換のために、高周波電磁照射および／または超音波加熱を利用して、バイオマススラリー、溶液、および懸濁液を処理するための方法を提供する。

別の実施形態において、本発明は、バイオマスおよび誘導生成物から、再生可能燃料、化学物質、および材料への効果的および適した変換のために、電磁照射および／または超音波加熱を利用して、バイオマススラリー、溶液、および懸濁液を処理するためのシステムを提供する。

【０１０１】

〔０１０１〕　ある特定の実施形態において、本発明は、バイオマスの高周波誘電処理の開発に関する。いくつかの実施形態において、本発明は、イオン液体処理プロセスのための誘電加熱処理の利用に関する。いくつかの実施形態において、この関係は、再生可能燃料、化学物質および材料の生成のための誘電加熱方法および装置を用い、イオン液体、水溶液、酸性－塩基性溶液、化学的－生物学的触媒を使用したバイオマスの効果的な低～高固形投入率処理の発明に関連した。いくつかの実施形態において、本発明は、イオン液体からなる希薄水溶液または非水溶液のＲＦ波加熱の利用による、不揮発性イオン液体溶液の濃縮に関する。いくつかの実施形態において、本発明は、バイオマス処理、処理、洗浄、および回収プロセスのバッチまたは連続処理のための方法および装置の開発に関する。

【０１０２】

〔０１０２〕　一実施形態において、バイオマスを処理するための方法は、バイオマスをイオン液体（ＩＬ）と混合して、スラリーを形成することと、前記バイオマス／ＩＬスラリーを、電磁エネルギー（例えば、高周波エネルギー）および超音波加熱で加熱して、処理されたバイオマスを得ることと、処理されたバイオマスを洗浄することと、前記処理されたバイオマスを酵素に接触させ、処理されたバイオマスを多糖類に変換し、結合タンパク質およびリグニンを放出することとを含んでもよい。一実施形態において、方法は、高周波加熱による均一な熱浸透を含んでもよい。別の実施形態において、イオン液体は、セルロースまたはヘミセルロースの構造中の水素結合を分断することができてもよい。一実施形態において、イオン液体は、インキュベーション中に溶融する。別の実施形態において、イオン液体（ＩＬ）は、回収および再利用されてもよい。さらなる実施形態において、ＩＬは、高周波加熱の適用により脱水されてもよい。別の実施形態において、加水分解において使用される酵素は、回収および再利用されてもよい。

【０１０３】

〔０１０３〕　一実施形態において、バイオマスを処理するための方法は、バイオマスをイオン液体（ＩＬ）と混合して、バイオマスを膨潤させることと、前記バイオマスを、電磁エネルギー（例えば、高周波エネルギー）および超音波加熱で加熱して、処理されたバイオマスを得ることと、処理されたバイオマスを洗浄することと、前記処理されたバイオマスを酵素に接触させ、処理されたバイオマスを多糖類に変換し、結合タンパク質およびリグニンを放出することとを含んでもよい。一実施形態において、方法は、高周波加熱による均一な熱浸透を含んでもよい。別の実施形態において、イオン液体は、セルロースまたはヘミセルロースの構造中の水素結合を分断することができてもよい。一実施形態において、イオン液体は、インキュベーション中に溶融する。別の実施形態において、イオン液体（ＩＬ）は、回収および再利用されてもよい。さらなる実施形態において、ＩＬは、高周波加熱の適用により脱水されてもよい。別の実施形態において、加水分解において使用される酵素は、回収および再利用されてもよい。

【０１０４】

〔０１０４〕　別の実施形態において、バイオマスのＩＬインキュベーションのステップ中の時間および温度は、加水分解ステップ中の加水分解酵素および水の浸透を向上させるために、バイオマスのマトリックスを十分に膨潤させるように最適化されてもよい。さらなる実施形態において、インキュベーションステップは、約５分から８時間、任意選択で約５～３０分の範囲の期間、バイオマスをイオン液体中でインキュベートすることと、高周波および超音波の組み合わせ、ＥＭ、対流、伝導加熱、またはそれらの組み合わせで、約５０℃～２００℃の範囲の温度で、約５～３０分間加熱することとを含む。さらなる実施形態において、処理されたバイオマスは、洗浄され、次いで加水分解されて、五炭糖

および六炭糖、ならびにリグニンを生成してもよい。別の実施形態において、糖は、再生可能燃料、化学物質、任意選択でエタノール、ブタノール、乳酸、ガソリン、バイオディーゼル、メタン、水素、プラスチック、タンパク質、薬物、または肥料に変換されてもよい。

【０１０５】

〔０１０５〕　一実施形態において、バイオマスを処理するための方法は、バイオマスをイオン液体（ＩＬ）と混合して、スラリーを形成することと、前記バイオマス／ＩＬスラリーを、電磁エネルギー、好ましくは赤外線（ＩＲ）エネルギー、および超音波加熱で加熱して、処理されたバイオマスを得ることと、処理されたバイオマスを洗浄することと、前記処理されたバイオマスを酵素に接触させ、処理されたバイオマスを多糖類に変換し、結合タンパク質およびリグニンを放出することとを含んでもよい。一実施形態において、方法は、高周波加熱による均一な熱浸透を含んでもよい。別の実施形態において、イオン液体は、セルロースまたはヘミセルロースの構造中の水素結合を分断することができてもよい。一実施形態において、イオン液体は、インキュベーション中に溶融する。別の実施形態において、イオン液体（ＩＬ）は、回収および再利用されてもよい。さらなる実施形態において、ＩＬは、高周波加熱の適用により脱水されてもよい。別の実施形態において、加水分解において使用される酵素は、回収および再利用されてもよい。

【０１０６】

〔０１０６〕　一実施形態において、バイオマスを処理するための方法は、バイオマスをイオン液体（ＩＬ）と混合して、バイオマスを膨潤させることと、前記バイオマスを、電磁エネルギー、好ましくは赤外線（ＩＲ）エネルギー、および超音波加熱で加熱して、処理されたバイオマスを得ることと、処理されたバイオマスを洗浄することと、前記処理されたバイオマスを酵素に接触させ、処理されたバイオマスを多糖類に変換し、結合タンパク質およびリグニンを放出することとを含んでもよい。一実施形態において、方法は、高周波加熱による均一な熱浸透を含んでもよい。別の実施形態において、イオン液体は、セルロースまたはヘミセルロースの構造中の水素結合を分断することができてもよい。一実施形態において、イオン液体は、インキュベーション中に溶融する。別の実施形態において、イオン液体（ＩＬ）は、回収および再利用されてもよい。さらなる実施形態において、ＩＬは、高周波加熱の適用により脱水されてもよい。別の実施形態において、加水分解において使用される酵素は、回収および再利用されてもよい。

【０１０７】

〔０１０７〕　別の実施形態において、バイオマスのＩＬインキュベーションのステップ中の時間および温度は、加水分解ステップ中の加水分解酵素および水の浸透を向上させるために、バイオマスのマトリックスを十分に膨潤させるように最適化されてもよい。さらなる実施形態において、インキュベーションステップは、約５分から８時間、任意選択で約５～３０分の範囲の期間、バイオマスをイオン液体中でインキュベートすることと、赤外線（ＩＲ）加熱および超音波の組み合わせ、ＥＭ、対流、伝導加熱、またはそれらの組み合わせで、約５０℃～２００℃の範囲の温度で、約５～３０分間加熱することとを含む。さらなる実施形態において、処理されたバイオマスは、洗浄され、次いで加水分解されて、五炭糖および六炭糖、ならびにリグニンを生成してもよい。別の実施形態において、糖は、再生可能燃料、化学物質、任意選択でエタノール、ブタノール、乳酸、ガソリン、バイオディーゼル、メタン、水素、プラスチック、タンパク質、薬物、または肥料に変換されてもよい。

【０１０８】

〔０１０８〕　一実施形態において、バイオマスは、イオン液体（ＩＬ）中に溶解してもよい。別の実施形態において、溶解したセルロースは、貧溶媒の使用により再生されてもよい。さらなる実施形態において、貧溶媒は、水、エタノール、メタノール、アセトン、またはそれらの混合物であってもよい。

【０１０９】

〔０１０９〕　一実施形態において、赤外放射線は、約４３０ＴＨｚから３００ＧＨｚ

の周波数範囲であってもよい。別の実施形態において、赤外放射線は、約０．７５～１．４μｍの近赤外（近ＩＲ）波長、約３～８μｍの中赤外（中ＩＲ）波長、または約１５～１，０００μｍの遠赤外（遠ＩＲ）波長であってもよい。

【０１１０】

〔０１１０〕　一実施形態において、バイオマスは、イオン液体（ＩＬ）と混合されて、バイオマス／ＩＬスラリー、懸濁液、または懸濁液（液相中）を形成してもよい。さらなる実施形態において、バイオマスは、イオン液体（ＩＬ）と混合されて膨潤するが、バイオマスを溶解しなくてもよい。

【０１１１】

〔０１１１〕　一実施形態において、リアクタには、高レベルのバイオマスが投入されてもよい。別の実施形態において、バイオマス－イオン液体スラリーは、少なくとも約１０％、２０％、３０％、４０％、５０％、６０％、７０％、８０％、９０％、または９５％ｗ／ｗの高固形投入率を有する。一実施形態において、リアクタには、高レベルのバイオマスが投入されてもよい。別の実施形態において、バイオマスは、少なくとも約１０％、２０％、３０％、４０％、５０％、６０％、７０％、８０％、９０％、または９５％ｗ／ｗの高固形投入率を有してもよい。さらなる実施形態において、バイオマスは、約３０％ｗ／ｗの高固形投入率で投入されてもよい。

【０１１２】

〔０１１２〕　一実施形態において、バイオマスは、より小さいサイズの粒子に粉末化されてもよい。別の実施形態において、バイオマスは、イオン液体との混合前に、より小さいサイズの粒子に粉末化されてもよい。さらなる実施形態において、バイオマスは、約０．１～２０ｍｍ、０．１～２ｍｍ、または約５ｍｍのサイズの小粒子に粉末化されてもよい。

【０１１３】

〔０１１３〕　別の実施形態において、バイオマスの処理のためのシステムおよび方法は、イオン液体と組み合わせて、電磁スペクトル内の可変周波数を使用してもよい。バイオマスの処理のためのシステムおよび方法は、イオン液体および酸と組み合わせて、電磁スペクトル内の可変周波数を使用してもよい。処理されたバイオマスは、さらに処理されて、再生可能燃料、化学物質および材料、任意選択でエタノール、ブタノール、乳酸、ガソリン、バイオディーゼル、メタン、水素、電気、プラスチック、複合材、タンパク質、薬物、肥料またはそれらの他の成分を生成してもよい。

【０１１４】

〔０１１４〕　別の実施形態において、バイオマスの処理のためのシステムおよび方法は、イオン液体と組み合わせて、電磁スペクトル内の可変周波数、好ましくは赤外（ＩＲ）加熱を使用してもよい。バイオマスの処理のためのシステムおよび方法は、イオン液体および酸と組み合わせて、電磁スペクトル内の可変周波数、好ましくは赤外（ＩＲ）加熱を使用してもよい。処理されたバイオマスは、さらに処理されて、再生可能燃料、化学物質および材料、任意選択でエタノール、ブタノール、乳酸、ガソリン、バイオディーゼル、メタン、水素、電気、プラスチック、複合材、タンパク質、薬物、肥料またはそれらの他の成分を生成してもよい。

【図面の簡単な説明】

【０１１５】

【図１Ａ】バイオマスを処理するための例示的方法であって、イオン液体と混合することと、任意選択で反復して、高周波により加熱することと、バイオマスを洗浄することと、任意選択で、ＩＬを回収することと、セルロースおよびヘミセルロースからそれらの構成成分単糖類（例えば、五炭糖および六炭糖）への加水分解（例えば、セルラーゼおよびヘミセルラーゼの添加）と、任意選択で、添加された酵素の回収と、化学物質またはバイオ燃料を生成するさらなる処理のための糖を含む加水分解物ストリーム、ならびに、化学物質またはバイオ燃料を生成するさらなる処理のためのタンパク質およびリグニンを含む残留固体の分離とを含む方法を示す図である。イオン液体および酵素は、再生および再利用

されてもよい。
【図１Ｂ】バイオマスを処理するための例示的方法であって、イオン液体と混合することと、任意選択で反復して、高周波照射により加熱して標的温度範囲に到達させることと、任意選択で反復して、任意選択で約５～３０分間、超音波（例えば、約１５ｋＨｚから４０ｋＨｚの間、もしくは２０ｋＨｚの高周波数、および約０．０００１～０．０２５ｍｍの間の低い振幅を有する音波）、電磁照射（ＥＭ）（例えば、高周波）、対流、伝導加熱、またはそれらの組み合わせを使用して、ＩＬ膨潤バイオマスの温度を維持することと、バイオマスを洗浄することと、任意選択でＩＬを回収し、高周波加熱の適用によりＩＬを脱水することと、セルロースおよびヘミセルロースからそれらの構成成分単糖類（例えば、五炭糖および六炭糖）への加水分解（例えば、セルラーゼおよびヘミセルラーゼの添加）と、任意選択で、添加された酵素の回収と、化学物質またはバイオ燃料を生成するさらなる処理のための糖を含む加水分解物ストリーム、ならびに、化学物質またはバイオ燃料を生成するさらなる処理のためのタンパク質およびリグニンを含む残留固体の分離とを含む方法を示す図である。酵素は、再生および再利用されてもよい。
【図１Ｃ】バイオマスを処理するための例示的方法であって、イオン液体および酸と混合することと、任意選択で反復して、高周波照射により加熱して標的温度範囲に到達させることと、超音波、電磁照射（ＥＭ）（例えば、高周波）、対流、伝導加熱、またはそれらの組み合わせを使用して、ＩＬ膨潤バイオマスの温度を維持することと、加水分解または別の反応を実行することとを含む方法を示す図である。酸加水分解プロセスは、セルロースおよびヘミセルロースを、それらの構成成分単糖類（例えば、五炭糖および六炭糖）に還元する。これに続いて、化学物質またはバイオ燃料を生成するさらなる処理のための糖、ならびに化学物質またはバイオ燃料を生成するさらなる処理のためのタンパク質および／またはリグニンを含む残留固体の分離が行われる。
【図１Ｄ】別の実施形態におけるバイオマスを処理するための例示的方法であって、イオン液体と混合することと、バイオマスをイオン液体中に溶解させることと、任意選択で反復して、高周波により加熱することと、貧溶媒、任意選択で水、エタノール、メタノール、アセトン、またはそれらの混合物を使用してバイオマスを再生することと、任意選択で、ＩＬを回収することと、任意選択で、バイオマスを洗浄することと、バイオマスの回収と、セルロースおよびヘミセルロースからそれらの構成成分単糖類（例えば、五炭糖および六炭糖）への加水分解（例えば、セルラーゼおよびヘミセルラーゼの添加）と、任意選択で、添加された酵素の回収と、化学物質またはバイオ燃料を生成するさらなる処理のための糖を含む加水分解物ストリーム、ならびに、化学物質またはバイオ燃料を生成するさらなる処理のためのタンパク質およびリグニンを含む残留固体の分離とを含む、バイオマスを処理するための方法を示す図である。イオン液体および酵素は、再生および再利用されてもよい。
【図２Ａ】電極位置を示す、電磁（ＥＭ）炉内部の概略図である。
【図２Ｂ】誘電高周波システムの概略図である。
【図２Ｃ】バイオマスの電磁（ＥＭ）波処理中の温度プロセス状態測定のためのセンサの概略側面図である。
【図３】電場中の水分子の電子配置および（ｂ）双極子再配向を示す図である。
【図４】イオン液体の例示的カチオンおよびアニオン成分を示す図である。
【図５Ａ】バイオマス処理の連続ベルトプレス高周波装置の概略図である。
【図５Ｂ】３つのゾーンを有する導管内のアルキメデスポンプを備える高周波処理システムにおける、リグノセルロース系バイオマス処理の概略図である。
【図６】近ＩＲ（０．７５～１．４μｍ波長）でイオン液体を脱水するために赤外線加熱を使用した（５０％からそれを超える濃度までの）イオン液体の濃縮から経時的（分）に生成されたパーセントイオン液体を示すグラフである。
【図７】中ＩＲ（３～８μｍ波長）でイオン液体を脱水するために赤外線加熱を使用した（５０％からそれを超える濃度までの）イオン液体の濃縮から経時的（分）に生成されたパーセントイオン液体を示すグラフである。

【図８Ａ】バイオマスを処理するための例示的方法であって、イオン液体と混合することと、任意選択で反復して、赤外線（ＩＲ）エネルギーにより加熱することと、バイオマスを洗浄することと、任意選択で、ＩＬを回収することと、セルロースおよびヘミセルロースからそれらの構成成分単糖類（例えば、五炭糖および六炭糖）への加水分解（例えば、セルラーゼおよびヘミセルラーゼの添加）と、任意選択で、添加された酵素の回収と、化学物質またはバイオ燃料を生成するさらなる処理のための糖を含む加水分解物ストリーム、ならびに、化学物質またはバイオ燃料を生成するさらなる処理のためのタンパク質およびリグニンを含む残留固体の分離とを含む方法を示す図である。イオン液体および酵素は、再生および再利用されてもよい。

【図８Ｂ】バイオマスを処理するための例示的方法であって、イオン液体と混合することと、任意選択で反復して、赤外線（ＩＲ）照射により加熱して標的温度範囲に到達させることと、任意選択で反復して、任意選択で約５～３０分間、超音波（例えば、約１５ｋＨｚから４０ｋＨｚの間、もしくは２０ｋＨｚの高周波数、および約０．０００１～０．０２５ｍｍの間の低い振幅を有する音波）、電磁照射（ＥＭ）（例えば、高周波、赤外線）、対流、伝導加熱、またはそれらの組み合わせを使用して、ＩＬ膨潤バイオマスの温度を維持することと、バイオマスを洗浄することと、任意選択でＩＬを回収し、赤外線（ＩＲ）加熱の適用によりＩＬを脱水することと、セルロースおよびヘミセルロースからそれらの構成成分単糖類（例えば、五炭糖および六炭糖）への加水分解（例えば、セルラーゼおよびヘミセルラーゼの添加）と、任意選択で、添加された酵素の回収と、化学物質またはバイオ燃料を生成するさらなる処理のための糖を含む加水分解物ストリーム、ならびに、化学物質またはバイオ燃料を生成するさらなる処理のためのタンパク質およびリグニンを含む残留固体の分離とを含む方法を示す図である。酵素は、再生および再利用されてもよい。

【図８Ｃ】バイオマスを処理するための例示的方法であって、イオン液体および酸と混合することと、任意選択で反復して、赤外線（ＩＲ）照射により加熱して標的温度範囲に到達させることと、超音波、電磁照射（ＥＭ）（例えば、高周波、赤外線（ＩＲ））、対流、伝導加熱、またはそれらの組み合わせを使用して、ＩＬ膨潤バイオマスの温度を維持することと、加水分解または別の反応を実行することとを含む方法を示す図である。酸加水分解プロセスは、セルロースおよびヘミセルロースを、それらの構成成分単糖類（例えば、五炭糖および六炭糖）に還元する。これに続いて、化学物質またはバイオ燃料を生成するさらなる処理のための糖、ならびに化学物質またはバイオ燃料を生成するさらなる処理のためのタンパク質および／またはリグニンを含む残留固体の分離が行われる。

【図８Ｄ】別の実施形態におけるバイオマスを処理するための例示的方法であって、イオン液体と混合することと、バイオマスをイオン液体中に溶解させることと、任意選択で反復して、赤外線（ＩＲ）により加熱することと、貧溶媒、任意選択で水、エタノール、メタノール、アセトン、またはそれらの混合物を使用してバイオマスを再生することと、任意選択で、ＩＬを回収することと、任意選択で、バイオマスを洗浄することと、バイオマスの回収と、セルロースおよびヘミセルロースからそれらの構成成分単糖類（例えば、五炭糖および六炭糖）への加水分解（例えば、セルラーゼおよびヘミセルラーゼの添加）と、任意選択で、添加された酵素の回収と、化学物質またはバイオ燃料を生成するさらなる処理のための糖を含む加水分解物ストリーム、ならびに、化学物質またはバイオ燃料を生成するさらなる処理のためのタンパク質およびリグニンを含む残留固体の分離とを含む、バイオマスを処理するための方法を示す図である。イオン液体および酵素は、再生および再利用されてもよい。

【図９】ＩＬ混合物を脱水するためのシステムの例示的実施形態の概略図である。

【図１０】ＩＬ混合物を脱水するためのシステムの例示的実施形態の概略図である。

【発明を実施するための形態】

【０１１６】

〔０１３４〕　本明細書に記載の本発明が十分に理解され得るように、以下に詳細な説明を記載する。本発明の様々な実施形態が詳細に説明され、また提供される例によりさら

に例示され得る。追加の実現可能な実施形態の変形例は、容易に想定され得る。
【０１１７】
定義
〔０１３５〕　別段に定義されていない限り、本明細書で使用されている技術的および科学的用語はすべて、本発明が属する技術分野の当業者により一般的に理解されているのと同じ意味を有する。
【０１１８】
〔０１３６〕　本明細書における説明、およびそれに続く特許請求の範囲全体にわたり使用される場合、「ａ」、「ａｎ」、および「ｔｈｅ」の意味は、文脈上異なる定義が明示されない限り、複数形の呼称を含む。
【０１１９】
〔０１３７〕　「バイオマス」は、本明細書において使用される場合、広義に任意の生物学的材料を示す。バイオマスは、再生可能燃料、化学物質および材料、例えばエタノール、ブタノール、乳酸、ガソリン、バイオディーゼル、メタン、水素、プラスチック、複合材、タンパク質、薬物、肥料またはそれらの他の成分の生成において使用され得る有機成分を含有する基材を包含する。バイオマスは、農業残渣、任意選択でトウモロコシ茎葉、麦わら、バガス、もみ殻、もしくは稲わら；木材および森林残渣、任意選択でマツ、ポプラ、ダグラスファー、オーク、おがくず、紙／パルプ廃棄物、もしくは木質繊維；原料（例えば、木質バイオマスおよび農業バイオマス）；葛；藻類；石炭；セルロース、リグニン、草本エネルギー作物、任意選択でスイッチグラス、クサヨシ、もしくはススキ；任意選択でリグニン、セルロース、およびヘミセルロースを含むリグノセルロース系バイオマス；植物バイオマス；またはそれらの混合物であってもよい。バイオマスは、セルロース、ヘミセルロース、およびリグニンを含むリグノセルロース系バイオマスであってもよい。
【０１２０】
〔０１３８〕　「赤外線（ＩＲ）」は、本明細書において使用される場合、広義に、可視スペクトルの公称赤色端から延在する、７００ナノメートル（ｎｍ）から１ｍｍの、可視光波長より長い波長を有する電磁放射線を示す。この波長範囲は、約４３０ＴＨｚから３００ＧＨｚの周波数範囲に相当し、室温近くで物体により放出される熱放射線のほとんどを含む。赤外は、約０．７５～１．４μｍの近赤外（近ＩＲ）波長、約３～８μｍの中赤外（中ＩＲ）波長、および約１５～１，０００μｍの遠赤外（遠ＩＲ）波長を含む。
【０１２１】
〔０１３９〕　「イオン液体」は、本明細書において使用される場合、広義に、イオンのみを含有し、３００℃まで安定な溶融塩である室温の液体を示す。Ｓｈｅｌｄｏｎ（２００１）Ｃｈｅｍ．Ｃｏｍｍｕｎ．２３：２３９９－２４０７。
【０１２２】
〔０１４０〕　「リグノセルロース系バイオマス」は、本明細書において使用される場合、広義に、セルロース、ヘミセルロース、およびリグニンで構成される植物バイオマスを示す。炭水化物ポリマー（例えば、セルロースおよびヘミセルロース）は、リグニンに強固に結合する。リグノセルロース系バイオマスは、農業残渣（例えば、トウモロコシ茎葉およびサトウキビバガス）、専用のエネルギー作物、木材残渣（例えば、製材所および製紙場廃棄物）、ならびに都市紙ごみの４つの主要なカテゴリーに分類することができる。
【０１２３】
〔０１４１〕　「バイオマスの前処理」は、本明細書において使用される場合、広義に、その有益なモノマー生成物への効率的変換に適したものとするために、バイオマスの物理化学的構造を変化させるプロセスを示す。
【０１２４】
〔０１４２〕　「高周波（ＲＦ）加熱」は、本明細書において使用される場合、広義に、約１～３００ＭＨｚの周波数でのバイオマス／生成物／誘電材料への電場の適用を示す

。

【０１２５】

〔０１４３〕 「電磁エネルギー（ＥＭ）」は、本明細書において使用される場合、広義で、空間を伝播することができる電波および磁気波の形態で物体から反射または放出されるエネルギーの形態を示す。ガンマ線、Ｘ線、紫外放射線、可視光線、赤外放射線、マイクロ波、およびラジオ波（高周波）を含む、数多くの形態の電磁エネルギーがある。

【０１２６】

〔０１４４〕 「超音波（ｕｌｔｒａｓｏｎｉｃｓまたはｕｌｔｒａｓｏｎｉｃ ｗａｖｅｓ）」は、本明細書において使用される場合、広義に、約１５ｋＨｚから４０ｋＨｚの間（例えば、約２０ｋＨｚ）の高周波数および約０．０００１～０．０２５ｍｍの間の低い振幅を有する音波（力学的な波）を示す。

【０１２７】

イオン液体およびＲＦ加熱の組み合わせを使用したバイオマスの処理

〔０１４５〕 本発明は、バイオマス、リグノセルロース系バイオマス、その構成成分のもう１つ、藻類、または石炭の、燃料、化学物質、材料および他の付加価値生成物への変換のための処理に関する。本発明は、バイオマスおよび誘導生成物から、再生可能燃料、化学物質、および材料への効果的および適した変換のために、高周波電磁照射を利用して、バイオマススラリー、膨潤バイオマス、溶液、および懸濁液を処理するために有用なシステムおよびプロセスを組み込む。本発明は、バイオマスおよび関連生成物の均一な熱浸透性高周波処理を提供する。本発明は、イオン液体と組み合わせて高周波処理を使用したバイオマス処理に使用される装置を含むシステム、ならびに最適化のための方法およびプロセスを提供する。

【０１２８】

〔０１４６〕 本発明は、ＲＦ加熱と組み合わせてイオン液体（ＩＬ）処理を使用する、収率および糖生成速度が改善されたリグノセルロースの炭水化物から糖への変換のための方法を提供する。この処理戦略は、リグノセルロース系バイオマスの加水分解（例えば、糖化）の（収率および反応速度の点での）効率を実質的に改善する。先行技術の方法とは著しく対照的に、バイオマスからの糖生成の全体的経済性に大きな影響を有するこのＩＬ処理法の他の特徴は、（ｉ）天然セルロース構造を分断し得るＩＬにより、様々なリグノセルロース系バイオマス源を処理することができる能力；（ｉｉ）インキュベーション中に高いバイオマス対ＩＬ比に対応することができる能力；（ｉｉｉ）非常に低い酵素投入率で糖化を達成することができる能力；（ｉｖ）粗大バイオマス粒子と共に良好に機能し得る能力；（ｖ）バイオマスの処理に使用されたＩＬの（容易な手段による）完全回収および複数回の再利用の可能性；（ｖｉ）構成成分糖の下流処理を阻害し得る化合物を含まない加水分解物を生成することができる能力（例えば、エタノールおよび乳酸生成）；ならびに（ｖｉｉ）糖化後にバイオマス中のリグニンのほとんどを回収することができることである。

【０１２９】

〔０１４７〕 バイオマスは、イオン液体との混合および処理前に、より小さいサイズの粒子に粉末化されてもよい。例えば、バイオマスは、約０．１～２ｍｍの小粒子に粉砕、切断、または別様に粉末化されてもよい。

【０１３０】

〔０１４８〕 図１Ａは、バイオマスから糖を生成するための方法の概略図である。バイオマスは、麦わら、廃棄稲わら、藻類、葛、農業廃棄物、都市廃棄物、トウモロコシ茎葉、木材廃棄物、農業残渣、任意選択でトウモロコシ茎葉、麦わら、バガス、もみ殻、もしくは稲わら；木材および森林残渣、任意選択でマツ、ポプラ、ダグラスファー、オーク、おがくず、紙／パルプ廃棄物、もしくは木質繊維；藻類；草本エネルギー作物、任意選択でスイッチグラス、クサヨシ、もしくはススキ、任意選択でリグニン、セルロース、およびヘミセルロースを含むリグノセルロース系バイオマスであるバイオマス；ならびに植物バイオマスであるバイオマスを含むが、これらに限定されない。バイオマスは、高固形

投入率（例えば、＞３０％ｗ／ｗ）で添加されてもよい。バイオマスは、イオン液体（ＩＬ）と混合されて膨潤するが、バイオマスは溶解されず、高周波（ＲＦ）エネルギーを使用して加熱される。イオン液体との混合およびＲＦによる加熱は共に、十分な浸透および均一な加熱に関して監視されてもよく、条件（例えば、時間、圧力、熱、ＲＦエネルギーの強度）が、バイオマスの十分な浸透および均一な加熱を維持するために必要に応じて調節されてもよい。任意選択で、ＲＦ加熱の適用後、超音波、電磁加熱（ＥＭ）（例えば、高周波）、対流、伝導加熱、またはそれらの組み合わせを使用して、ＩＬ膨潤バイオマスの温度が維持されてもよい。処理（例えば、イオン液体とのインキュベーションおよび加熱）の後、処理されたバイオマスを洗浄し、次いでセルロース加水分解（セルロース分解）に供して、セルロースおよびヘミセルロースを糖に分解し、リグニンを遊離させてもよい。加水分解プロセスにおいて、セルロースおよびヘミセルロースは、化学的処理（例えば、酸を使用して）、または生化学的処理（例えば、酵素消化）に供されてもよい。次いで、糖は、残留材料（例えば、リグニン）から分離されてもよい。糖溶液は、次いで、化学物質（例えば、エタノール、乳酸、コハク酸）に変換されてもよい。処理は、糖生成における前（例えば、サイズ低減）および後続（例えば酵素加水分解）操作の両方におけるコストの削減、および収率の改善に大きな影響を有する。

【０１３１】

〔０１４９〕　図１Ｂは、バイオマスから糖を生成するための方法の概略図である。バイオマスは、イオン液体（ＩＬ）と混合されてＩＬ膨潤バイオマスを形成し、２つの段階を含む電磁エネルギーを使用して加熱される。第１の初期段階において、高周波（ＲＦ）エネルギーを使用して、バイオマスが標的温度（または温度範囲）に加熱される。超音波（約１５ｋＨｚから４０ｋＨｚの間（例えば、約２０ｋＨｚ）の高周波数および約０．０００１～０．０２５ｍｍの間の低い振幅を有する音波）の第２の維持段階において、電磁照射（ＥＭ）（例えば、高周波）、対流、伝導加熱、またはそれらの組み合わせを使用して、標的温度（例えば、５０～７０℃）で熱が維持されてもよい。イオン液体との混合および加熱ステップは共に、十分な浸透および均一な加熱に関して監視されてもよく、条件（例えば、時間、圧力、熱、ＲＦエネルギーの強度）が、バイオマスの十分な浸透および均一な加熱を維持するために必要に応じて調節されてもよい。処理（例えば、イオン液体とのインキュベーションおよび電磁照射（ＥＭ）（例えば、高周波）加熱）の後、処理されたバイオマスが洗浄されてもよい。洗浄排出物は収集されてもよく、イオン液体は、ＲＦエネルギーの適用により脱水されてもよい。ＲＦエネルギーは、ＩＬにおけるより強い双極子モーメントに起因して、水を加熱するよりも速くＩＬを加熱する。具体的な理論に束縛されないが、本発明者は、驚くべきことに、イオンが電磁照射（ＥＭ）（例えば、高周波）波に配向し、常に双極子モーメントの形成を変化させようとすることを発見した。図３を参照されたい。ＲＦにより加熱されたＩＬは、水が発熱してＩＬ洗浄排出物から蒸発するための基材として機能する。洗浄された処理されたバイオマスを、次いでセルロース加水分解（セルロース分解）に供して、セルロースおよびヘミセルロースを糖に分解し、リグニンを遊離させてもよい。加水分解プロセスにおいて、セルロースおよびヘミセルロースは、化学的処理（例えば、酸を使用して）、または生化学的処理（例えば、酵素消化）に供されてもよい。次いで、糖は、残留材料（例えば、リグニン）から分離されてもよい。糖溶液は、次いで、化学物質（例えば、エタノール、乳酸、コハク酸）に変換されてもよい。加水分解の後、酵素は再生されてもよい。さらに、好熱性酵素（例えば、約７０℃において安定および活性である酵素）が、加水分解ステップにおいて使用されてもよい。好熱性酵素の使用により、加水分解ステップをより高い温度で行うことができ、加水分解ステップの効率および収率が改善される。例えば、好熱性エンドおよびエキソグルコシド加水分解酵素の混合物は、高温および酸性ｐＨで活性であってもよい。好熱性酵素は、スルホロブス・ソルファタリカス（Ｓｕｌｆｏｌｏｂｕｓ　ｓｏｌｆａｔａｒｉｃｕｓ）、アリサイクロバチルス・アシドカルダリウス（Ａｌｉｃｙｃｌｏｂａｃｉｌｌｕｓ　ａｃｉｄｏｃａｌｄａｒｉｕｓ）、およびサーマス・サーモフィルス（Ｔｈｅｒｍｕｓ　ｔｈｅｒｍｏｐｈｉｌｕｓ）を含むがこれらに限定されない好熱性細菌から単離され得る

。また、好熱性セルラーゼが使用されてもよい。
【０１３２】
〔０１５０〕　図１Ｃは、バイオマスから糖を生成するための方法の概略図である。バイオマスは、イオン液体（ＩＬ）と混合されて膨潤するが、バイオマスはイオン液体および酸に溶解されない。バイオマス、イオン液体（ＩＬ）および酸のこの混合物は、次いで２つの段階を含む電磁エネルギーを使用して加熱されてもよい。第１の初期段階において、高周波（ＲＦ）エネルギーを使用して、バイオマスが加熱される。超音波の第２の維持段階において、電磁照射（ＥＭ）（例えば、高周波）、対流、伝導加熱、またはそれらの組み合わせを使用して、標的温度（例えば、１２０℃、１３０℃、１４０℃、１５０℃、５０～７０℃、５０℃～２００℃）で熱が維持されてもよい。イオン液体との混合および加熱ステップは共に、十分な浸透および均一な加熱に関して監視されてもよく、条件（例えば、時間、圧力、熱、ＲＦエネルギーの強度）が、バイオマスの十分な浸透および均一な加熱を維持するために必要に応じて調節されてもよい。酸分解中、セルロースおよびヘミセルロースは、その構成成分糖（例えば、五炭糖および六炭糖）に分解される。また、セルロースおよびヘミセルロースに関連する任意のタンパク質が遊離し、タンパク質残渣を形成してもよい。酸分解の後、洗浄排出物は収集されてもよく、イオン液体は、ＲＦエネルギーの適用により脱水されてもよい。次いで、糖は、残留材料（例えば、リグニン）から分離されてもよい。糖溶液は、次いで、化学物質（例えば、エタノール、乳酸、コハク酸）に変換されてもよい。リグニンは、回収されてもよい。さらに、酸は、回収されてもよい。
【０１３３】
〔０１５１〕　図１Ｄは、バイオマスがイオン液体と混合され得る、およびバイオマスがイオン液体中に溶解され得る方法の概略図である。バイオマス／ＩＬ溶液の加熱は、標的温度または温度範囲（例えば、５０℃～２２０℃）に到達させるための第１の電磁（ＥＭ）（例えば、高周波）加熱により、次いで超音波、電磁（ＥＭ）（例えば、高周波）、対流、伝導加熱、またはそれらの組み合わせを使用した、約５０℃から２００℃（例えば、１２０℃、１３０℃、１４０℃、１５０℃）で１～１８０分、約５～３０分、または３～４時間の加熱により行われてもよい。条件は、センサを使用して監視されてもよく、条件を維持するために調節されてもよい。条件は、ＲＦ波によるバイオマスの均一な加熱および十分な浸透を維持するために監視および調節されてもよい。バイオマスは、貧溶媒、任意選択で水、エタノール、メタノール、アセトン、またはそれらの混合物を使用して再生されてもよい。再生されたバイオマスは、洗浄されてもよい。ＩＬは、回収および再利用されてもよい。再生されたバイオマスは、セルロースおよびヘミセルロースからそれらの構成成分単糖類（例えば、五炭糖および六炭糖）への加水分解（例えば、セルラーゼおよびヘミセルラーゼの添加）に供され、任意選択で添加された酵素が回収されてもよい。化学物質またはバイオ燃料を生成するさらなる処理のための糖を含む加水分解物ストリーム、ならびに化学物質またはバイオ燃料を生成するさらなる処理のためのタンパク質およびリグニンを含む残留固体が分離されてもよい。
【０１３４】
イオン液体および赤外線（ＩＲ）加熱の組み合わせを使用したバイオマスの処理
〔０１５２〕　本発明は、バイオマス、リグノセルロース系バイオマス、その構成成分のもう１つ、藻類、または石炭の、燃料、化学物質、材料および他の付加価値生成物への変換のための処理に関する。本発明は、バイオマスおよび誘導生成物から、再生可能燃料、化学物質、および材料への効果的および適した変換のために、赤外線（ＩＲ）加熱を利用して、バイオマススラリー、膨潤バイオマス、溶液、および懸濁液を処理するために有用なシステムおよびプロセスを組み込む。本発明は、バイオマスおよび関連生成物の均一な熱浸透性赤外（ＩＲ）加熱処理を提供する。本発明は、イオン液体と組み合わせて赤外線（ＩＲ）加熱を使用したバイオマス処理に使用される装置を含むシステム、ならびに最適化のための方法およびプロセスを提供する。
【０１３５】

〔０１５３〕　本発明は、赤外線（ＩＲ）加熱と組み合わせてイオン液体（ＩＬ）処理を使用する、収率および糖生成速度が改善されたリグノセルロースの炭水化物から糖への変換のための方法を提供する。この処理戦略は、リグノセルロース系バイオマスの加水分解（例えば、糖化）の（収率および反応速度の点での）効率を実質的に改善する。先行技術の方法とは著しく対照的に、バイオマスからの糖生成の全体的経済性に大きな影響を有するこのＩＬ処理法の他の特徴は、（ｉ）天然セルロース構造を分断し得るＩＬにより、様々なリグノセルロース系バイオマス源を処理することができる能力；（ｉｉ）インキュベーション中に高いバイオマス対ＩＬ比に対応することができる能力；（ｉｉｉ）非常に低い酵素投入率で糖化を達成することができる能力；（ｉｖ）粗大バイオマス粒子と共に良好に機能し得る能力；（ｖ）バイオマスの処理に使用されたＩＬの（容易な手段による）完全回収および複数回の再利用の可能性；（ｖｉ）構成成分糖の下流処理を阻害し得る化合物を含まない加水分解物を生成することができる能力（例えば、エタノールおよび乳酸生成）；ならびに（ｖｉｉ）糖化後にバイオマス中のリグニンのほとんどを回収することができることである。

【０１３６】

〔０１５４〕　バイオマスは、イオン液体との混合および処理前に、より小さいサイズの粒子に粉末化されてもよい。例えば、バイオマスは、約０．１～２ｍｍの小粒子に粉砕、切断、または別様に粉末化されてもよい。

【０１３７】

〔０１５５〕　図８Ａは、バイオマスから糖を生成するための方法の概略図である。バイオマスは、麦わら、廃棄稲わら、藻類、葛、農業廃棄物、都市廃棄物、トウモロコシ茎葉、木材廃棄物、農業残渣、任意選択でトウモロコシ茎葉、麦わら、バガス、もみ殻、もしくは稲わら；木材および森林残渣、任意選択でマツ、ポプラ、ダグラスファー、オーク、おがくず、紙／パルプ廃棄物、もしくは木質繊維；藻類；草本エネルギー作物、任意選択でスイッチグラス、クサヨシ、もしくはススキ、任意選択でリグニン、セルロース、およびヘミセルロースを含むリグノセルロース系バイオマスであるバイオマス；ならびに植物バイオマスであるバイオマスを含むが、これらに限定されない。バイオマスは、高固形投入率（例えば、＞３０％ｗ／ｗ）で添加されてもよい。バイオマスは、イオン液体（ＩＬ）と混合されて膨潤するが、バイオマスは溶解されず、赤外線（ＩＲ）加熱を使用して加熱される。イオン液体との混合および赤外線（ＩＲ）加熱による加熱は共に、十分な浸透および均一な加熱に関して監視されてもよく、条件（例えば、時間、圧力、熱、赤外線（ＩＲ）加熱の強度）が、バイオマスの十分な浸透および均一な加熱を維持するために必要に応じて調節されてもよい。任意選択で、ＲＦ加熱の適用後、赤外線（ＩＲ）加熱、超音波、電磁加熱（ＥＭ）（例えば、高周波）、対流、伝導加熱、またはそれらの組み合わせを使用して、ＩＬ膨潤バイオマスの温度が維持されてもよい。処理（例えば、イオン液体とのインキュベーションおよび加熱）の後、処理されたバイオマスを洗浄し、次いでセルロース加水分解（セルロース分解）に供して、セルロースおよびヘミセルロースを糖に分解し、リグニンを遊離させてもよい。加水分解プロセスにおいて、セルロースおよびヘミセルロースは、化学的処理（例えば、酸を使用して）、または生化学的処理（例えば、酵素消化）に供されてもよい。次いで、糖は、残留材料（例えば、リグニン）から分離されてもよい。糖溶液は、次いで、化学物質（例えば、エタノール、乳酸、コハク酸）に変換されてもよい。処理は、糖生成における前（例えば、サイズ低減）および後続（例えば酵素加水分解）操作の両方におけるコストの削減、および収率の改善に大きな影響を有する。

【０１３８】

〔０１５６〕　図８Ｂは、バイオマスから糖を生成するための方法の概略図である。バイオマスは、イオン液体（ＩＬ）と混合されてＩＬ膨潤バイオマスを形成し、２つの段階を含む電磁エネルギーを使用して加熱される。第１の初期段階において、赤外線（ＩＲ）加熱を使用して、バイオマスが標的温度（または温度範囲）に加熱される。超音波（約１５ｋＨｚから４０ｋＨｚの間（例えば、約２０ｋＨｚ）の高周波数および約０．０００１

～０．０２５ｍｍの間の低い振幅を有する音波）の第２の維持段階において、電磁照射（ＥＭ）（例えば、高周波）、赤外線（ＩＲ）加熱、対流、伝導加熱、またはそれらの組み合わせを使用して、標的温度（例えば、５０～７０℃）で熱が維持されてもよい。イオン液体との混合および加熱ステップは共に、十分な浸透および均一な加熱に関して監視されてもよく、条件（例えば、時間、圧力、熱、赤外線（ＩＲ）加熱の強度）が、バイオマスの十分な浸透および均一な加熱を維持するために必要に応じて調節されてもよい。処理（例えば、イオン液体とのインキュベーションおよび電磁照射（ＥＭ）（例えば、高周波加熱、赤外線（ＩＲ）加熱）の後、処理されたバイオマスが洗浄されてもよい。洗浄排出物は収集されてもよく、イオン液体は、赤外線（ＩＲ）加熱の適用により脱水されてもよい。赤外線（ＩＲ）エネルギーは、ＩＬにおけるより強い双極子モーメントに起因して、水を加熱するよりも速くＩＬを加熱する。具体的な理論に束縛されないが、本発明者は、驚くべきことに、イオンが電磁照射（ＥＭ）（例えば、高周波、赤外線）波に配向し、常に双極子モーメントの形成を変化させようとすることを発見した。図３を参照されたい。赤外線により加熱されたＩＬは、水が発熱してＩＬ洗浄排出物から蒸発するための基材として機能する。洗浄された処理されたバイオマスを、次いでセルロース加水分解（セルロース分解）に供して、セルロースおよびヘミセルロースを糖に分解し、リグニンを遊離させてもよい。加水分解プロセスにおいて、セルロースおよびヘミセルロースは、化学的処理（例えば、酸を使用して）、または生化学的処理（例えば、酵素消化）に供されてもよい。次いで、糖は、残留材料（例えば、リグニン）から分離されてもよい。糖溶液は、次いで、化学物質（例えば、エタノール、乳酸、コハク酸）に変換されてもよい。加水分解の後、酵素は再生されてもよい。さらに、好熱性酵素（例えば、約７０℃において安定および活性である酵素）が、加水分解ステップにおいて使用されてもよい。好熱性酵素の使用により、加水分解ステップをより高い温度で行うことができ、加水分解ステップの効率および収率が改善される。例えば、好熱性エンドおよびエキソグルコシド加水分解酵素の混合物は、高温および酸性ｐＨで活性であってもよい。好熱性酵素は、スルホロブス・ソルファタリカス（Ｓｕｌｆｏｌｏｂｕｓ　ｓｏｌｆａｔａｒｉｃｕｓ）、アリサイクロバチルス・アシドカルダリウス（Ａｌｉｃｙｃｌｏｂａｃｉｌｌｕｓ　ａｃｉｄｏｃａｌｄａｒｉｕｓ）、およびサーマス・サーモフィルス（Ｔｈｅｒｍｕｓ　ｔｈｅｒｍｏｐｈｉｌｕｓ）を含むがこれらに限定されない好熱性細菌から単離され得る。また、好熱性セルラーゼが使用されてもよい。

【０１３９】

〔０１５７〕　図８Ｃは、バイオマスから糖を生成するための方法の概略図である。バイオマスは、イオン液体（ＩＬ）と混合されて膨潤するが、バイオマスはイオン液体および酸に溶解されない。バイオマス、イオン液体（ＩＬ）および酸のこの混合物は、次いで２つの段階を含む電磁エネルギーを使用して加熱されてもよい。第１の初期段階において、赤外線（ＩＲ）加熱を使用して、バイオマスが加熱される。超音波の第２の維持段階において、電磁照射（ＥＭ）（例えば、高周波）、赤外線（ＩＲ）加熱、対流、伝導加熱、またはそれらの組み合わせを使用して、標的温度（例えば、１２０℃、１３０℃、１４０℃、１５０℃、５０～７０℃、５０℃～２００℃）で熱が維持されてもよい。イオン液体との混合および加熱ステップは共に、十分な浸透および均一な加熱に関して監視されてもよく、条件（例えば、時間、圧力、熱、赤外線（ＩＲ）加熱の強度）が、バイオマスの十分な浸透および均一な加熱を維持するために必要に応じて調節されてもよい。酸分解中、セルロースおよびヘミセルロースは、その構成成分糖（例えば、五炭糖および六炭糖）に分解される。また、セルロースおよびヘミセルロースに関連する任意のタンパク質が遊離し、タンパク質残渣を形成してもよい。酸分解の後、洗浄排出物は収集されてもよく、イオン液体は、赤外線（ＩＲ）加熱の適用により脱水されてもよい。次いで、糖は、残留材料（例えば、リグニン）から分離されてもよい。糖溶液は、次いで、化学物質（例えば、エタノール、乳酸、コハク酸）に変換されてもよい。リグニンは、回収されてもよい。さらに、酸は、回収されてもよい。

【０１４０】

〔０１５８〕　図８Ｄは、バイオマスがイオン液体と混合され得る、およびバイオマスがイオン液体中に溶解され得る方法の概略図である。バイオマス／ＩＬ溶液の加熱は、標的温度または温度範囲（例えば、５０℃～２２０℃）に到達させるための第１の電磁（ＥＭ）（例えば、赤外線（ＩＲ））加熱により、次いで超音波、電磁（ＥＭ）（例えば、高周波）、赤外線（ＩＲ）加熱、対流加熱、伝導加熱、またはそれらの組み合わせを使用した、約５０℃から２００℃（例えば、１２０℃、１３０℃、１４０℃、１５０℃）で１～１８０分、約５～４５分、または３～４時間の加熱により行われてもよい。条件は、センサを使用して監視されてもよく、条件を維持するために調節されてもよい。条件は、赤外線（ＩＲ）加熱によるバイオマスの均一な加熱および十分な浸透を維持するために監視および調節されてもよい。バイオマスは、貧溶媒、任意選択で水、エタノール、メタノール、アセトン、またはそれらの混合物を使用して再生されてもよい。再生されたバイオマスは、洗浄されてもよい。ＩＬは、回収および再利用されてもよい。再生されたバイオマスは、セルロースおよびヘミセルロースからそれらの構成成分単糖類（例えば、五炭糖および六炭糖）への加水分解（例えば、セルラーゼおよびヘミセルラーゼの添加）に供され、任意選択で添加された酵素が回収されてもよい。化学物質またはバイオ燃料を生成するさらなる処理のための糖を含む加水分解物ストリーム、ならびに化学物質またはバイオ燃料を生成するさらなる処理のためのタンパク質およびリグニンを含む残留固体が分離されてもよい。

【０１４１】

電磁（ＥＭ）波加熱

〔０１５９〕　高固形投入率のバイオマス生成物は、比較的低熱導体であり、ほとんどの従来の熱処理プロセスは、生成物の外側から内側への伝導による熱浸透（表面加熱）に依存している。処理時間は、工業規模の処理操作においては許容されないほど長くなり得る。マイクロ波または高周波（ＲＦ）エネルギーによる誘電加熱は、熱が電磁エネルギーと生成物との間の直接的相互作用により生成されるため、熱プロセスを短縮する。マイクロ波加熱と同様の様式でのＲＦ加熱は、生成物の体積全体にわたり熱を生成する。しかしながら、ＲＦ処理は、生成物が２つの平行電極の間に設置され、ＲＦ場が電極の表面に対して直角に指向的に生成されるという点で、マイクロ波処理とは異なる（図２Ａおよび２Ｂ）。図２Ｂは、ＲＦ加熱場を形成する２つの電極の間にＩＬ膨潤バイオマスが設置（または通過）される誘電高周波システムの概略図である。テフロン（登録商標）ブロックおよびテフロン（登録商標）フィルムが電極を保護し、ＩＬ膨潤バイオマスが設置（または通過）されるチャンバの一部を形成する。図２Ｂは、本発明の一実施形態におけるバイオマスのＲＦ波処理中の温度測定のための、熱電対／光ファイバジグの概略側面図である。

【０１４２】

〔０１６０〕　さらに、ＲＦ場による誘電加熱のメカニズムは、マイクロ波（ＭＷ）加熱とは異なる。ＭＷ加熱は、主として、遊離水分子の双極子回転から生成される摩擦熱により生じ、一方、加熱ＲＦの主なメカニズムは、溶媒和イオンの脱分極によるものである（図３）。ＭＷおよびＲＦ加熱はまた、いくつかの他の点で異なる。周波数および波長は反比例するため、ＲＦ（より低い周波数）波長（すなわち、自由空間において、２７．１２ＭＨｚで１１ｍ）は、ＭＷ（より高い周波数）波長（すなわち、自由空間において、２４５０ＭＨｚで０．１２ｍ）よりはるかに長い。電波が材料内に浸透すると減衰が生じ、伝播する波のエネルギーが指数関数的に減少する結果となる。浸透深さ（ｄｐ）は、エネルギーが表面エネルギー値の１／ｅ（１／２．７２）まで低減される材料の深さとして定義される。このｄｐは、波長に比例する。ＲＦ範囲（例えば、１３．５６、２７．１２および４０．６８　ＭＨｚ）内の自由空間波長は、一般的に使用されるマイクロ波周波数（例えば、９１５および２４５０ＭＨｚ）の波長より２０～３６０倍長く、これによりＲＦエネルギーは、マイクロ波エネルギーよりも深く生成物に浸透し得る。ＲＦ加熱中、電磁力は、ＭＷ加熱に伴ってより生じる可能性のある表面過熱または高温／低温スポット発生なしに、試料中にはるかにより深く浸透し得る。したがって、ＲＦ加熱による熱処理は、大量の生成物／プロセスに好適である。Ｗａｎｇ，ｅｔ　ａｌ．（２００３）Ｊｏｕｒｎ

ａｌ ｏｆ Ｆｏｏｄ Ｓｃｉｅｎｃｅ ６８（２）：５３９－５４４。

【０１４３】

〔０１６１〕 ＲＦ加熱は、ＭＷ加熱と比較して、より深いレベルの出力浸透、およびより簡単でより均一な場のパターンの両方に起因して、試料形態に対するより均一な加熱という利点を提供する。ＲＦ加熱とは対照的に、より高い周波数のマイクロ波は、より大きな加熱強度を提供し得るが、十分深く浸透し得ない、または均一な加熱を提供し得ない場合、バイオマス生成物に対する制限を有する。出力浸透深さは、波長が短いほど、すなわち周波数が増加するほど減少する。高周波での浸透深さはメートルのオーダーであり、損失係数が極端に高くない限り、全体加熱が確実となり得る。一方、マイクロ波領域においては、特に材料が非常に湿潤している場合、浸透深さは非常に小さくなる。工業的加熱のための、連邦通信委員会（ＦＣＣ）により指定されるＲＦ加熱周波数での波長は、２つの一般的に使用されるマイクロ波周波数の波長の２２倍から３６０倍大きく、これにより、ＲＦエネルギーは、マイクロ波よりも深く誘電材料に浸透し得る。したがって、高周波加熱は、より大きな規模およびより高いレベルの固形投入率（例えば、約＞２０％ｗ／ｗおよび約＞７０％）ｗ／ｗ）でのバイオマス処理および誘電材料処理において、予想外の結果を示す。

【０１４４】

〔０１６２〕 過去数年にわたり、多くの研究が、固体および半固体食品におけるＭＷを使用した急速加熱に重点を置いてきた。この研究の多くの目標は、最終生成物の品質に対する影響の評価を試みながら急速加熱を達成することであった。ＭＷ加熱の特徴の１つは、ＭＷの比較的小さい浸透深さにより制限されるという点であり、これにより、この技術は、小さいサイズの食品に対してのみ有益となっている。しかしながら、ＲＦの使用は、一般的に言えば、この制限を克服し得る。実際に、ＲＦ周波数（例えば、１から３００ＭＨｚ）での波長は、ＭＷに一般的に使用される２つの波長値（例えば、９１５ＭＨｚおよび２．４５０ＧＨｚ）に対応する波長よりも３６０倍まで大きい。これにより、ＲＦエネルギーは、ＭＷよりも深く、食品等の誘電材料に浸透し得る。Ｗａｎｇ，ｅｔ ａｌ．（２００３）Ｊｏｕｒｎａｌ ｏｆ Ｆｏｏｄ Ｓｃｉｅｎｃｅ ６８（２）：５３９－５４４。

【０１４５】

〔０１６３〕 ＲＦ加熱において、食品は、電気エネルギーの変換により電磁場が形成される２つの電極間に設置される。電磁場がＲＦ波長で適用されると、陽イオンの負領域への移動および陰イオンの正領域への移動（イオン脱分極）が加熱をもたらす。このメカニズムは、電磁場の極性に従う双極性分子の配向を示す双極子回転に加えて、ＭＷ加熱においても有効である。ＲＦ加熱は、周波数、温度、含水率および組成により影響される食品の誘電特性に依存する。Ｍａｒｒａ，ｅｔ ａｌ．（２００９）Ｊｏｕｒｎａｌ ｏｆ Ｆｏｏｄ Ｅｎｇｉｎｅｅｒｉｎｇ ９１（４）：４９７－５０８、Ｐｉｙａｓｅｎａ，ｅｔ ａｌ．（２００３）。マイクロ波（ＭＷ）に対するＲＦのより長い波長は、より大きな浸透深さを提供し、これにより、鳥胸肉等のより厚い製品の加熱が可能となる。より長い波長により、エネルギーが伝達されながら、加熱のしすぎが回避される。しかしながら、アーク放電および熱暴走の危険性が、食品産業におけるＲＦ加熱の使用を制限している主な問題である（Ｚｈａｏ，Ｆｌｕｇｓｔａｄ，Ｋｏｌｂｅ，Ｐａｒｋ，＆ Ｗｅｌｓ，２０００）。

【０１４６】

〔０１６４〕 ＲＦ加熱は、体積加熱が表面を介した熱伝達に依存せず、また水の沸点以上まで継続されるため、誘電材料全体にわたる急速熱伝達を可能とすることが示されている。ＲＦ加熱は、媒体全体にわたる急速な均一加熱を可能とする加熱技術である。この技術は、適用された外部電場に対して回転する極性誘電体分子の摩擦相互作用に起因して、生成物内およびその塊全体にわたって同時により大きなエネルギーを生成する。ＲＦ誘電加熱は、熱効率の増加による省エネルギー、急速で均一な加熱の達成、チェックの低減、燃焼副生成物がないことによる汚染の回避を含む、食品用途における従来の加熱方法に

勝るいくつかの利点を提供する。ＣａｔｈｃａｒｔおよびＰａｒｋ（１９４６）は、凍結した卵、果物、野菜および魚を解凍するためのＲＦ加熱の使用を初めて研究した。高周波誘電加熱は、現在、丸太、織物製品（例えば、巻物、粗紡、かせ）の乾燥、紙の最終乾燥、ベーキングオーブンの出口でのビスケットの最終脱水、および蜂蜜の溶融等の産業用途において広く使用されている（Ｂａｒｋｅｒ　１９８３；Ｏｒｆｅｕｉｌ　１９８７）。

【０１４７】

〔０１６５〕　しかしながら、バイオマスおよびイオン液体複合物の電磁（ＥＭ）（例えば、高周波）波加熱の簡単な使用に関する問題は、暴走温度の生成である。上述の典型的な使用において、水は、衝突エネルギーを吸収し、複合物の温度上昇を助ける。水が蒸発すると、電磁（ＥＭ）（例えば、高周波）波は、さらなるエネルギー散逸なしに材料のその部分を通過する。蒸発しない、または蒸発することを意図されていないイオン液体またはイオンを含有する複合物に関して、設定は、はるかにより詳細に制御されることが必要となる。制御部は、局所条件を中継するいくつかのセンサ（例えば、熱電対、ナノセンサ、フローセンサ、または他の種類のセンサ）を含んでもよく、したがってその領域の電磁（ＥＭ）（例えば、高周波）ユニットは、適切に制御され得る（例えば、オン／オフ切り替えまたは異なる周波数／出力に設定され得る）。したがってこの設定は、複合物中の他の成分に対するバイオマスの投入率が比較的高い場合にはいつでも、処理、加水分解（例えば、酸加水分解もしくは酵素加水分解もしくはＩＬベースもしくはそれらの組み合わせ）、または他の反応環境において使用され得る。

【０１４８】

〔０１６６〕　バイオマスの処理のための加熱は、（１）バイオマスを急速に加熱するために、ＲＦエネルギーが適用される初期段階、および（２）バイオマスの熱を維持するために、超音波、電磁照射（ＥＭ）（例えば、高周波）、対流、伝導加熱、またはそれらの組み合わせが適用される維持段階を含んでもよい。

【０１４９】

〔０１６７〕　ＲＦによるバイオマスの加熱は、マイクロコントローラにより監視され、温度および圧力の設定パラメータ内に維持されてもよい。例えば、バイオマスは、所定の温度に維持されてもよく、バイオマスの温度がこの標的温度を下回ると追加のＲＦが適用され、バイオマスの温度が標的温度を超えるとＲＦが中断される。このプロセスは、ＲＦ加熱中にバイオマスの平均温度を維持するために反復されてもよい。

【０１５０】

〔０１６８〕　本発明者は、驚くべきことに、ＲＦ加熱が、ＩＬ膨潤バイオマス、バイオマス／ＩＬスラリー、またはバイオマス／ＩＬ懸濁液を、急速、均一、および効果的に加熱することができ、より速いバイオマスの処理時間を可能にすることを見出した。また、ＲＦ加熱の使用は、予想外にも、より高い固形投入率（例えば、＞３０％ｗ／ｗ）を可能にした。

【０１５１】

バイオマス処理条件

〔０１６９〕　高周波（ＲＦ）は、少なくとも約３～３０Ｈｚ、３０～３００Ｈｚ、３００～３０００Ｈｚ、３～３０ｋＨｚ、３０～３００ｋＨｚ、３００ｋＨｚ～３ＭＨｚ、３～３０ＭＨｚ、または３０～３００ＭＨｚの間の周波数を含んでもよい。高周波（ＲＦ）は、約１３、１３．５６、２７、２７．１２、４０、または４０．６８ＭＨｚであってもよい。

【０１５２】

〔０１７０〕　バイオマスは、少なくとも約１０℃、２０℃、３０℃、４０℃、５０℃、６０℃、７０℃、８０℃、９０℃、１００℃、１２０℃、１３０℃、１４０℃、１５０℃、２００℃、３００℃、４００℃、６０℃～１３０℃、８０℃～１７５℃、１３０℃～１５０℃、または１００℃～２４０℃の温度に加熱されてもよい。

【０１５３】

〔０１７１〕　高周波（ＲＦ）は、約０．００１から２．０メートルの厚さまでバイオ

マスを浸透し得る。高周波加熱は、断続的または連続的な撹拌と共に生じてもよい。
【０１５４】
〔０１７２〕　バイオマスは、少なくとも約１、２、３、４、５、６、７、８、９、１０、１１、１２、１３、１４、１５、１６、１７、１８、１９、２０、２１、２２、２３、２４、２５、２６、２７、２８、２９、３０、３１、３２、３３、３４、３５、３６、３７、３８、３９、４０、４１、４２、４３、４４、４５、４６、４７、４８、４９、５０、５１、５２、５３、５４、５５、５６、５７、５８、５９、または６０秒間、ＲＦで加熱されてもよい。バイオマスは、少なくとも約１～６０秒間、１～３０秒間、１～２０秒間、５～１０秒間、または１～１０秒間、ＲＦで加熱されてもよい。バイオマスは、少なくとも約１０、２０、３０、４０、５０、６０秒間、ＲＦで加熱されてもよい。バイオマスは、少なくとも約１、２、３、４、５、６、７、８、９、１０、２０、３０、４０、５０、６０、７０、８０、９０、１００、１１０、１２０、１３０、１４０、１５０、１６０、１７０、または１８０分間、ＲＦで加熱されてもよい。バイオマスは、少なくとも約１、２、３、４、５、６、７、８、９、１０、１１、１２、１３、１４、１５、１６、１７、１８、１９、２０、２１、２２、２３、または２４時間、ＲＦで加熱されてもよい。バイオマスは、少なくとも約１、２、３、４、５、６、７、８、９、または１０日間、ＲＦで加熱されてもよい。バイオマスは、少なくとも約５～１０秒間、１０～３０秒間、１０～３０分間、１～３０分間、５～３０分間、１～２０分間、２０分から２時間、５分から３時間、５分から２時間、１～４時間、２～４時間、１～２時間、または３～４時間、ＲＦで加熱されてもよい。
【０１５５】
〔０１７３〕　バイオマスの処理のための加熱は、（１）バイオマスを急速に加熱するために、赤外線（ＩＲ）加熱が適用される初期段階、および（２）バイオマスの熱を維持するために、超音波、電磁照射（ＥＭ）（例えば、高周波、赤外線）、対流、伝導加熱、またはそれらの組み合わせが適用される維持段階を含んでもよい。
【０１５６】
〔０１７４〕　赤外線（ＩＲ）加熱によるバイオマスの加熱は、マイクロコントローラにより監視され、温度および圧力の設定パラメータ内に維持されてもよい。例えば、バイオマスは、所定の温度に維持されてもよく、バイオマスの温度がこの標的温度を下回ると追加の赤外線（ＩＲ）加熱が適用され、バイオマスの温度が標的温度を超えると赤外線（ＩＲ）加熱が中断される。このプロセスは、赤外線（ＩＲ）加熱中にバイオマスの平均温度を維持するために反復されてもよい。
【０１５７】
〔０１７５〕　本発明者は、驚くべきことに、赤外線（ＩＲ）加熱が、ＩＬ膨潤バイオマス、バイオマス／ＩＬスラリー、またはバイオマス／ＩＬ懸濁液を、急速、均一、および効果的に加熱することができ、より速いバイオマスの処理時間を可能にすることを見出した。また、赤外線（ＩＲ）加熱の使用は、予想外にも、より高い固形投入率（例えば、＞３０％ｗ／ｗ）を可能にした。
【０１５８】
〔０１７６〕　赤外線（ＩＲ）加熱は、少なくとも約３００ＧＨｚ～４３０ＴＨｚの間の周波数を含んでもよい。赤外放射線は、約０．７５～１．４μｍの近赤外（近ＩＲ）波長、約３～８μｍの中赤外（中ＩＲ）波長、または約１５～１，０００μｍの遠赤外（遠ＩＲ）波長であってもよい。
【０１５９】
〔０１７７〕　バイオマスは、赤外線（ＩＲ）加熱により、少なくとも約１０℃、２０℃、３０℃、４０℃、５０℃、６０℃、７０℃、８０℃、９０℃、１００℃、１２０℃、１２５℃、１３０℃、１４０℃、１５０℃、２００℃、３００℃、４００℃、６０℃～１３０℃、８０℃～１７５℃、１２５℃～１５０℃、１３０℃～１５０℃、または１００℃～２４０℃の温度に加熱されてもよい。
【０１６０】

〔０１７８〕　赤外線（ＩＲ）加熱は、約０．００１メートルから２．０メートルの厚さまでバイオマスに浸透し得る。赤外線（ＩＲ）加熱は、断続的または連続的な撹拌と共に生じてもよい。

【０１６１】

〔０１７９〕　バイオマスは、少なくとも約１、２、３、４、５、６、７、８、９、１０、１１、１２、１３、１４、１５、１６、１７、１８、１９、２０、２１、２２、２３、２４、２５、２６、２７、２８、２９、３０、３１、３２、３３、３４、３５、３６、３７、３８、３９、４０、４１、４２、４３、４４、４５、４６、４７、４８、４９、５０、５１、５２、５３、５４、５５、５６、５７、５８、５９、または６０秒間、赤外線（ＩＲ）で加熱されてもよい。バイオマスは、少なくとも約１～６０秒間、１～３０秒間、１～２０秒間、５～１０秒間、または１～１０秒間、赤外線（ＩＲ）で加熱されてもよい。バイオマスは、少なくとも約１０、２０、３０、４０、５０、６０秒間、赤外線（ＩＲ）で加熱されてもよい。バイオマスは、少なくとも約１、２、３、４、５、６、７、８、９、１０、２０、３０、４０、５０、６０、７０、８０、９０、１００、１１０、１２０、１３０、１４０、１５０、１６０、１７０、または１８０分間、赤外線（ＩＲ）で加熱されてもよい。バイオマスは、少なくとも約１、２、３、４、５、６、７、８、９、１０、１１、１２、１３、１４、１５、１６、１７、１８、１９、２０、２１、２２、２３、または２４時間、赤外線（ＩＲ）で加熱されてもよい。バイオマスは、少なくとも約１、２、３、４、５、６、７、８、９、または１０日間、赤外線（ＩＲ）で加熱されてもよい。バイオマスは、少なくとも約５～１０秒間、１０～３０秒間、１０～３０分間、１～３０分間、５～３０分間、１～２０分間、２０分から２時間、５分から３時間、５分から２時間、１～４時間、２～４時間、１～２時間、または３～４時間、赤外線（ＩＲ）で加熱されてもよい。バイオマスは、約１５分間赤外線（ＩＲ）で、次いで約１５分間対流加熱で加熱されてもよい。バイオマスは、約４５分間赤外線（ＩＲ）で、次いで約６０分間対流加熱で加熱されてもよい。

【０１６２】

〔０１８０〕　バイオマスは、少なくとも約１、２、３、４、５、６、７、８、９、１０、１１、１２、１３、１４、１５、１６、１７、１８、１９、２０、３０、４０、５０、６０、７０、８０、９０、または１００気圧（ａｔｍ）の圧力で処理されてもよい。

【０１６３】

〔０１８１〕　本明細書に記載の方法において使用される超音波は、約１５～４０ｋＨｚ、２０～３０ｋＨｚ、２５～３５ｋＨｚの間、または約約１５、２０、３０、３５、３５、または４０ｋＨｚの高周波数を有し、約０．０００１～０．０２５ｍｍの間の振幅を有する音波であってもよい。超音波加熱は、断続的または連続的な撹拌と共に生じてもよい。

【０１６４】

〔０１８２〕　バイオマスは、１００～１，０００Ｗ、１ＫＷ～１０ＫＷ、または５ＫＷ～１ＭＷの出力で加熱されてもよい。

【０１６５】

〔０１８３〕　バイオマスは、より小さいサイズの粒子に粉末化されてもよい。バイオマスは、イオン液体との混合前に、より小さいサイズの粒子に粉末化されてもよい。バイオマスは、約０．１～２０ｍｍ、０．１～２ｍｍ、または約５ｍｍのサイズの小粒子に粉末化されてもよい。

【０１６６】

〔０１８４〕　バイオマスは、高いバイオマスレベルで処理されてもよい。バイオマス－イオン液体スラリーは、少なくとも約１０％、２０％、３０％、４０％、５０％、６０％、７０％、８０％、９０％、または９５％）ｗ／ｗの高固形投入率を含んでもよい。ＩＬ膨潤バイオマスは、少なくとも約１０％、２０％、３０％、４０％、５０％、６０％、７０％、８０％、９０％、または９５％ｗ／ｗの高固形投入率を含んでもよい。バイオマスは、約３０％ｗ／ｗの高固形投入率で投入されてもよい。本発明者は、驚くべきことに

、電磁加熱（例えば、高周波加熱、可変周波数電磁加熱、可変赤外線（ＩＲ）加熱）の使用が、高固形投入レベル、例えば＞３０％ｗ／ｗでのバイオマスの処理を可能とすることを発見した。

【０１６７】

〔０１８５〕　バイオマスの処理のためのシステムおよび方法は、イオン液体と組み合わせて、電磁スペクトル内の可変周波数を使用してもよい。バイオマスの処理のためのシステムおよび方法は、イオン液体および酸と組み合わせて、電磁スペクトル内の可変周波数を使用してもよい。処理されたバイオマスは、さらに処理されて、再生可能燃料、化学物質および材料、任意選択でエタノール、ブタノール、乳酸、ガソリン、バイオディーゼル、メタン、水素、電気、プラスチック、複合材、タンパク質、薬物、肥料またはそれらの他の成分を生成してもよい。

【０１６８】

〔０１８６〕　本明細書に記載の方法およびシステムにおいて使用される電磁加熱は、電磁スペクトル内の可変周波数（例えば、高周波、赤外）であってもよい。ＩＬ脱水に使用される赤外（ＩＲ）乾燥デバイスは、異なる設計構成を有してもよい。

【０１６９】

〔０１８７〕　図９００は、流動または落下ＩＬストリームに対する薄層構成を使用した、電磁（ＥＭ）加熱を使用してイオン液体（ＩＬ）を脱水するための例示的システム９００を示す。本明細書に記載のシステムにおいて使用されるＥＭ加熱は、電磁スペクトル内の可変周波数（例えば、高周波（ＲＦ）、赤外線（ＩＲ））であってもよい。図９に示される実施形態は、単なる例示である。

【０１７０】

〔０１８８〕　システム９００は、１つ以上の加熱表面９０２を含んでもよい。加熱表面９０２は、金属であってもよい。加熱表面９０２は、ＩＲ熱９１０を放射してもよい。加熱表面９０２は、１つ以上の熱源９０２ａからＩＲ熱９１０を放射または放出してもよい。加熱表面９０２は、場所に依存して、異なる波長または周波数でＩＲ熱９１０を放出してもよい。加熱表面９０２は、ＲＦ波を放出してもよい。

【０１７１】

〔０１８９〕　液体ＩＬストリーム９０４は、熱源９０２の上を流動してもよい。システム９００は、１つ以上のパネル９０６を含んでもよい。パネル９０６は、ＩＬストリーム９０４の流動を方向付けるように互いに平行に設置されてもよい。パネル９０６は、ＩＲ熱９１０を放出または放射してもよい。パネル９０６上の領域から放出または放射されたＩＲ熱の波長または周波数は、その領域が１つ以上の可変電極９０８により近いか、または加熱表面９０２により近いかに依存して変動し得る。

【０１７２】

〔０１９０〕　加熱表面は、ＩＬストリーム９０４の流動が重力により駆動されるように傾斜されてもよい。ＩＬストリーム９０４は、パネル９０６により形成されたチャネルを通してポンピングされてもよい。パネル９０６および加熱表面９０２は、ＩＲ吸収材料で作製されてもよい。パネル９０６および加熱表面９０２は、金属であってもよい。

【０１７３】

〔０１９１〕　システム９００は、１つ以上の可変電極９０８を含んでもよい。可変電極９０８は、図９に示されるように、ＩＬストリーム９０４の流動の上に位置付けられてもよい。可変電極９０８は、加熱表面９０２およびパネル９０６により形成されたチャネルに適合するように配向した、１つ以上の薄い金属ストリップシートを備えてもよい。可変電極９０８は、パネル９０６および加熱表面９０２により形成されたチャネル内を流動するＩＬを分離する、多孔質膜層／シートを含んでもよい。多孔質膜は、ＩＬストリーム９０４に面する下部表面および下部表面に対置する上部表面を有してもよい。

【０１７４】

〔０１９２〕　ＩＬストリーム９０４が１つ以上の熱表面９０２および１つ以上のパネル９０６により形成された１つ以上のチャネルを通って流動すると、ＩＲ熱波９１０は、

１つ以上の方向からＩＬストリームに適用され、ＩＬストリーム９０４を加熱する。ＩＲ波９１０の周波数は、可変電極９０８により近いパネル９０６の領域から放出されると、より高くなり得る。ＩＬストリーム９０４の温度が上昇すると、ＩＬストリーム９０４中の水は水蒸気９１２の形態で蒸発し始め、ＩＬストリーム９０４中の残りの液体から分離する。水蒸気９１２は、１つ以上の可変電極９０８の多孔質膜を通って上昇し得る。ＩＲ波９１０は、高水吸収周波数で放出されてもよい。

【０１７５】

〔０１９３〕 いくつかの実施形態において、可変電極の、ＩＬストリーム９０４の流動に面する側とは反対側に、空気または不活性ガスが循環されてもよい。空気または不活性ガスは、真空を使用して循環されてもよい（図示せず）。空気は、ファンのシステムを使用して循環されてもよい（図示せず）。真空および／またはファンは、１つ以上の可変電極９０８の膜の上部側から水蒸気を引き出す、または除去してもよい。水蒸気は、可変電極から吹き飛ばされ、または引き出されて、凝縮器で凝縮されてもよい（図示せず）。

【０１７６】

〔０１９４〕 図９は、ＩＬ蒸発器システムの水平構成を示す。他の実施形態において、ＩＬ蒸発器は、傾斜またはさらに垂直構成で配置され得る。さらに、これらのパターン／ユニットは、単一処理ユニット、または、シェルアンドチューブ熱交換器構成と同様の互いにスタックされた複数プロセスユニットを有するように設計され得る。「シェル側」は、１つ以上のリフレクタおよびトランスミッタを使用した１つ以上のＩＲ加熱／照射源を有してもよい。「チューブ部分」は、作製される、または多孔質である（水平に配置された場合上半分、または垂直に設置された場合横半分）。シェル側全体は、大気圧、真空、または不活性条件下で操作され得る。

【０１７７】

〔０１９５〕 図１０は、噴霧構成を使用した、電磁（ＥＭ）加熱を使用してイオン液体（ＩＬ）を脱水するための例示的システム１０００を示す。本明細書に記載のシステムにおいて使用されるＥＭ加熱は、電磁スペクトル内の可変周波数（例えば、高周波（ＲＦ）、赤外線（ＩＲ））であってもよい。図１０に示される実施形態は、単なる例示である。図１０に示される実施形態は、ＩＲ放射線が放射線または熱の伝達に媒体を必要としないという原理に一部基づいている。

【０１７８】

〔０１９６〕 図１０に示されるように、希薄ＩＬストリームまたは物質１００４は、表面１００６の中心を通って突出する出口１００２から垂直に噴霧されてもよい。表面１００６は、水平であってもよい。表面１００６は、傾斜していてもよい。出口１００２は、ノズルであってもよい。他の実施形態において、出口１００２は、表面１００６に隣接してもよく、ＩＬ物質またはストリームを水平表面上に着地するように角度を付けて噴霧するように構成されてもよい。表面１００６は、１つ以上のプレートを備えてもよい。プレートは、金属であってもよく、ＩＲ波１０１０を吸収する材料で作製されてもよい。プレートの温度は、プレートがＩＲ波を吸収するにつれて上昇し得る。表面１００６は、円形、凹状、またはボウル形状であってもよく、出口１００２は中心を通って突出している。出口１００２は、ＩＬ物質１００４を、重力により物質が表面上に引き戻されるまで表面１００６から離れる方向に垂直に噴霧する噴水として機能してもよい。出口１００２は、ＩＬ物質を出口を通して押し出すのに十分な圧力を提供するために、ポンプに接続されてもよい。

【０１７９】

〔０１９７〕 システム１０００は、１つ以上のＩＲ放射線源１００８を含んでもよい。ＩＲ放射線源１００８は、ＩＲ放射線１０１０を表面の中心に向けて放出するように、表面１００６の外側端部の周りに位置してもよい。ＩＲ放射線源１００８は、ＩＲ波を表面に向けて下に放出するように、表面の上方に位置してもよい。ＩＲ放射線源１００８は、表面１００６の外周または周囲に沿って位置してもよい。

【０１８０】

〔０１９８〕　ＩＬ物質１００４が出口１００２から噴霧または射出されると、ＩＲ波１０１０は、噴霧中に放出され得る。ＩＬ物質１００４は、ＩＲ波１０１０からの熱を吸収し、ＩＬ物質１００４の温度を上昇させることができる。温度が上昇すると、ＩＬ物質中の水が蒸発し、ＩＬ物質１００４の残りから分離し始める。水が蒸発した際にＩＬ溶液から水蒸気を引き出す真空を形成するように、真空源が表面の上方に位置してもよい。水が蒸発した際にＩＬ溶液から水蒸気を吹き飛ばすように、ファン源が表面の上方に位置してもよい。ファン源または真空源は、ガスを循環させることができる（１０１２として示される）。ガスは、空気または不活性ガスであってもよい。

【０１８１】

〔０１９９〕　排出されて表面上に着地するＩＬ物質１０１２中に水が残留している場合、表面１００６が吸収した熱により、表面がＩＬ物質１００４中の残留水の少なくとも一部を蒸発除去し得る。残りのＩＬ物質１００４は、表面１００６の中央で収集され、出口の周囲の１つ以上の排液路を通して排液されるか、または出口の周囲の吸収材料中に吸収され得る。

【０１８２】

〔０２００〕

本明細書に記載のＩＲ蒸発器構成は、バイオマス糖加水分解物およびリグニン化合物の濃縮、加熱、および滅菌のためのものであってもよい。

【０１８３】

イオン液体（ＩＬ）

〔０２０１〕　本発明は、炭水化物の効率的および急速な酵素加水分解を促進するために、イオン液体（ＩＬ）と併せて高周波加熱を使用することによる、リグノセルロース系バイオマスの処理のための新たな戦略である。例示的イオン液体（ＩＬ）および処理方法は、米国特許第８，０３０，０３０号に記載されている。イオン液体もまた、当該技術分野において知られている。例えば、Ｅａｒｌｅ　＆　Ｓｅｄｄｏｎ（２０００）Ｐｕｒｅ　Ａｐｐｌ．Ｃｈｅｍ．７２（７）：１３９１－１３９８およびＷａｓｓｅｒｓｃｈｅｉｄ　＆　Ｋｅｉｍ（２０００）Ａｎｇｅｗ．Ｃｈｅｍ．Ｉｎｔ．Ｅｄ．３９：３７７２－３７８９を参照されたい。

【０１８４】

〔０２０２〕　イオン液体は、室温で液体であり、イオンのみを含有してもよく、３００℃まで安定な溶融塩である。Ｓｈｅｌｄｏｎ（２００１）Ｃｈｅｍ．Ｃｏｍｍｕｎ．２３：２３９９－２４０７を参照されたい。それらは、最終的な塩が非対称であるように、通常有機化合物であるカチオン、および無機または有機成分のアニオンを含有する。ＩＬの非対称性と関連した重点率の低さに起因して、結晶形成が阻害され、ＩＬは広い温度範囲にわたり液体のままである。広範なアニオンおよびカチオンを使用して、様々な融点、粘度、熱安定性および極性をもたらすことができる。現在使用されているカチオンのいくつかの例は、アンモニウム、スルホニウム、ホスホニウム、リチウム、イミダゾリウム、ピリジニウム、ピコリニウム、ピロリジニウム、チアゾリウム、トリアゾリウムオキサゾリウム、またはそれらの組み合わせを含む。Ｍｕｒｕｇｅｓａｎ　＆　Ｌｉｎｈａｒｄｔ（２００５）Ｃｕｒｒｅｎｔ　Ｏｒｇａｎｉｃ　Ｓｙｎｔｈｅｓｉｓ　２：４３７－４５１。イオン液体はまた、＜１００℃で液体であり、広い液体範囲を有し、ほぼ蒸気圧を有さず、高い極性、有機および無機材料に対する高い溶解力、良好な熱的、力学的、および電気化学的安定性、高い熱容量、不燃性、ならびに電気伝導性を有する。

【０１８５】

〔０２０３〕　イオン液体は、極めて低い揮発性を有し、溶媒として使用された場合、揮発性成分の放出に寄与しない。この意味では、イオン液体は環境に優しい溶媒である。ＩＬは、セルロースおよびリグノセルロースを溶解するように設計されている。溶解後、セルロースは、貧溶媒の使用により再生され得る。しかしながら、リグノセルロース系材料（特に木材）のＩＬへの完全溶解はより困難であり、部分的溶解であっても、ＩＬ中でのバイオマスの高温での非常に長いインキュベーションが必要である。その場合でも、再

生後に高収率のセルロースは一般に達成されない。Ｆｏｒｔ，ｅｔ　ａｌ．（２００７）Ｇｒｅｅｎ．Ｃｈｅｍ．９：６３。

【０１８６】

〔０２０４〕　本発明は、目的がリグノセルロースを溶解することではなく、主にリグニン被覆を分断し、残りのバイオマス構造を大きく膨潤させる（少なくとも３０％）が、リグノセルロースを溶解させないために十分な期間、リグノセルロースをＩＬと接触させ、またさらに高周波加熱を適用することであるという点で、イオン液体を使用する従来のアプローチとは異なる。例えば、バイオマスのＩＬとのインキュベーションおよびＥＭ加熱（例えば、高周波または赤外線）は、主にリグニン被覆を分断し、残りのバイオマス構造を大きく膨潤させる（少なくとも１０％、２０％、３０％、４０％または５０％）が、リグノセルロースを溶解しないために十分な期間行われてもよい。この組み合わせ処理により、後の酵素加水分解プロセスは、比較的短期間で進行され得ると共に、定量的収率のグルコースおよび高収率の五炭糖を生成することができる。本明細書に記載の処理方法において使用され得る、水素結合構造を分断してバイオマス中のセルロースの結晶化度を低減することができる任意のイオン液体は、イミダゾリウム、ピロリジニウム、ピリジニウム、ホスホニウム、アンモニウム、またはそれらの組み合わせ、およびそれらの全ての官能化類似体を含むカチオン構造を含んでもよい。例えば、図４に示されるようなトリアゾリウムの構造（式中、Ｒ１、Ｒ２、Ｒ３、Ｒ４、およびＲ５のそれぞれは、水素、１～１５個の炭素原子を有するアルキル基、または２～１０個の炭素原子を有するアルケン基であってもよく、アルキル基は、スルホン、スルホキシド、チオエーテル、エーテル、アミド、ヒドロキシル、またはアミンで置換されていてもよく、Ａは、ハロゲン化物、水酸化物、ホルメート、アセテート、プロピオネート、ブチレート、合計１０個までの炭素原子を有する任意の官能化モノもしくはジカルボン酸、スクシネート、ラクテート、アスパルテート、オキサレート、トリクロロアセテート、トリフルオロアセテート、ジシアナミド、またはカルボキシレートであってもよい）。ＩＬの構造の別の例は、図４のピリジンに示される（式中、Ｒ１、Ｒ２、Ｒ３、Ｒ４、Ｒ５、およびＲ６のそれぞれは、水素、１～１５個の炭素原子を有するアルキル基、または２～１０個の炭素原子を有するアルケン基であってもよく、アルキル基は、スルホン、スルホキシド、チオエーテル、エーテル、アミド、ヒドロキシル、またはアミンで置換されていてもよく、Ａは、ハロゲン化物、水酸化物、ホルメート、アセテート、プロパノエート、ブチレート、合計１０個までの炭素原子を有する任意の官能化モノもしくはジカルボン酸、スクシネート、ラクテート、アスパルテート、オキサレート、トリクロロアセテート、トリフルオロアセテート、ジシアナミド、またはカルボキシレートであってもよい）。ハロゲン化物は、塩化物、フッ化物、臭化物、またはヨウ化物であってもよい。

【０１８７】

〔０２０５〕　また、式１により説明される組成を有するイオン液体混合物が、本明細書に記載の方法およびシステムにおいて使用され得る。

【０１８８】

【数１】

$$\sum_{n=1}^{20}[C^+]_n[A^-]_n$$

【０１８９】

〔０２０６〕　式１中、Ｃ$^+$は、ＩＬのカチオンを指し、Ａ－は、ＩＬのアニオン成分を指す。混合物に添加されるそれぞれの追加のＩＬは、以前の成分と同じカチオンまたは以前の成分と同じアニオンを有し、カチオンおよびアニオンの独自の組み合わせにおいてのみ初めのものと異なってもよい。例えば、共通のカチオンおよびアニオンが使用されるが、それぞれの個々のＩＬ成分が異なる、以下のＩＬの５つの成分の混合物を考慮する。

【０１９０】
［ＢＭＩＭ$^{+}$］［Ｃｌ$^{-}$］＋［ＢＭＩＭ$^{+}$］［ＰＦ$_{6}^{-}$］＋［ＥＭＩＭ$^{+}$］［Ｃｌ$^{-}$］＋［ＥＭ－ＩＭ$^{+}$］［ＰＦ$_{6}^{-}$］＋［ＥＭＩＭ$^{+}$］［ＢＦ$_{4}^{-}$］
〔０２０７〕　イオン液体の最終混合物は、様々な官能化カチオンおよびアニオンのモルパーセントで定義され得る絶対組成において変動する。したがって、混合物は、式１で定義されるように、様々な重量パーセントのそれぞれの利用された成分で構成され得る。バイオマスを処理するためのいくつかのそのような代表的溶媒の使用は、米国特許第８，０３０，０３０号に記載のような１－エチル－３－メチルイミダゾリウムプロピオネート（ＥＭＩＭ－Ｐｒ）であってもよい。また、イオン液体１－（４－スルホン酸）ブチル－３－メチルイミダゾリウム硫酸水素塩が使用されてもよい。
【０１９１】
〔０２０８〕　イオン液体は、約１、２、３、４、５、６、７、８、９、１０、１１、１２、１３、１４、１５、１６、１７、１８、１９、２０、２１、２２、２３、２４、または２５％を超えない含水量を有してもよい。また、イオン液体は、回収および再利用されてもよい。
【０１９２】
〔０２０９〕　バイオマスは、イオン液体中に溶解されてもよい。バイオマスは、イオン液体中に溶解され、貧溶媒の使用により再生されてもよい。貧溶媒は、水、エタノール、メタノール、アセトン、またはそれらの混合物であってもよい。
【０１９３】
ＩＬの回収／ＩＬの脱水
〔０２１０〕　洗浄排出物は収集されてもよく、イオン液体は、ＲＦエネルギーの適用により脱水されてもよい。ＲＦエネルギーは、ＩＬにおけるより強い双極子モーメントに起因して、水を加熱するよりも速くＩＬを加熱する。具体的な理論に束縛されないが、本発明者は、驚くべきことに、イオンが電磁（ＥＭ）（例えば、高周波）波に配向し、常に双極子モーメントを変化させようとすることを発見した。ＲＦにより加熱されたＩＬは、水が発熱してＩＬ洗浄排出物から蒸発するための基材として機能する。したがって、溶媒およびイオン液体を含む洗浄排出物は、ＲＦエネルギーを使用して加熱され得る。ＲＦエネルギーは、洗浄から回収および除去され得る水を追い出す。したがって、得られたイオン液体は脱水され（例えば、水が除去されている）、再利用され得る。
【０１９４】
〔０２１１〕　洗浄排出物は収集されてもよく、イオン液体は、赤外線（ＩＲ）加熱の適用により脱水されてもよい。ＩＲエネルギーは、ＩＬにおけるより強い双極子モーメントに起因して、水を加熱するよりも速くＩＬを加熱する。具体的な理論に束縛されないが、本発明者は、驚くべきことに、イオンが電磁（ＥＭ）（例えば、高周波、赤外線）波に配向し、常に双極子モーメントを変化させようとすることを発見した。ＩＲにより加熱されたＩＬは、水が発熱してＩＬ洗浄排出物から蒸発するための基材として機能する。したがって、溶媒およびイオン液体を含む洗浄排出物は、ＩＲエネルギーを使用して加熱され得る。ＩＲエネルギーは、洗浄から回収および除去され得る水を追い出す。したがって、得られたイオン液体は脱水され（例えば、水が除去されている）、再利用され得る。
【０１９５】
〔０２１２〕　一実施形態によるイオン液体の脱水／乾燥のための方法は、希薄ＩＬ水溶液のスラリーを接触させることと、閉じた可変ＩＲデバイス内を循環させることとを含む。ＩＲデバイスを通して高温空気／真空が引かれて、蒸発した水が除去され、さらにこの蒸気が、水の再利用および熱統合のために、熱交換器を通過することにより凝縮される。この方法は、大幅に低減された量の高温空気／真空乾燥、ならびにイオン液体の乾燥／脱水のためのＩＲ乾燥機および床面積要件を利用する。イオン液体に対する水の親和性に起因して、イオン液体からの水の効率的な回収の必要性が依然として存在する。したがって、薄い金属ストリップ／ベルト電極上でのＩＲを用いた効率的および急速な加熱プロセスは、イオン液体の急速乾燥を提供し、イオン液体の大量濃縮のための空間およびエネル

ギー要件を最小限化する。
【０１９６】
酸分解
〔０２１３〕　酸分解処理において、バイオマスは、イオン液体（ＩＬ）、酸（例えば、硫酸、塩酸、硝酸、またはリン酸）と混合され、２つの段階を含む電磁エネルギーを使用して加熱される。第１の初期段階において、高周波（ＲＦ）エネルギーを使用して、バイオマスが加熱される。超音波の第２の維持段階において、電磁照射（ＥＭ）（例えば、高周波、赤外線）、対流、伝導加熱、またはそれらの組み合わせを使用して、標的温度（例えば、５０～７０℃）で熱が維持される。イオン液体との混合および加熱ステップは共に、十分な浸透および均一な加熱に関して監視されてもよく、条件（例えば、時間、圧力、熱、ＲＦエネルギーの強度）が、バイオマスの十分な浸透および均一な加熱を維持するために必要に応じて調節されてもよい。酸分解の後、洗浄排出物は収集されてもよく、イオン液体は、ＲＦエネルギーの適用により脱水されてもよい。酸分解の後、洗浄排出物は収集されてもよく、イオン液体は、赤外線（ＩＲ）エネルギーの適用により脱水されてもよい。さらに、バイオマス／ＩＬスラリーを中和するために、塩基（例えば、ＮａＯＨ、ＫＯＨ）が添加されてもよい。さらに、ＩＬ膨潤バイオマスを中和するために、塩基（例えば、ＮａＯＨ、ＫＯＨ）が添加されてもよい。また、酸分解は、断続的または連続的な撹拌を含んでもよい。酸分解プロセス後、次いで糖は、残留材料（例えば、リグニン）から分離されてもよい。糖溶液は、次いで、化学物質（例えば、エタノール、乳酸、コハク酸）に変換されてもよい。リグニンは、回収されてもよい。さらに、酸は、回収されてもよい。電磁（ＥＭ）（例えば、高周波、赤外線）加熱の適用を含むイオン液体および酸によるバイオマスの処理は、５－ヒドロキシメチルフルフラール、フラン－２－カルボン酸、カテコール、メチルカテコール、メチルグアイアコール、アセトグアイアコン、およびアセトールを含むがこれらに限定されないバイオマスの分解生成物、ならびにリグノセルロース系バイオマスのリグニンの分解をもたらし得る。Ｌｉ，ｅｔ　ａｌ．（２０１０）Ｉｎｄ．Ｅｎｇ．Ｃｈｅｍ．Ｒｅｓ．４９（７）：３１２６－３１３６もまた参照されたい。
【０１９７】
〔０２１４〕　例えば、バイオマスは、イオン液体（例えば、１－アリル－３－メチルイミダゾリウムクロリド）および５％硫酸または５％塩酸と共にインキュベートされ、１～３時間、２時間、５～３０分、１～３０分、または５～１５分間９０℃に加熱されてもよい。
【０１９８】
〔０２１５〕　酸は、少なくとも約１、２、３、４、５、６、６．１、６．２、６．３、６．４、６．５、６．６、６．７、６．８、または６．９のｐＨを達成するように、バイオマスイオン液体スラリーに添加されてもよい。酸は、少なくとも約１～３、２～４、３～５、４～６、または５～６．５のｐＨを達成するように、バイオマスイオン液体スラリーに添加されてもよい。
【０１９９】
〔０２１６〕　酸は、少なくとも約１、２、３、４、５、６、６．１、６．２、６．３、６．４、６．５、６．６、６．７、６．８、または６．９のｐＨを達成するように、ＩＬ膨潤バイオマスに添加されてもよい。酸は、少なくとも約１～３、２～４、３～５、４～６、または５～６．５のｐＨを達成するように、ＩＬ膨潤バイオマスに添加されてもよい。
【０２００】
〔０２１７〕　酸は、少なくとも約１、２、３、４、５、または６Ｍの硫酸、塩酸、硝酸、またはリン酸であってもよい。酸は、少なくとも約１～３、２～４、３～５、４～６、または５～６．５Ｍの間の硫酸、塩酸、硝酸、またはリン酸であってもよい。
【０２０１】
〔０２１８〕　酸分解反応は、少なくとも約５０～７０℃、６０℃、８０℃、９０℃、

１００℃、１０５℃、または１１０℃で行われてもよい。

【０２０２】

付加価値生成物への変換

〔０２１９〕　以下のプロセスは、バイオマス（例えば、セルロース、ヘミセルロース、およびリグニン）を付加価値化学物質（例えば、エタノール）に変換するために使用されてもよい。Ｃｏｒｍａ，ｅｔ　ａｌ．（２００７）“Ｃｈｅｍｉｃａｌ　Ｒｏｕｔｅｓ　ｆｏｒ　ｔｈｅ　Ｔｒａｎｓｆｏｒｍａｔｉｏｎ　ｏｆ　Ｂｉｏｍａｓｓ　ｉｎｔｏ　Ｃｈｅｍｉｃａｌｓ．”　Ｃｈｅｍ．Ｒｅｖ．１０７：２４１１－２５０２を参照されたい。本明細書に記載の方法は、バイオマスを、その主要構成成分であるセルロース、ヘミセルロース、およびリグニンに分離する。次いで、セルロースおよびヘミセルロースは、糖に変換（例えば、加水分解）され得る。例えば、ヘミセルロースは、五炭糖および六炭糖（例えば、キシロース、アラビノース）に変換され得、セルロースは、六炭糖（例えば、グルコース）に変換され得る。次いで、糖は、生成物製品（例えば、エタノール）に発酵され得る。リグニンは、エネルギー、燃料、プラスチック、または結合剤に変換され得る。セルロースおよびヘミセルロースは、加水分解プロセス（セルロース分解）、化学的処理（例えば、酸）または生化学的処理（例えば、酵素消化）のいずれかに供されてもよい。セルロース、リグノセルロース、および他のバイオマスから化学物質への化学的処理のためのいくつかの方法は、当該技術分野において知られている。例えば、Ｋｏｂａｙａｓｈｉ，ｅｔ　ａｌ．（２０１２）Ｃａｔａｌ．Ｓｃｉ．Ｔｅｃｈｎｏｌ．２：８６９－８８３、Ｉｓｈｉｋａｗａ　＆　Ｓａｋａ（２００１）“Ｃｈｅｍｉｃａｌ　Ｃｏｎｖｅｒｓｉｏｎ　ｏｆ　Ｃｅｌｌｕｌｏｓｅ　ａｓ　ｔｒｅａｔｅｄ　ｉｎ　ｓｕｐｅｒｃｒｉｔｉｃａｌ　ｍｅｔｈａｎｏｌ．”　Ｃｅｌｌｕｌｏｓｅ　８（３）：１８９－１９５、Ｔａｏ，ｅｔ　ａｌ．（２０１１）“Ｃａｔａｌｙｔｉｃ　Ｃｏｎｖｅｒｓｉｏｎ　ｏｆ　ｃｅｌｌｕｌｏｓｅ　ｔｏ　ｃｈｅｍｉｃａｌｓ　ｉｎ　ｉｏｎｉｃ　ｌｉｑｕｉｄ．”　Ｃａｒｂｏｈｙｄｒａｔｅ　Ｒｅｓｅａｒｃｈ　３４６（１）：５８－６３、Ｔａｏ，ｅｔ　ａｌ．（２０１１）Ｃａｒｂｏｈｙｄｒａｔｅ　Ｒｅｓｅａｒｃｈ　３４６（１）：５８－６３、およびＢｉｎｄｅｒ　＆　Ｒａｉｎｅｓ（２００９）Ｊ．Ａｍ．Ｃｈｅｍ．Ｓｏｃ．１３１：１９７９－１９８５を参照されたい。これらの方法は、本明細書に記載の処理および処理方法と併せて使用されてもよい。

【０２０３】

付加価値生成物への化学的変換

〔０２２０〕　化学的処理は、熱および圧力下での酸とのインキュベーション、または濃縮酸加水分解プロセス（例えば、Ｓｃｈｏｌｌｅｒプロセス）を含んでもよい。Ｒｏｂｉｎｓｏｎ（１９９５）“Ａ　Ｍｉｌｄ，Ｃｈｅｍｉｃａｌ　Ｃｏｎｖｅｒｓｉｏｎ　ｏｆ　Ｃｅｌｌｕｌｏｓｅ　ｔｏ　Ｈｅｘａｎｅ　ａｎｄ　Ｏｔｈｅｒ　Ｌｉｑｕｉｄ　Ｈｙｄｒｏｃａｒｂｏｎ　Ｆｕｅｌｓ　ａｎｄ　Ａｄｄｉｔｉｖｅｓ，”　ＡＣＳ　Ｆｕｅｌ　Ｃｈｅｍｉｓｔｒｙ　Ｐｒｅｐｒｉｎｔｓ　４０（３）：７２９　ａｎｄ　Ｂｉｎｄｅｒ　＆　Ｒａｉｎｅｓ（２０１０）ＰＮＡＳ　１０７（１０）：４５１６－４５２１もまた参照されたい。セルロースは、アルカリ性過酸化水素で処理され、次いで酵素で処理されて、細胞壁が破壊されてもよい。例えば、バイオマスは、糖（例えば、グルコースおよびフルクトース）を５－ヒドロキシメチルフルフラール（ＨＭＦ）に変換するために、イオン液体で処理されてもよい。ＨＭＦの酸化により、２，５－フランジカルボン酸が得られる。

【０２０４】

〔０２２１〕　他のプロセスにおいて、セルロースおよびヘミセルロースは、プラスチックおよび燃料用の原材料として使用され得る５－ヒドロキシメチルフルフラール（ＨＭＦ）に変換されてもよい。糖（例えば、グルコースおよびフルクトース）をＨＭＦに変換するために、金属塩化物（例えば、塩化クロム）がイオン液体と共に使用されてもよい。化学物質、塩化クロムとして知られる金属塩化物は、糖を高純度ＨＭＦに変換した。金属塩化物およびイオン液体は、再利用されてもよい。ＨＭＦの酸化により、ポリエステル（

例えば、ポリエチレンテレフタレート（ＰＥＴ））の生成においてテレフタル酸の代替物として使用され得る２，５－フランジカルボン酸が得られる。Ｚｈａｏ，ｅｔ　ａｌ．（２００７）Ｓｃｉｅｎｃｅ　３１６（５８３１）：１５９７－１６００を参照されたい。

【０２０５】

〔０２２２〕　さらに、セルロースは、セルロースの２－（ジエトキシメチル）フランへの溶解および触媒分解の組み合わせのために、協同的なイオン液体対の使用により分解されてもよい。Ｌｏｎｇ，ｅｔ　ａｌ．（２０１１）Ｇｒｅｅｎ　Ｃｈｅｍ．１３：２３３４－２３３８を参照されたい。

【０２０６】

〔０２２３〕　本明細書に記載の方法において、反応の反応速度を増加させるために、触媒が使用されてもよい。例えば、アルカリおよびアルカリ土類金属塩化物、ならびに遷移金属塩化物（例えば、$CrCl_3$、$FeCl_2$、および$CuCl_2$）、ならびにＩＩＩＡ金属塩化物（例えば、$AlCl_3$）が、触媒として使用され得る。例えば、Ｐｅｎｇ，ｅｔ　ａｌ．（２０１０）Ｍｏｌｅｃｕｌｅｓ　１５：５２５８－５２７２を参照されたい。さらに、$CoSO_4$が、イオン液体と併せて触媒として使用されてもよい。

【０２０７】

〔０２２４〕　さらに、本明細書に記載の方法により生成された糖は、コハク酸、グリセロール、３－ヒドロプロピオン酸、２，５－ジメチルフラン（ＤＭＦ）、５－ヒドロキシメチルフルフラール（ＨＭＦ）、フルフラール、２，５－フランジカルボン酸、イタコン酸、レブリン酸、アルデヒド、アルコール、アミン、テレフタル酸、ヘキサメチレンジアミン、イソプレン、ポリヒドロキシアルカノエート、１，３－プロパンジオール、またはそれらの混合物を生成するために使用されてもよい。

【０２０８】

〔０２２５〕　また、本明細書に記載の方法により生成された処理されたバイオマスは、コハク酸、グリセロール、３－ヒドロプロピオン酸、２，５－ジメチルフラン（ＤＭＦ）、５－ヒドロキシメチルフルフラール（ＨＭＦ）、フルフラール、２，５－フランジカルボン酸、イタコン酸、レブリン酸、アルデヒド、アルコール、アミン、テレフタル酸、ヘキサメチレンジアミン、イソプレン、ポリヒドロキシアルカノエート、１，３－プロパンジオール、またはそれらの混合物を生成するために使用されてもよい。また、処理されたバイオマスの化学的処理は、メタン、エタン、ＣＯ、CO_2、およびH_2を含むがこれらに限定されないガス生成をもたらし得る。

【０２０９】

付加価値生成物への生化学的変換

〔０２２６〕　酵素加水分解において、セルロースは、セルラーゼ酵素により糖分子に消化される。リグノセルロース材料は、セルロースを破壊するために穏やかな条件（例えば、５０℃およびｐＨ５）で酵素加水分解され得る。例えば、セロビオヒドロラーゼ、エキソ－１，４－β－グルカナーゼ、ド－ベーター－１，４－グルカナーゼ、ベーター－グルコシダーゼ、エンドセルラーゼ、エキソセルラーゼ、セロビアーゼ、およびベーター－１，４－グルカナーゼが、セルロースの酵素消化に使用され得る。ヘミセルラーゼは、ラミナリナーゼ、リケナーゼ、β－キシロシダーゼ、キシラナーゼ（例えば、エンド－１，４－β－キシラナーゼ、キシラン、１，４－β－キシロシダーゼ、キシランエンド－１，３－β－キシロシダーゼ、キシラン１，３－β－キシロシダーゼ）、α－Ｌ－アラビノフラノシダーゼ、アラビアナンエンド－１，５－α－Ｌ－アラビノシダーゼ、マンナナンセ（例えば、マンナンエンド－１，４－β－マンノシダーゼ、マンナン１，４－β－マンノシダーゼ、マンナン１，４－β－マンノビソシダーゼ、マンナンエンド－１，６－β－マンノシダーゼ）、ガラクタナーゼ、およびキシラナーゼを含むがこれらに限定されず、ヘミセルラーゼの酵素消化に使用され得る。Ｊｅｆｆｒｉｅｓ“８．Ｂｉｏｄｅｇｒａｄａｔｉｏｎ　ｏｆ　ｌｉｇｎｉｎ　ａｎｄ　ｈｅｍｉｃｅｌｌｕｌｏｓｅｓ．”Ｂｉｏｃｈｅｍｉｓｔｒｙ　ｏｆ　Ｍｉｃｒｏｂｉａｌ　Ｄｅｇｒａｄａｔｉｏｎ　ｐａｇｅｓ　２３３－２７７。セルラーゼ、キシラナーゼ、およびヘミセルラーゼ酵素は、組み換え真菌によ

り発現されるものを含む、組み換えであってもよい。Ｌｙｎｄ（１９９６）Ａｎｎｕ Ｒｅｖ Ｅｎｅｒｇｙ Ｅｎｖｉｒｏｎ ２１：４０３－４６５を参照されたい。

【０２１０】

〔０２２７〕 処理されたバイオマスの酵素処理において、バイオマスは、少なくとも約５０～１００℃、５５℃、または７０℃に加熱され得る。

【０２１１】

〔０２２８〕 加水分解および発酵の組み合わされたアプローチにおいて、セルラーゼおよびヘミセルラーゼは、セルロースをエタノール、アセテート、およびラクテートに分解するために複雑なセルロソームを使用する、クロストリジウム・テルモセルム（Ｃｌｏｓｔｒｉｄｉｕｍ ｔｈｅｒｍｏｃｅｌｌｕｍ）と共にインキュベートされてもよい。

【０２１２】

〔０２２９〕 エタノール生成のために、セルロースは、セルロース分解プロセスまたはガス化に供されてもよい。セルロース分解において、処理されたリグノセルロース系バイオマスは加水分解され、次いでセルロースは、微生物発酵により処理されてもよい。例えば、セルロースは、組み換え微生物を含むサッカロマイセス・セレビシエ（Ｓａｃｃｈａｒｏｍｙｃｅｓ ｃｅｒｅｖｉｓｉａｅ）、ザイモモナス・モビリス（Ｚｙｍｏｍｏｎａｓ ｍｏｂｉｌｉｓ）、および大腸菌（Ｅｓｃｈｅｒｉｃｈｉａ ｃｏｌｉ）と共にインキュベートされ、キシロースおよびアラビノースを発酵させて糖およびエタノールを生成し得る。Ｊｅｆｆｒｉｅｓ ＆ Ｊｉｎ（２００４）Ａｐｐｌ Ｍｉｃｒｏｂｉｏｌ Ｂｉｏｔｅｃｈｎｏｌ ６３（５）：４９５－５０９を参照されたい。熱化学的アプローチであるガス化プロセスにおいて、セルロースおよびヘミセルロースは、合成ガスに変換される。次いで、一酸化炭素、二酸化炭素および水素が、クロストリジウム・リュングダリイ（Ｃｌｏｓｔｒｉｄｉｕｍ ｌｊｕｎｇｄａｈｌｉｉ）と共にインキュベートされてもよい。クロストリジウム・リュングダリイ（Ｃｌｏｓｔｒｉｄｉｕｍ ｌｊｕｎｇｄａｈｌｉｉ）は、一酸化炭素、二酸化炭素、および水素を取り込んで、エタノールおよび水を生成する。

【０２１３】

〔０２３０〕 加水分解ステップにおいて、熱安定性酵素が使用されてもよい。ほとんどの市販の酵素における５５℃とは対照的に、熱安定性酵素は、約７０℃まで安定および活性となり得る。

【０２１４】

〔０２３１〕 さらに、本明細書に記載の方法により生成された糖は、コハク酸、グリセロール、３－ヒドロプロピオン酸、２，５－ジメチルフラン（ＤＭＦ）、５－ヒドロキシメチルフルフラール（ＨＭＦ）、フルフラール、２，５－フランジカルボン酸、イタコン酸、レブリン酸、アルデヒド、アルコール、アミン、テレフタル酸、ヘキサメチレンジアミン、イソプレン、ポリヒドロキシアルカノエート、１，３－プロパンジオール、またはそれらの混合物を生成するために使用されてもよい。

【０２１５】

〔０２３２〕 また、本明細書に記載の方法により生成された処理されたバイオマスは、コハク酸、グリセロール、３－ヒドロプロピオン酸、２，５－ジメチルフラン（ＤＭＦ）、５－ヒドロキシメチルフルフラール（ＨＭＦ）、フルフラール、２，５－フランジカルボン酸、イタコン酸、レブリン酸、アルデヒド、アルコール、アミン、テレフタル酸、ヘキサメチレンジアミン、イソプレン、ポリヒドロキシアルカノエート、１，３－プロパンジオール、またはそれらの混合物を生成するために使用されてもよい。また、処理されたバイオマスの生化学的処理は、メタン、エタン、ＣＯ、CO_2、およびH_2を含むがこれらに限定されないガス生成をもたらし得る。

【０２１６】

〔０２３３〕 さらに、ヘミセルロースは、キシロースに変換され、次いでエタノール、キシリトール、プラスチックに変換され得る。リグニンは、燃料、プラスチック、および結合剤に変換され得る。セルロースは、グルコースおよびパルプに変換され得る。

【０２１７】
〔０２３４〕　ここで、図面の説明に移るが、図１Ａは、本発明の方法のステップを実行するための例示的手順を示す。
【０２１８】
〔０２３５〕　以下の代表的なイオン液体、１－ｎ－ブチル－３－メチルイミダゾリウムクロリド（ＢＭＩＭＣｌ）／１－ｎ－エチル－３－メチルイミダゾリウムアセテート（ＥＭＩＭＡｃ）／１－エチル－３－メチルイミダゾリウムプロピオネート（ＥＭＩＭＰｒ）／１－アリル－３－メチルイミダゾリウムクロリド／３－メチル－Ｎ－ブチルピリジニウムクロリドの１つを、バイオマス１００の小粒子（例えば、乾燥トウモロコシ茎葉またはポプラ（約２０＋８０メッシュサイズ粒子））に、様々な期間（約５分から８時間）接触させることができる（２００）。バイオマスとのインキュベーションは、電磁（ＥＭ）（例えば、高周波）加熱および超音波、電磁（ＥＭ）（例えば、高周波）、対流、伝導加熱、またはそれらの組み合わせを使用して、イオン液体がインキュベーション中溶融状態である限り、約５０℃から２００℃で行うことができる（３００）。条件は、センサを使用して監視されてもよく、条件を維持するために調節されてもよい。バイオマスは、ＲＦ加熱により、約２７ｍＨｚで少なくとも約５秒から２時間加熱されてもよい。次いで、ＩＬ膨潤バイオマスは、超音波、電磁（ＥＭ）（例えば、高周波）、対流、伝導加熱、またはそれらの組み合わせを使用して、少なくとも約３～３０分または３～４時間加熱されてもよい。条件は、ＲＦ波によるバイオマスの均一な加熱および十分な浸透を維持するために監視および調節されてもよい。ステップ２００、３００、および／または４００は、反復されてもよい。さらに、ステップ３００および／または４００は、バッチまたは連続形式で行われてもよい。処理３００の目標は、リグノセルロースの任意の溶解を達成することではなく、リグニンを再分配して残りのバイオマス構造を膨潤させ、加水分解速度、ならびにセルロースおよびヘミセルロースからそれらの構成成分糖への変換（６００）を向上させるのに十分な期間、ＩＬ膨潤バイオマスを加熱することである。
【０２１９】
〔０２３６〕　次いで、処理されたバイオマスを、代表的な洗浄溶媒、すなわちメタノール／エタノール／水／アセトニトリル／ブタノール／プロパノールの１つに接触させることができる（４００）。洗浄溶媒は、ＩＬと混合し（全ての割合で）、したがってインキュベートされたバイオマスからＩＬを抽出することができる。次いで、処理されたバイオマスは、遠心分離により、イオン液体／洗浄溶媒溶液から分離され得る。次いで、ＩＬが除去されたバイオマスは、セルラーゼ系で加水分解され得る（５００）。ＩＬは、活性炭処理、蒸留、膜分離、電気化学的分離技術、固相抽出、液－液抽出、またはそれらの組み合わせの少なくとも１つを含む好適な分離方法により、洗浄ステップからの洗浄溶媒および任意の溶解バイオマス成分から回収され得る。次いで、イオン液体は、処理槽に再循環され得る。また、洗浄溶媒は、ＩＬインキュベートバイオマスの洗浄における再利用のために再循環され得る。また、洗浄溶媒はＲＦ加熱により脱水されてもよく、洗浄溶媒が脱水されて水が除去され、脱水されたＩＬが残される。
【０２２０】
〔０２３７〕　ＩＬは、極めて低揮発性のＩＬからの洗浄溶媒（エタノールおよび／または水）の蒸発により、ＩＬ／洗浄溶媒混合物から回収され得る（４００）。次いで、回収されたＩＬは、一定の処理条件で、後のバイオマス処理サイクルにおいて追加の清浄化ステップなしに使用されてもよい。方法は、最小限の清浄化でのＩＬの反復的再利用を可能とし、これは、ＩＬ処理におけるコスト削減の増加をもたらし得る。
【０２２１】
〔０２３８〕　再循環されたＩＬ中の残留水は、セルロースに結晶化度を付与する鎖間および鎖内水素結合を断つＩＬの能力を低下させ得る。バイオマスの膨潤に影響を与えるためには、セルロース水素結合のいくつかを分断する必要がある。したがって、溶解した水が、バイオマス処理溶媒としてのＩＬの性能に影響することが推定される。ＩＬ中の許容含水量は、２つの面で処理方法の経済性に影響し得る。第１に、それは、ＩＬが再利用

され得る前にどれ程乾燥している必要があるかを決定付ける。第２に、それは、ＩＬとのインキュベーション中にバイオマスがどれ程乾燥している必要があるかを決定付ける。

【０２２２】

〔０２３９〕　加水分解（５００）後、酵素は、加水分解リアクタから回収され、再循環され得る。ＩＬが再循環される前に、洗浄溶媒（水）の完全除去は必要ない。多くの他の処理方法は、プロセスにおいて使用される化学物質の容易な回収に適していない。前処理されたバイオマス中の全ての炭水化物を糖に変換することができる適切な酵素ミックスによる加水分解（糖化）の後、糖化リアクタ内に残留する固体のほとんどは、バイオマスのリグニン部分である。これは、バイオマスからリグニンを回収する方法を提供する（７００）。また、加水分解物の液体部分の限外濾過は、いくつかの燃料および化学物質の生成のための前駆体である糖溶液からの再利用のために、加水分解酵素を回収する手段を提供する（７００）。

【０２２３】

〔０２４０〕　ＲＦおよびイオン液体に続き、任意選択で加水分解（糖化技術）（５００）を用いた処理の現在の方法は、糖化後固形残渣の形態のバイオマス中のリグニンの回収を可能にする（７００）。最後に、バイオマスの処理（３００）後に得られた加水分解物中の糖は、さらなる調整、および加水分解物中のＩＬのいかなる微量残留物からの悪影響もなしに、燃料エタノールまたは他の副生成物、例えば乳酸に変換され得る（６００）。この残渣のさらなる化学的／生化学的処理は、燃料、化学物質、ポリマーおよび他の材料の生成に使用され得る化合物をもたらし得る。

【０２２４】

〔０２４１〕　図１Ｂは、本発明の方法のステップを実行するための例示的手順を示す。

【０２２５】

〔０２４２〕　以下の代表的なイオン液体、１－ｎ－ブチル－３－メチルイミダゾリウムクロリド（ＢＭＩＭＣｌ）／１－ｎ－エチル－３－メチルイミダゾリウムアセテート（ＥＭＩＭＡｃ）／１－エチル－３－メチルイミダゾリウムプロピオネート（ＥＭＩＭＰｒ）／１－アリル－３－メチルイミダゾリウムクロリド／３－メチル－Ｎ－ブチルピリジニウムクロリドの１つを、バイオマス１０１の小粒子（例えば、乾燥トウモロコシ茎葉またはポプラ（約２０＋８０メッシュサイズ粒子））に、様々な期間（約５分から８時間）接触させ、ＩＬでバイオマスを膨潤させることができる（２０１）。ＩＬ膨潤バイオマスの加熱は、まず、標的温度または温度範囲（例えば、５０℃～２２０℃）に到達させるための電磁（ＥＭ）（例えば、高周波）加熱３０１、次いで超音波、電磁（ＥＭ）（例えば、高周波）、対流、伝導加熱、またはそれらの組み合わせを使用した、約５０℃から２００℃で３～３０分または３～４時間の加熱（３０２）により行うことができる。条件は、センサを使用して監視されてもよく、条件を維持するために調節されてもよい（３０１、３０２）。条件は、ＲＦ波によるバイオマスの均一な加熱および十分な浸透を維持するために監視および調節されてもよい。ステップ２０１、３０１、３０２、および／または４０１は、反復されてもよい。さらに、ステップ３０１、３０２、および／または４０１は、バッチまたは連続形式で行われてもよい。

【０２２６】

〔０２４３〕　次いで、処理されたバイオマスを、代表的な洗浄溶媒、すなわちメタノール／エタノール／水／アセトニトリル／ブタノール／プロパノールの１つに接触させることができる（４０１）。洗浄溶媒は、ＩＬと混合し（全ての割合で）、したがってインキュベートされたバイオマスからＩＬを抽出することができる。次いで、処理されたバイオマスは、遠心分離により、イオン液体／洗浄溶媒溶液から分離され得る。次いで、ＩＬが除去されたバイオマスは、セルラーゼ系で加水分解され得る（５０１）。ＩＬは、活性炭処理、蒸留、膜分離、電気化学的分離技術、固相抽出、液－液抽出、またはそれらの組み合わせの少なくとも１つを含む好適な分離方法により、洗浄ステップからの洗浄溶媒および任意の溶解バイオマス成分から回収され得る。次いで、イオン液体は、処理槽に再循

環され得る。また、洗浄溶媒は、ＩＬインキュベートバイオマスの洗浄における再利用のために再循環され得る。また、洗浄溶媒はＲＦ加熱により脱水されてもよく、洗浄溶媒が脱水されて水が除去され、脱水されたＩＬが残される（７０１）。

【０２２７】

〔０２４４〕　ＩＬは、極めて低揮発性のＩＬからの洗浄溶媒（エタノールおよび／または水）の蒸発により、ＩＬ／洗浄溶媒混合物から回収され得る（４００）。次いで、回収されたＩＬは、一定の処理条件で、後のバイオマス処理サイクルにおいて追加の清浄化ステップなしに使用されてもよい。方法は、最小限の清浄化でのＩＬの反復的再利用を可能とし、これは、ＩＬ処理におけるコスト削減の増加をもたらし得る。

【０２２８】

〔０２４５〕　加水分解（５０１）後、酵素は、加水分解リアクタから回収され、再循環され得る。ＩＬが再循環される前に、洗浄溶媒（水）の完全除去は必要ない。多くの他の処理方法は、プロセスにおいて使用される化学物質の容易な回収に適していない。前処理されたバイオマス中の全ての炭水化物を糖に変換することができる適切な酵素ミックスによる加水分解（糖化）の後、糖化リアクタ内に残留する固体のほとんどは、バイオマスのリグニン部分である。これは、バイオマスからリグニンを回収する方法を提供する（７００）。また、加水分解物の液体部分の限外濾過は、いくつかの燃料および化学物質の生成のための前駆体である糖溶液からの再利用のために、加水分解酵素を回収する手段を提供する（７００）。

【０２２９】

〔０２４６〕　ＲＦおよびイオン液体に続き、任意選択で加水分解（糖化技術）（５００）を用いた処理の現在の方法は、糖化後固形残渣の形態のバイオマス中のリグニンの回収を可能にする（７００）。最後に、バイオマスの処理（３０１、３０２）後に得られた加水分解物中の糖は、さらなる調整、および加水分解物中のＩＬのいかなる微量残留物からの悪影響もなしに、燃料エタノールまたは他の副生成物、例えば乳酸に変換され得る（６００）。この残渣のさらなる化学的／生化学的処理は、燃料、化学物質、ポリマーおよび他の材料の生成に使用され得る化合物をもたらし得る。

【０２３０】

〔０２４７〕　図１Ｃは、本発明の方法のステップを実行するための例示的手順を示す。

【０２３１】

〔０２４８〕　バイオマス１０２は、バイオマスを膨潤させるために、様々な期間（例えば、約５分から８時間）、イオン液体（（例えば、１－アリル－３－メチルイミダゾリウムクロリド）と混合され得る（２０２）。酸性ｐＨ、任意選択で約１、２、３、４、５もしくは６のｐＨ、またはｐＨ７未満を達成するために、酸、任意選択で硫酸、塩酸、硝酸、またはリン酸がＩＬ膨潤バイオマスに添加され、次いで加熱されてもよい（８００）。ＩＬ膨潤バイオマスの加熱は、まず、標的温度または温度範囲（例えば、５０℃～２２０℃）に到達させるための電磁（ＥＭ）（例えば、高周波）加熱、次いで超音波、電磁（ＥＭ）（例えば、高周波）、対流、伝導加熱、またはそれらの組み合わせを使用した、約５０℃から２００℃（例えば、１２０℃）で３～３０分または３～４時間の加熱により行うことができる。条件は、センサを使用して監視されてもよく、条件を維持するために調節されてもよい。条件は、ＲＦ波によるバイオマスの均一な加熱および十分な浸透を維持するために監視および調節されてもよい。ステップ１０２、２０２、および／または８００は、反復されてもよい。さらに、ステップ１０２、２０２、および／または８００は、バッチまたは連続形式で行われてもよい。さらに、酸分解処理後に、ＩＬ膨潤バイオマスを中和するために、塩基（例えば、ＮａＯＨ、ＫＯＨ）が添加されてもよい。

【０２３２】

〔０２４９〕　また、イオン液体はＲＦ加熱により脱水されてもよく、洗浄溶媒が脱水されて水が除去され、脱水されたＩＬが残される（７０２）。

【０２３３】

〔０２５０〕　酸分解（８００）後、糖は、燃料エタノールまたは他の副生成物、例えば乳酸に変換され得る（６００）。さらに、残留固体（例えば、リグニン）は、他の生成物に変換され得る（７００）。この残渣のさらなる化学的／生化学的処理は、燃料、化学物質、ポリマーおよび他の材料の生成に使用され得る化合物をもたらし得る。

【０２３４】

〔０２５１〕　図１Ｄは、本発明の方法のステップを実行するための例示的手順を示す。

【０２３５】

バイオマス１０３は、イオン液体２０３と混合され得、バイオマスは、イオン液体２０４中に溶解され得る。バイオマス／ＩＬ溶液の加熱は、まず、標的温度または温度範囲（例えば、５０℃～２２０℃）に到達させるための電磁（ＥＭ）（例えば、高周波）加熱３０３、次いで超音波、電磁（ＥＭ）（例えば、高周波）、対流、伝導加熱、またはそれらの組み合わせを使用した、約５０℃から２００℃（例えば、１２０℃、１３０℃、１４０℃、１５０℃）で１～１８０分または３～４時間の加熱（３０４）により行うことができる。条件は、センサを使用して監視されてもよく、条件を維持するために調節されてもよい。条件は、ＲＦ波によるバイオマスの均一な加熱および十分な浸透を維持するために監視および調節されてもよい。バイオマスは、貧溶媒、任意選択で水、エタノール、メタノール、アセトン、またはそれらの混合物を使用して再生されてもよい（２０５）。再生されたバイオマスは、洗浄されてもよい（２０５）。ＩＬは、回収および再利用されてもよい（７０３）。再生されたバイオマスは、セルロースおよびヘミセルロースからそれらの構成成分単糖類（例えば、五炭糖および六炭糖）への加水分解（例えば、セルラーゼおよびヘミセルラーゼの添加）に供され、任意選択で添加された酵素が回収されてもよい（５０２）。化学物質またはバイオ燃料を生成するさらなる処理（６００）のための糖を含む加水分解物ストリーム、ならびに化学物質またはバイオ燃料を生成するさらなる処理（７００）のためのタンパク質およびリグニンを含む残留固体が分離されてもよい。

【０２３６】

〔０２５２〕　ここで、図面の説明に移るが、図８Ａは、本発明の方法のステップを実行するための例示的手順を示す。

【０２３７】

〔０２５３〕　以下の代表的なイオン液体、１－ｎ－ブチル－３－メチルイミダゾリウムクロリド（ＢＭＩＭＣｌ）／１－ｎ－エチル－３－メチルイミダゾリウムアセテート（ＥＭＩＭＡｃ）／１－エチル－３－メチルイミダゾリウムプロピオネート（ＥＭＩＭＰｒ）／１－アリル－３－メチルイミダゾリウムクロリド／３－メチル－Ｎ－ブチルピリジニウムクロリドの１つを、バイオマス１００の小粒子（例えば、乾燥トウモロコシ茎葉またはポプラ（約２０＋８０メッシュサイズ粒子））に、様々な期間（約５分から８時間）接触させることができる（２００）。バイオマスとのインキュベーションは、電磁（ＥＭ）（例えば、高周波、赤外線）加熱および超音波、電磁（ＥＭ）（例えば、高周波、赤外線）、対流、伝導加熱、またはそれらの組み合わせを使用して、イオン液体がインキュベーション中溶融状態である限り、約５０℃から２００℃で行うことができる（３００）。条件は、センサを使用して監視されてもよく、条件を維持するために調節されてもよい。バイオマスは、赤外線（ＩＲ）加熱により、少なくとも約１０～６０分加熱されてもよい。次いで、ＩＬ膨潤バイオマスは、超音波、電磁（ＥＭ）（例えば、高周波、赤外線）、対流加熱、伝導加熱、またはそれらの組み合わせを使用して、少なくとも約５～４５分または３～４時間加熱されてもよい。条件は、赤外線加熱によるバイオマスの均一な加熱および十分な浸透を維持するために監視および調節されてもよい。ステップ２００、３００、および／または４００は、反復されてもよい。さらに、ステップ３００および／または４００は、バッチまたは連続形式で行われてもよい。処理３００の目標は、リグノセルロースの任意の溶解を達成することではなく、リグニンを再分配して残りのバイオマス構造を膨潤させ、加水分解速度、ならびにセルロースおよびヘミセルロースからそれらの構成成分糖への変換（６００）を向上させるのに十分な期間、ＩＬ膨潤バイオマスを加熱するこ

とである。

【０２３８】

〔０２５４〕　次いで、処理されたバイオマスを、代表的な洗浄溶媒、すなわちメタノール／エタノール／水／アセトニトリル／ブタノール／プロパノールの１つに接触させることができる（４００）。洗浄溶媒は、ＩＬと混合し（全ての割合で）、したがってインキュベートされたバイオマスからＩＬを抽出することができる。次いで、処理されたバイオマスは、遠心分離により、イオン液体／洗浄溶媒溶液から分離され得る。次いで、ＩＬが除去されたバイオマスは、セルラーゼ系で加水分解され得る（５００）。ＩＬは、活性炭処理、蒸留、膜分離、電気化学的分離技術、固相抽出、液－液抽出、またはそれらの組み合わせの少なくとも１つを含む好適な分離方法により、洗浄ステップからの洗浄溶媒および任意の溶解バイオマス成分から回収され得る。次いで、イオン液体は、処理槽に再循環され得る。また、洗浄溶媒は、ＩＬインキュベートバイオマスの洗浄における再利用のために再循環され得る。また、洗浄溶媒は赤外線（ＩＲ）加熱により脱水されてもよく、洗浄溶媒が脱水されて水が除去され、脱水されたＩＬが残される。

【０２３９】

〔０２５５〕　ＩＬは、極めて低揮発性のＩＬからの洗浄溶媒（エタノールおよび／または水）の蒸発により、ＩＬ／洗浄溶媒混合物から回収され得る（４００）。次いで、回収されたＩＬは、一定の処理条件で、後のバイオマス処理サイクルにおいて追加の清浄化ステップなしに使用されてもよい。方法は、最小限の清浄化でのＩＬの反復的再利用を可能とし、これは、ＩＬ処理におけるコスト削減の増加をもたらし得る。

【０２４０】

〔０２５６〕　再循環されたＩＬ中の残留水は、セルロースに結晶化度を付与する鎖間および鎖内水素結合を断つＩＬの能力を低下させ得る。バイオマスの膨潤に影響を与えるためには、セルロース水素結合のいくつかを分断する必要がある。したがって、溶解した水が、バイオマス処理溶媒としてのＩＬの性能に影響することが推定される。ＩＬ中の許容含水量は、２つの面で処理方法の経済性に影響し得る。第１に、それは、ＩＬが再利用され得る前にどれ程乾燥している必要があるかを決定付ける。第２に、それは、ＩＬとのインキュベーション中にバイオマスがどれ程乾燥している必要があるかを決定付ける。

【０２４１】

〔０２５７〕　加水分解（５００）後、酵素は、加水分解リアクタから回収され、再循環され得る。ＩＬが再循環される前に、洗浄溶媒（水）の完全除去は必要ない。多くの他の処理方法は、プロセスにおいて使用される化学物質の容易な回収に適していない。前処理されたバイオマス中の全ての炭水化物を糖に変換することができる適切な酵素ミックスによる加水分解（糖化）の後、糖化リアクタ内に残留する固体のほとんどは、バイオマスのリグニン部分である。これは、バイオマスからリグニンを回収する方法を提供する（７００）。また、加水分解物の液体部分の限外濾過は、いくつかの燃料および化学物質の生成のための前駆体である糖溶液からの再利用のために、加水分解酵素を回収する手段を提供する（７００）。

【０２４２】

〔０２５８〕　ＩＲおよびイオン液体に続き、加水分解（糖化技術）（５００）を用いてもよい処理の方法は、糖化後固形残渣の形態のバイオマス中のリグニンの回収を可能にする（７００）。最後に、バイオマスの処理（３００）後に得られた加水分解物中の糖は、さらなる調整、および加水分解物中のＩＬのいかなる微量残留物からの悪影響もなしに、燃料エタノールまたは他の副生成物、例えば乳酸に変換され得る（６００）。この残渣のさらなる化学的／生化学的処理は、燃料、化学物質、ポリマーおよび他の材料の生成に使用され得る化合物をもたらし得る。

【０２４３】

〔０２５９〕　図８Ｂは、本発明の方法のステップを実行するための例示的手順を示す。

【０２４４】

〔０２６０〕　以下の代表的なイオン液体、１－ｎ－ブチル－３－メチルイミダゾリウムクロリド（ＢＭＩＭＣｌ）／１－ｎ－エチル－３－メチルイミダゾリウムアセテート（ＥＭＩＭＡｃ）／１－エチル－３－メチルイミダゾリウムプロピオネート（ＥＭＩＭＰｒ）／１－アリル－３－メチルイミダゾリウムクロリド／３－メチル－Ｎ－ブチルピリジニウムクロリドの１つを、バイオマス１０１の小粒子（例えば、乾燥トウモロコシ茎葉またはポプラ（約２０＋８０メッシュサイズ粒子））に、様々な期間（約５分から８時間）接触させ、ＩＬでバイオマスを膨潤させることができる（２０１）。ＩＬ膨潤バイオマスの加熱は、まず、標的温度または温度範囲（例えば、５０℃～２２０℃）に到達させるための電磁（ＥＭ）（例えば、赤外線）加熱３０１、次いで超音波、電磁（ＥＭ）（例えば、赤外線加熱）、対流加熱、伝導加熱、またはそれらの組み合わせを使用した、約５０℃から２００℃で５～４５分または３～４時間の加熱（３０２）により行うことができる。条件は、センサを使用して監視されてもよく、条件を維持するために調節されてもよい（３０１、３０２）。条件は、赤外線（ＩＲ）エネルギーによるバイオマスの均一な加熱および十分な浸透を維持するために監視および調節されてもよい。ステップ２０１、３０１、３０２、および／または４０１は、反復されてもよい。さらに、ステップ３０１、３０２、および／または４０１は、バッチまたは連続形式で行われてもよい。

【０２４５】

〔０２６１〕　次いで、処理されたバイオマスを、代表的な洗浄溶媒、すなわちメタノール／エタノール／水／アセトニトリル／ブタノール／プロパノールの１つに接触させることができる（４０１）。洗浄溶媒は、ＩＬと混合し（全ての割合で）、したがってインキュベートされたバイオマスからＩＬを抽出することができる。次いで、処理されたバイオマスは、遠心分離により、イオン液体／洗浄溶媒溶液から分離され得る。次いで、ＩＬが除去されたバイオマスは、セルラーゼ系で加水分解され得る（５０１）。ＩＬは、活性炭処理、蒸留、膜分離、電気化学的分離技術、固相抽出、液－液抽出、またはそれらの組み合わせの少なくとも１つを含む好適な分離方法により、洗浄ステップからの洗浄溶媒および任意の溶解バイオマス成分から回収され得る。次いで、イオン液体は、処理槽に再循環され得る。また、洗浄溶媒は、ＩＬインキュベートバイオマスの洗浄における再利用のために再循環され得る。また、洗浄溶媒は赤外線加熱により脱水されてもよく、洗浄溶媒が脱水されて水が除去され、脱水されたＩＬが残される（７０１）。

【０２４６】

〔０２６２〕　ＩＬは、極めて低揮発性のＩＬからの洗浄溶媒（エタノールおよび／または水）の蒸発により、ＩＬ／洗浄溶媒混合物から回収され得る（４００）。次いで、回収されたＩＬは、一定の処理条件で、後のバイオマス処理サイクルにおいて追加の清浄化ステップなしに使用されてもよい。方法は、最小限の清浄化でのＩＬの反復的再利用を可能とし、これは、ＩＬ処理におけるコスト削減の増加をもたらし得る。

【０２４７】

〔０２６３〕　加水分解（５０１）後、酵素は、加水分解リアクタから回収され、再循環され得る。ＩＬが再循環される前に、洗浄溶媒（水）の完全除去は必要ない。多くの他の処理方法は、プロセスにおいて使用される化学物質の容易な回収に適していない。前処理されたバイオマス中の全ての炭水化物を糖に変換することができる適切な酵素ミックスによる加水分解（糖化）の後、糖化リアクタ内に残留する固体のほとんどは、バイオマスのリグニン部分である。これは、バイオマスからリグニンを回収する方法を提供する（７００）。また、加水分解物の液体部分の限外濾過は、いくつかの燃料および化学物質の生成のための前駆体である糖溶液からの再利用のために、加水分解酵素を回収する手段を提供する（７００）。

【０２４８】

〔０２６４〕　赤外線加熱およびイオン液体に続き、任意選択で加水分解（糖化技術）（５００）を用いた処理の現在の方法は、糖化後固形残渣の形態のバイオマス中のリグニンの回収を可能にする（７００）。最後に、バイオマスの処理（３０１、３０２）後に得られた加水分解物中の糖は、さらなる調整、および加水分解物中のＩＬのいかなる微量残

留物からの悪影響もなしに、燃料エタノールまたは他の副生成物、例えば乳酸に変換され得る（６００）。この残渣のさらなる化学的／生化学的処理は、燃料、化学物質、ポリマーおよび他の材料の生成に使用され得る化合物をもたらし得る。

【０２４９】

〔０２６５〕　図８Ｃは、本発明の方法のステップを実行するための例示的手順を示す。

【０２５０】

〔０２６６〕　バイオマス１０２は、バイオマスを膨潤させるために、様々な期間（例えば、約５分から８時間）、イオン液体（（例えば、１－アリル－３－メチルイミダゾリウムクロリド）と混合され得る（２０２）。酸性ｐＨ、任意選択で約１、２、３、４、５もしくは６のｐＨ、またはｐＨ７未満を達成するために、酸、任意選択で硫酸、塩酸、硝酸、またはリン酸がＩＬ膨潤バイオマスに添加され、次いで加熱されてもよい（８００）。ＩＬ膨潤バイオマスの加熱は、まず、標的温度または温度範囲（例えば、５０℃～２２０℃）に到達させるための電磁（ＥＭ）（例えば、赤外線）加熱、次いで超音波、電磁（ＥＭ）（例えば、高周波、赤外線）、対流、伝導加熱、またはそれらの組み合わせを使用した、約５０℃から２００℃（例えば、１００℃、１２０℃）で５～４５分または３～４時間の加熱により行うことができる。条件は、センサを使用して監視されてもよく、条件を維持するために調節されてもよい。条件は、赤外線（ＩＲ）加熱によるバイオマスの均一な加熱および十分な浸透を維持するために監視および調節されてもよい。ステップ１０２、２０２、および／または８００は、反復されてもよい。さらに、ステップ１０２、２０２、および／または８００は、バッチまたは連続形式で行われてもよい。さらに、酸分解処理後に、ＩＬ膨潤バイオマスを中和するために、塩基（例えば、ＮａＯＨ、ＫＯＨ）が添加されてもよい。

【０２５１】

〔０２６７〕　また、イオン液体は赤外線（ＩＲ）加熱により脱水されてもよく、洗浄溶媒が脱水されて水が除去され、脱水されたＩＬが残される（７０２）。

【０２５２】

〔０２６８〕　酸分解（８００）後、糖は、燃料エタノールまたは他の副生成物、例えば乳酸に変換され得る（６００）。さらに、リグニンを含む残留固体は、他の生成物に変換され得る（７００）。この残渣のさらなる化学的／生化学的処理は、燃料、化学物質、ポリマーおよび他の材料の生成に使用され得る化合物をもたらし得る。

【０２５３】

〔０２６９〕　図８Ｄは、本発明の方法のステップを実行するための例示的手順を示す。

【０２５４】

〔０２７０〕　バイオマス１０３は、イオン液体２０３と混合され得、バイオマスは、イオン液体２０４中に溶解され得る。バイオマス／ＩＬ溶液の加熱は、まず、標的温度または温度範囲（例えば、５０℃～２２０℃）に到達させるための電磁（ＥＭ）（例えば、高周波）加熱３０３、次いで超音波、電磁（ＥＭ）（例えば、赤外線）、対流加熱、伝導加熱、またはそれらの組み合わせを使用した、約５０℃から２００℃（例えば、１２０℃、１３０℃、１４０℃、１５０℃）で１～１８０分または３～４時間の加熱（３０４）により行うことができる。条件は、センサを使用して監視されてもよく、条件を維持するために調節されてもよい。条件は、赤外線加熱によるバイオマスの均一な加熱および十分な浸透を維持するために監視および調節されてもよい。バイオマスは、貧溶媒、任意選択で水、エタノール、メタノール、アセトン、またはそれらの混合物を使用して再生されてもよい（２０５）。再生されたバイオマスは、洗浄されてもよい（２０５）。ＩＬは、回収および再利用されてもよい（７０３）。再生されたバイオマスは、セルロースおよびヘミセルロースからそれらの構成成分単糖類（例えば、五炭糖および六炭糖）への加水分解（例えば、セルラーゼおよびヘミセルラーゼの添加）に供され、任意選択で添加された酵素が回収されてもよい（５０２）。化学物質またはバイオ燃料を生成するさらなる処理（６

００）のための糖を含む加水分解物ストリーム、ならびに化学物質またはバイオ燃料を生成するさらなる処理（７００）のためのタンパク質およびリグニンを含む残留固体が分離されてもよい。

【０２５５】

装置

〔０２７１〕　図５は、本発明の方法のステップを実行するための例示的装置およびシステムを示す。

【０２５６】

〔０２７２〕　図５Ａは、連続ベルトプレス高周波バイオマス処理システムの概略図である。この実施形態において、バイオマスは、バイオマスが高周波加熱に供される上部および下部電極の間を通過する。バイオマスまたは容器内の光ファイバセンサが、バイオマスの熱および高周波エネルギーの浸透を監視する。光ファイバセンサは、高周波エネルギーによるバイオマスの均一な加熱および十分な浸透を維持するように適宜調節され得る、バイオマスの熱および高周波エネルギーの浸透の監視を可能にする監視システムに連結される。図５Ａにおいて、バイオマスは、容器内でイオン液体と混合されてもよく、次いで、イオン液体と混合されたバイオマスを含む容器は、イオン液体と混合されたバイオマスを高周波加熱により加熱する上部および下部電極を備える装置内に移動される。空気分配ボックスは、システム内の圧力および空気温度のさらなる調節を可能にする。本明細書に記載の方法はバッチ法であってもよく、例えば、バイオマスは、イオン液体と混合／スラリー化され、次いで第２の装置に移送されて（例えば、コンベヤベルトにより）、ＲＦ波で加熱されてもよい。

【０２５７】

〔０２７３〕　図５Ｂにおいて、バイオマス１０１は、３つのゾーンを通して導管に沿ってバイオマスを移動させるためのアルキメデスポンプを備える長い導管内に供給され得る。第１のゾーンである混合ゾーンにおいて、バイオマスは、イオン液体と混合され、バイオマス／イオン液体を形成する（２０１）。次いで、ＩＬ膨潤バイオマスは、第２のゾーンに移動され、ＩＬ膨潤バイオマスは、可変ＲＦ加熱に供される（３０１）。可変ＲＦ加熱後のバイオマスは洗浄され（４０１）、任意選択でイオン液体が再利用のために回収される。本明細書に記載の方法は連続法であってもよく、例えば、バイオマスは、イオン液体と混合／スラリー化され、次いで第２の領域に移送されて、ＲＦ波で処理されてもよい。

【０２５８】

バイオリアクタ

〔０２７４〕　本発明はまた、バイオマスを処理するためのシステムであって、時間、温度、圧力、およびリアクタ容器の内部の含水量を制御するためのフィードバック手段に連結されたセンサネットワークに連結されたリアクタ容器を備えるシステムを提供する。

【０２５９】

〔０２７５〕　ある特定の製造者、モデル名および数字が、本発明において使用される機械類に与えられているが、当業者に理解されるように、他の機械類が置換されてもよい。

【０２６０】

〔０２７６〕　温度、コンベヤ速度、電磁（ＥＭ）（例えば、高周波、赤外線）波強度、および圧力特性に関してある特定の範囲が提供されるが、これらは、具体的な所望の体積、空間要件および他の必要性に基づき変動され得る。本明細書を読んだ後、当業者には、具体的な処理設備のプラントおよび全体的プロセスパラメータを知れば、これらの変数の実動または最適数値の選択を行うことができることが理解される。

【０２６１】

〔０２７７〕　さらに、ＩＬ膨潤バイオマスの温度を制御するために好ましいシステムが開示されるが、これらは様々となり得る。これらは、エネルギーコスト、プラントの配置等の通常のプラントの考慮点に依存して、置換により様々となり得、また一般に、プロ

セスにおいて使用される温度値は、例えば、周囲のプラント温度および他の関連因子の変化に起因する継続的な変動を許容する。

【０２６２】

〔０２７８〕　本明細書において言及される全ての出版物（例えば、非特許文献）、特許、特許出願公開、および特許出願は、本発明が関連する技術分野における当業者の技術レベルを示す。　全てのそのような出版物（例えば、非特許文献）、特許、特許出願公開、および特許出願は、それぞれの個々の出版物、特許、特許出願公開、または特許出願が参照により組み込まれることが具体的および個々に示されるのと同等に、参照により本明細書に組み込まれる。

【０２６３】

〔０２７９〕　本明細書に記載のものと類似または同等の方法および材料が、本発明において、または本発明の試験において使用され得るが、好適な方法および材料が本明細書に記載される。材料、方法および例は、例示のみを目的としており、限定を意図するものではない。

【０２６４】

〔０２８０〕　ここで、本発明が概略的に説明されているが、本発明は、本発明のある特定の態様および実施形態の例示のみを目的として含められ、本発明を限定することを意図しない以下の実施例を参照することにより、より容易に理解されるだろう。

【実施例】

【０２６５】

実施例１

原料を処理するための方法

〔０２８１〕　バイオマスを処理するための方法は、原料をイオン液体に接触させて均一な溶液（懸濁液）を形成することと、それを閉じた可変電磁（ＥＭ）波デバイス内に移送（例えば、射出）することとを含む。ＲＦの適用と共に、バイオマス中の温度が監視され、ＲＦ周波数が、ＲＦデバイスバイオマス処理ユニット内の均一な温度分布を達成するために調節されるように変動される。

【０２６６】

〔０２８２〕　本明細書において開示されるバイオマス処理法は、ＲＦの適用（例えば、２７ＭＨｚ）による双極子の運動に起因して連続的に加熱されるイオンにより、バイオマス／生成物を加熱する。これは、イオンの双極子加熱に起因する分子間の摩擦相互作用により、全生成物内での急速な均一体積加熱をもたらす。高周波は、加熱特性の点ではマイクロ波と同一であるが、液体生成物を低温殺菌または滅菌するために使用され得る、均一な、また何より最も重要なことには高い浸透深さという追加的な利点を有する。ＲＦ加熱のために、浸透深さは、一般に１ｍを超え、誘電率、損失係数、真空中の波伝播速度、および動作周波数を具体化する関係から決定され得る（Ｏｒｆｅｕｉｌ，１９８７）。バイオマスの濃度、イオン液体およびそれらの比、ならびに温度に依存して、バイオマスの浸透深さは、高周波範囲内で０．２～２．１ｍで変動し得る。

【０２６７】

〔０２８３〕　ＲＦデバイスを使用してイオン液体でのバイオマス処理を実行するための装置概略の好ましい実施形態を、図２および５に示す。

【０２６８】

実施例２

赤外放射線によるバイオマス前処理

〔０２８４〕　イオン液体バイオマス前処理のためには、驚くべきことに、赤外放射線が通常の伝導／対流形式加熱リアクタ／チャンバよりも効果的であることが判明した。赤外線加熱により、通常の伝導／対流形式前処理リアクタよりも、イオン液体前処理プロセス時間が約４０％から９０％低減された。

【０２６９】

〔０２８５〕　約１５０分の処理時間での単純な伝導／対流前処理は、ＩＬ処理された

麦わらの酵素加水分解から妥当な量の単糖類を遊離させるが、一方赤外放射線形式前処理は、１５分未満の前処理の処理時間で同様の結果を達成することができ（表１）、予想外にも処理時間が短縮された。

【０２７０】

〔０２８６〕　また、バイオマスイオン液体前処理の赤外線形式処理に続く、伝導／対流形式処理の組み合わせは、驚くべきことに、全体的な前処理時間の短縮をもたらした。イオン液体バイオマス前処理の１５分の赤外線処理に続く１５分の対流処理は、酵素加水分解中に９７％のグルカンおよび６１％のキシランをもたらした（表１）。通常の伝導／対流形式処理では、麦わらから８７％のグルカンおよび６０％のキシランを遊離させるのに１５０分の処理が必要であった（表１）。

【０２７１】

【表１】

表１：イオン液体前処理された麦わらの酵素加水分解から観察された、グルカンおよびキシラン変換のパーセント

原料	PT 型	温度(℃)	時間(分)	% グルカン	% キシラン
麦わら	伝導/対流 PT	125	**150**	87	60
麦わら	赤外放射線 PT	100	**15**	76	63
麦わら	赤外放射線+伝導/対流 PT	100 & 125	**30 (15 放射+15 対流)**	97	61

【０２７２】

〔０２８７〕　ＩＲ－伝導／対流形式処理の組み合わせにより、通常の対流形式処理に比べ約４０％の同様のプロセス時間の改善が、マツにおいて観察された（表２）。

【０２７３】

【表２】

表２：イオン液体前処理されたマツの酵素加水分解から観察された、グルカンおよびキシラン変換のパーセント

原料	PT 型	温度(℃)	時間(分)	% グルカン	% キシラン
マツ	伝導/対流 PT	125	**180**	96	84
マツ	赤外放射線+伝導/対流 PT	100 & 125	**105(45 放射線+60 対流)**	89	70

【０２７４】

〔０２８８〕　総合すると、これらの予想外の結果は、ＩＬ膨潤バイオマスの赤外線加熱の使用が、伝導／対流加熱と比較して、処理時間の驚異的な短縮、および加水分解後の糖の収率の驚異的な増加をもたらすことを実証している。

【０２７５】

実施例３

赤外線蒸発／乾燥／濃縮システム

〔０２８９〕　イオン液体を脱水／乾燥させるための方法であって、希薄ＩＬ水溶液のスラリーを接触させることと、閉じた可変ＩＲデバイス内を循環させることとを含む方法。ＩＲデバイスを通して高温空気／真空が引かれて、蒸発した水が除去され、さらにこの蒸気が、水の再利用および熱統合のために、熱交換器を通過することにより凝縮される。本発明は、大幅に低減された量の高温空気／真空乾燥、ならびにイオン液体の乾燥／脱水のためのＩＲ乾燥機および床面積要件を利用する。したがって、薄い金属ストリップ／ベルト電極上でのＩＲを用いた効率的および急速加熱プロセス。この方法は、イオン液体の急速乾燥を提供し、イオン液体の大量濃縮のための空間およびエネルギー要件を最小限化する。

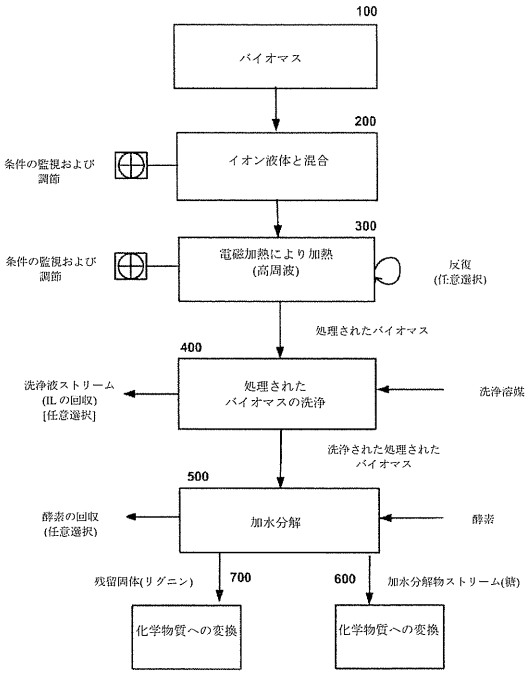
【０２７６】

〔０２９０〕　図６および図７は、ＩＲ蒸発／乾燥／脱水／蒸発ユニットを使用した（５０％初期ＩＬ濃度からの）ＩＬの濃縮中に経時的に得られたパーセントＩＬ濃度のグラフを示す。驚くべきことに、イオン液体の濃縮に必要な時間は、入射放射エネルギーとの間の距離および波長を減少／増加させることによって低減／増加され得る。したがって、ＩＲ濃縮装置は、ＩＲ周波数および照射距離を変えることにより、異なるイオン液体濃度の濃縮のために変更する／適合させることができる。これらのパラメータは、関心のある所望の時間での濃縮を達成するように調整され得る。

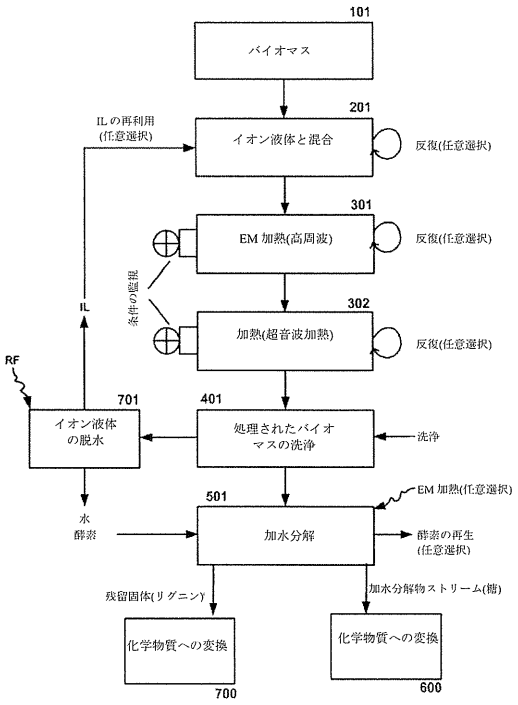
【０２７７】

〔０２９１〕　当業者は、本明細書に記載の本発明の特定の実施形態の多くの均等物を認識し、または慣例的にすぎない実験を用いて確認することができる。そのような均等物は、以下の特許請求の範囲に包含されることが意図される。

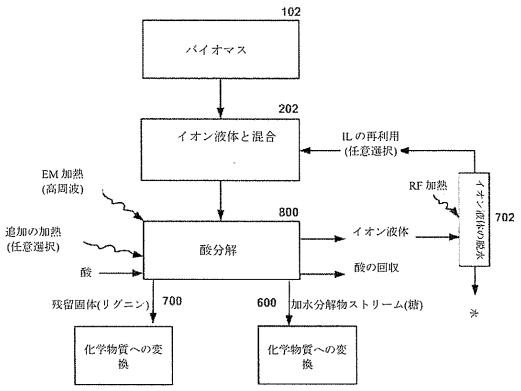
【図１Ａ】



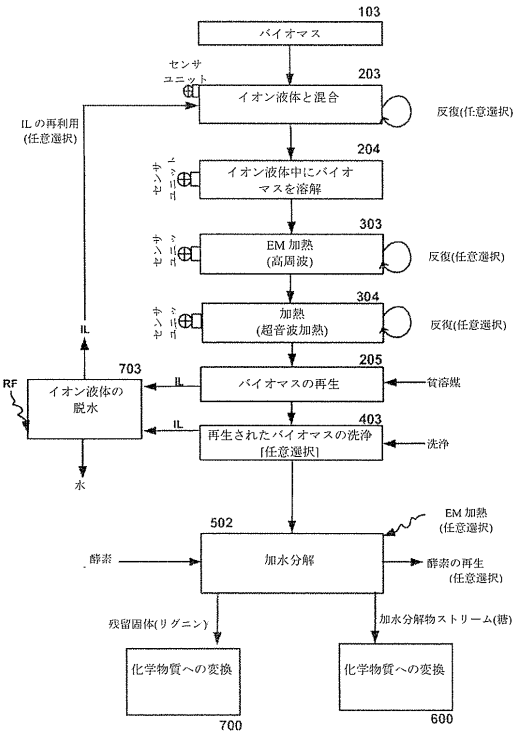
【図１Ｂ】



【図１Ｃ】



【図１Ｄ】



【図３】

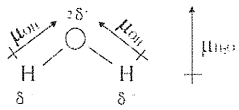


図３　電場中の水分子の電子配置および(b)双極子再配向

【図４】

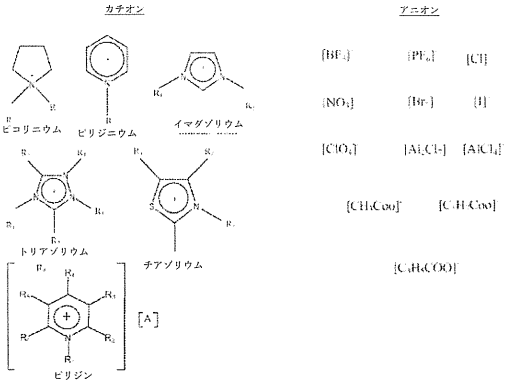


図４　イオン液体の例示的カチオンおよびアニオン成分

【図５Ａ】

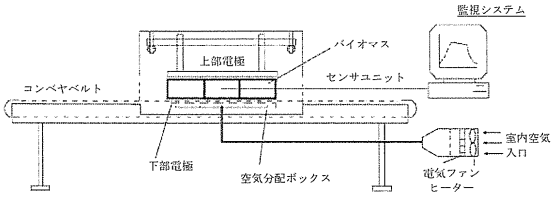


図 5a は、バイオマス処理の連続ベルトプレス高周波装置の概略図である。

【図５Ｂ】

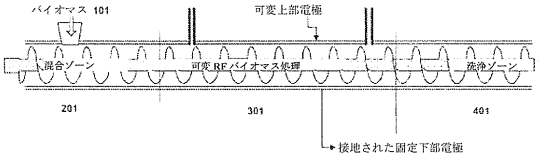
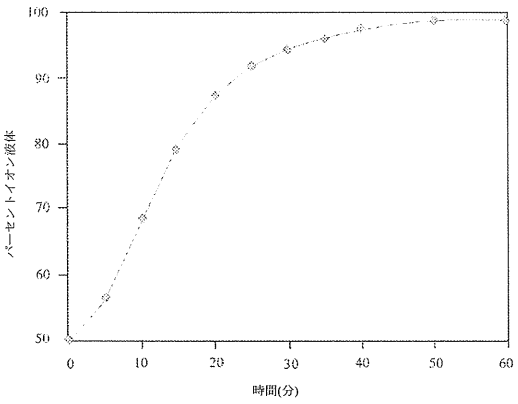
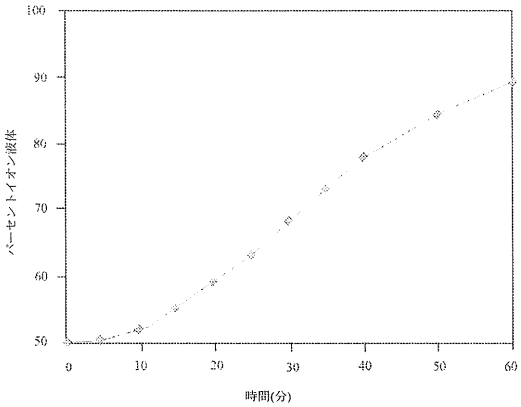


図 5b は、高周波試験システムにおけるリグノセルロース系バイオマス処理の概略図である。

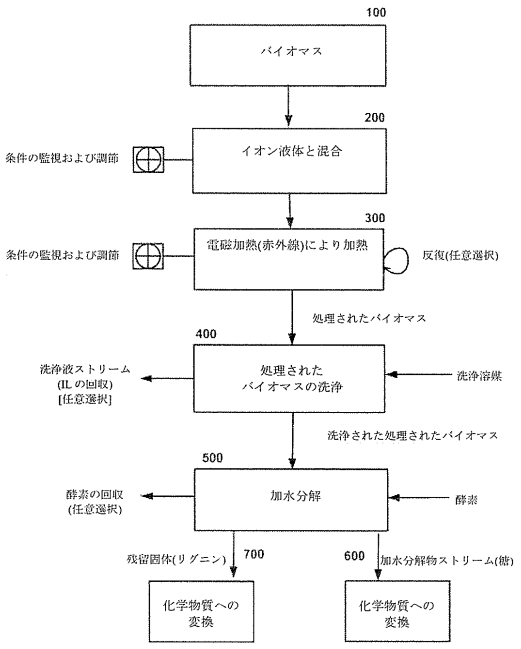
【図６】



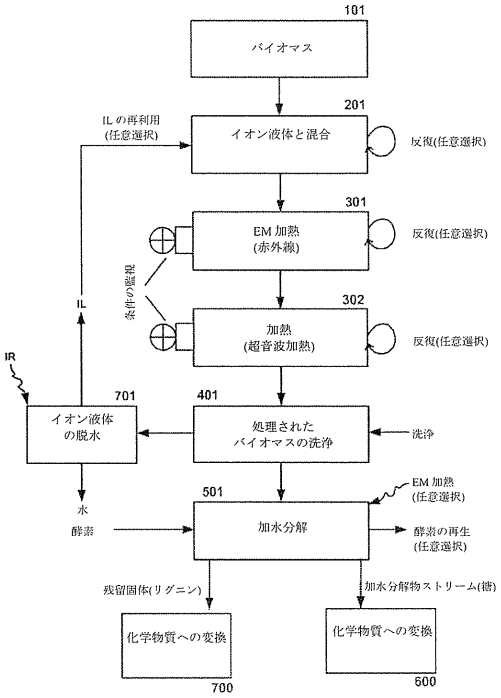
【図７】



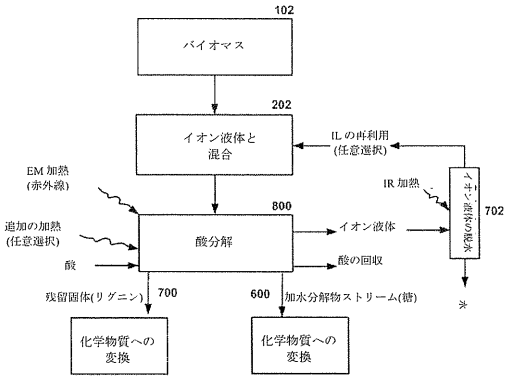
【図８Ａ】



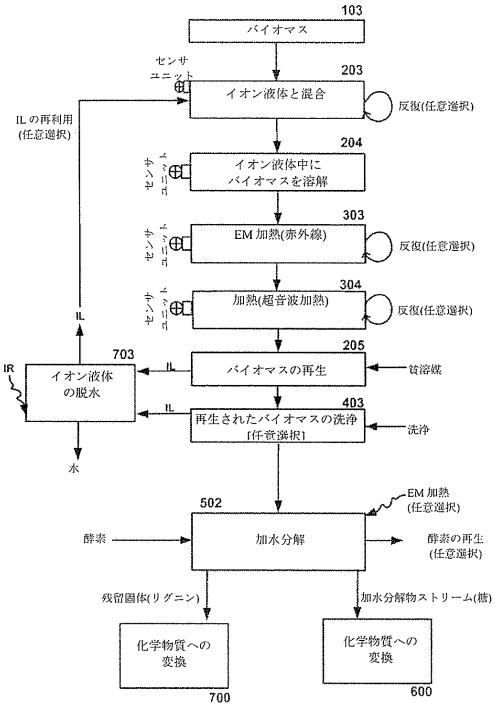
【図８Ｂ】


101
バイオマス
201
IL の再利用
(任意選択)
イオン液体と混合
反復(任意選択)
301
EM 加熱
(赤外線)
反復(任意選択)
条件の監視
IL
302
加熱
(超音波加熱)
反復(任意選択)
IR
701
401
イオン液体
の脱水
処理された
バイオマスの洗浄
洗浄
水
501
EM 加熱
(任意選択)
酵素
加水分解
酵素の再生
(任意選択)
残留固体(リグニン)
加水分解物ストリーム(糖)
化学物質への変換
化学物質への変換
700
600

【図８Ｃ】


102
バイオマス
202
イオン液体と
混合
IL の再利用
(任意選択)
EM 加熱
(赤外線)
IR 加熱
イオン液体の脱水
702
800
追加の加熱
(任意選択)
酸分解
イオン液体
酸
酸の回収
水
残留固体(リグニン)
700
600
加水分解物ストリーム(糖)
化学物質への
変換
化学物質への
変換

【図８Ｄ】


103
バイオマス
センサ
ユニット
203
イオン液体と混合
反復(任意選択)
IL の再利用
(任意選択)
204
センサ
ユニット
イオン液体中に
バイオマスを溶解
303
センサ
ユニット
EM 加熱(赤外線)
反復(任意選択)
304
センサ
ユニット
加熱(超音波加熱)
反復(任意選択)
IL
IR
703
205
イオン液体
の脱水
IL
バイオマスの再生
貧溶媒
IL
403
再生されたバイオマスの洗浄
[任意選択]
洗浄
水
502
EM 加熱
(任意選択)
酵素
加水分解
酵素の再生
(任意選択)
残留固体(リグニン)
加水分解物ストリーム(糖)
化学物質への
変換
化学物質への
変換
700
600

【図２Ａ】

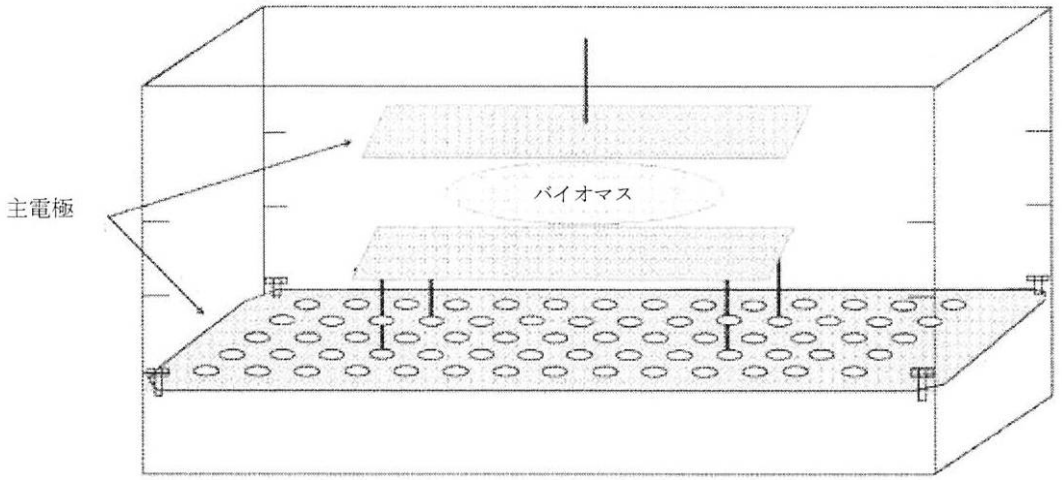


図 **2a** は、電極位置を示す、電磁炉内部の概略図である。

【図２Ｂ】

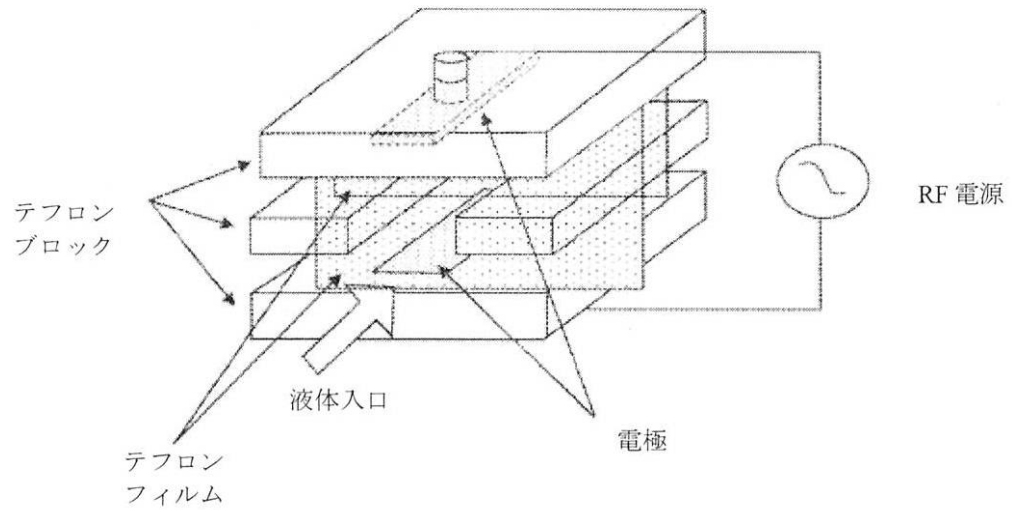


図 **2b** は、誘電高周波システムの概略図である。

【図２Ｃ】

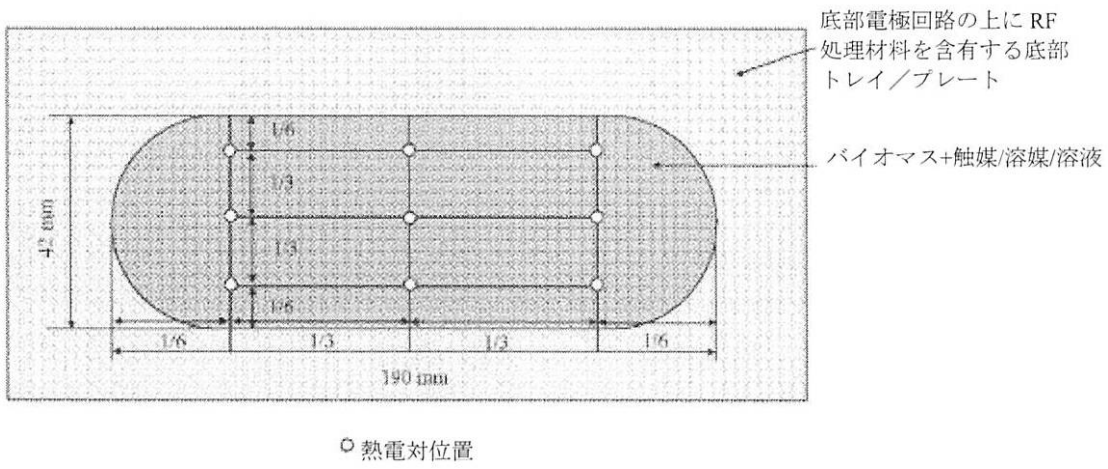
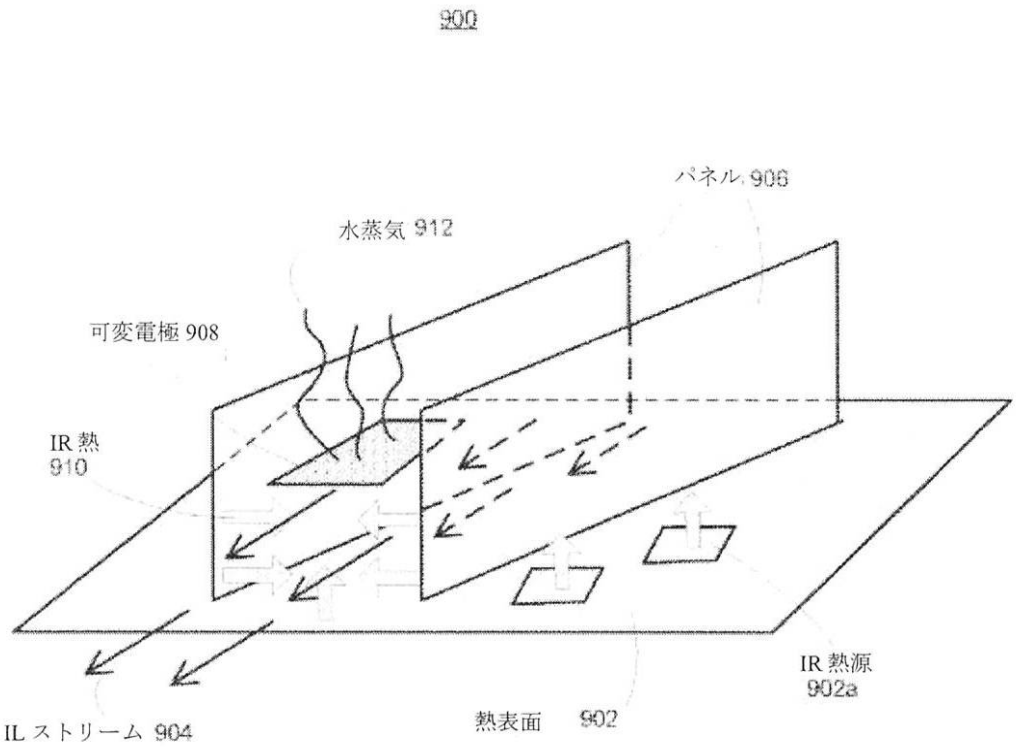
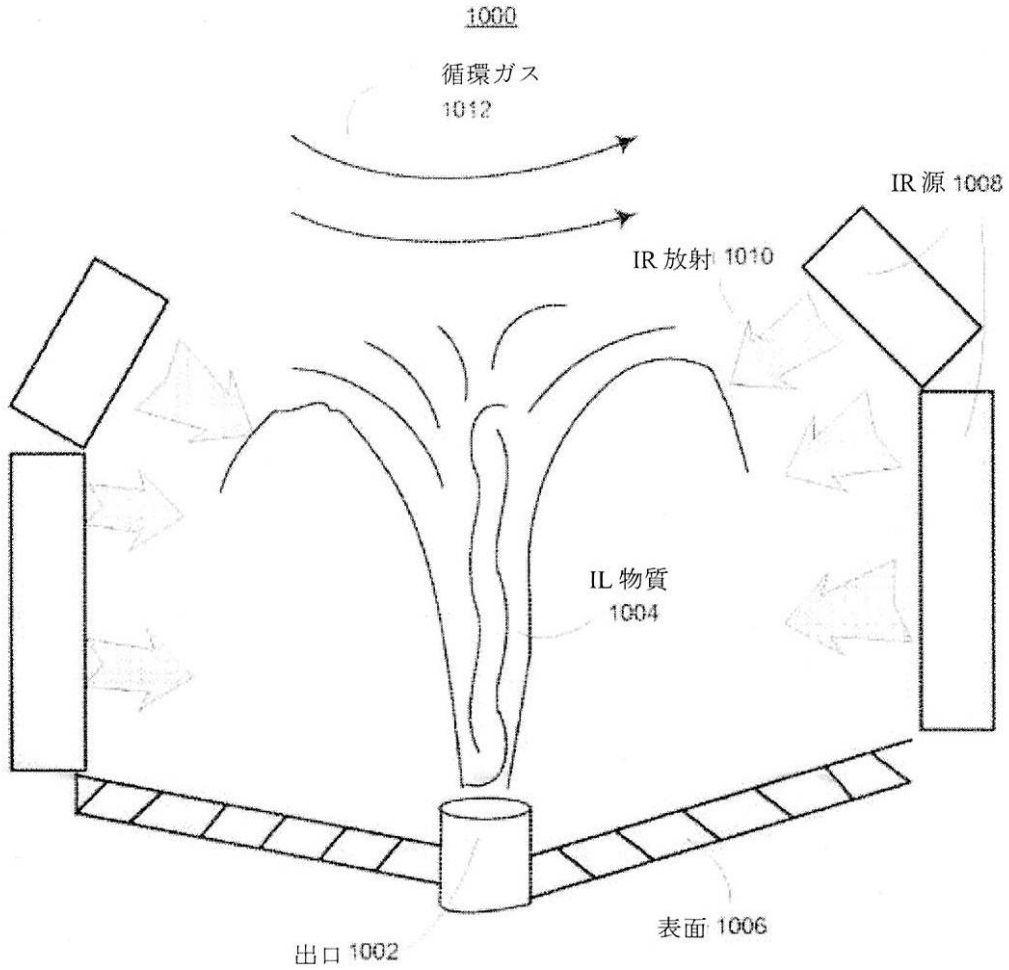


図 2c は、バイオマスの EM 波処理中の温度測定のための、熱電対/光ファイバジグの概略側面図である。

【図９】



【図１０】



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US2013/047149

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC(8) - C08B 16/00 (2013.01)
USPC - 536/56
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) - B01D 1/00, 1/16, 1/20, 3/00; C07H 1/06, 1/08; C08B 1/00, 16/00; C12P 1/00, 19/02, 19/04; F24C 1/10, 7/02, 7/04 (2013.01)
USPC - 124/1, 2, 6, 29, 36, 37; 159/3, 23, 44; 204/157.15, 157.62, 157.63, 157.9; 210/633, 723, 748.01, 748.07, 748.08; 530/500; 536/56, 57, 61, 70, 123.1

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
CPC - A23G 3/346; B01D 1/00, 1/0082, 1/16, 12/00; B01J 19/081, 19/10, 19/123, 19/126; C02F 1/30, 1/36, 1/5236; C08B 1/02, 15/02, 16/00; C08H 6/00; C13B 10/04, 10/06; C13K 1/02, 11/00 (2013.01)

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
Orbit, Google Patents, Google Scholar

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2011/0251377 A1 (RAHMAN et al) 13 October 2011 (13.10.2011) entire document	1-4, 6, 9-12, 20, 24-26, 50, 51, 53-55, 57-59, 61-64
Y		5, 7, 8, 52, 56, 60
X	US 2008/0190013 A1 (ARGYROPOULOS) 14 August 2008 (14.08.2008) entire document	65, 66, 68-70
Y		67
X	US 2010/0304440 A1 (MEDOFF et al) 02 December 2010 (02.12.2010) entire document	105-107
Y		5, 7, 8, 52, 56, 67
X	US 5,143,626 A (NUGENT) 01 September 1992 (01.09.1992) entire document	108, 110-114
Y		109
X	US 5,624,530 A (SADYKHOV et al) 29 April 1997 (29.04.1997) entire document	115, 116, 118-126
Y		117
Y	WO 2012/064868 A2 (LIPSCOMB et al) 18 May 2012 (18.05.2012) entire document	60, 109, 117

☐ 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	Date of mailing of the international search report
19 October 2013	08 NOV 2013
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: Blaine R. Copenheaver PCT Helpdesk: 571-272-4300 PCT OSP: 571-272-7774

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 2009)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US2013/047149

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.: 13-19, 21-23, 27-49, 71-104
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

(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,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,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SM,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC

(74)代理人 100135415
弁理士 中濱 明子
(72)発明者 パリパティ，プラヴィーン
アメリカ合衆国バージニア州２０１９０，レストン，ハント・クラブ・ロード １０９０３
(72)発明者 ダヂ，アナンサラム
アメリカ合衆国バージニア州２０１９０，レストン，ハント・クラブ・ロード １０９０３

Ｆターム(参考) 4B064 AF02 CA21 CB07 DA16
4C057 AA02 BB01 BB02
4C090 AA07 BA24 BA81 BC01 CA04 CA08 CA23