(19)日本国特許庁(JP)　(12)公表特許公報(A)　(11)公表番号
特表2025-510094
(P2025-510094A)
(43)公表日　令和7年4月14日(2025.4.14)

(51)国際特許分類		FI			テーマコード（参考）
Ｃ１０Ｇ	*1/10 (2006.01)*	Ｃ１０Ｇ	1/10		４Ｆ４０１
Ｃ０８Ｊ	*11/12 (2006.01)*	Ｃ０８Ｊ	11/12	ＺＡＢ	４Ｇ１４０
Ｃ０１Ｂ	*3/02 (2006.01)*	Ｃ０１Ｂ	3/02	Ｚ	４Ｈ１２９

審査請求　未請求　予備審査請求　未請求　（全23頁）

(21)出願番号　特願2024-556370(P2024-556370)
(86)(22)出願日　令和5年3月22日(2023.3.22)
(85)翻訳文提出日　令和6年11月13日(2024.11.13)
(86)国際出願番号　PCT/IL2023/050302
(87)国際公開番号　WO2023/181038
(87)国際公開日　令和5年9月28日(2023.9.28)
(31)優先権主張番号　63/269,736
(32)優先日　令和4年3月22日(2022.3.22)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)
(81)指定国・地域　AP(BW,CV,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA,RW,SD,SL,ST,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
最終頁に続く

(71)出願人　524350962
レイテント エナジー リミテッド
イスラエル ６９７１９２０ テル アビブ ラウール ワレンベルグ ストリート ２４
(74)代理人　100111202
弁理士　北村 周彦
(72)発明者　アートゥル，モーリス
イスラエル ６９１３８１７ テル アビブ ラビ タンチョム ストリート ２
(72)発明者　ギバン，ウリ
イスラエル ６４３８５０７ テル アビブ ハーマン コーエン ストリート ７／１
(72)発明者　メントビック，ネッタ
イスラエル ６９３６７１５ テル アビブ モーシェ パーロック ストリート １３
最終頁に続く

(54)【発明の名称】　プラスチック廃棄物の変換のためのシステム及び方法

(57)【要約】
この発明は、プラスチック廃棄物を高付加価値製品に変換するシステムと方法を提供する。
【選択図】図１Ｃ

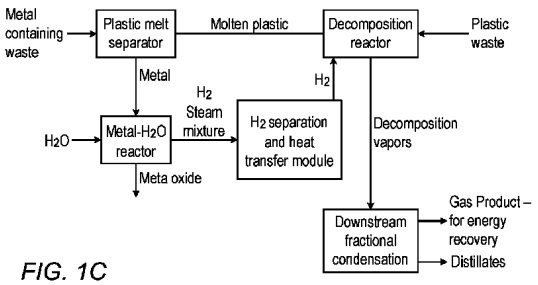


FIG. 1C

10

20

【特許請求の範囲】
【請求項１】
プラスチック材料の熱化学的リサイクルのためのシステムであって、
金属を多く含むプラスチック廃棄物を受け入れ、水素ガス、加熱分解プラスチック塊、および気体物質を生成するために、金属を多く含むプラスチック廃棄物を水素化処理するように構成および動作可能な第１の容器（反応器）と、
プラスチック廃棄物および少なくとも前記水素ガスの量を、前記第１の容器から任意に熱分解されたプラスチック塊および気体物質とともに受け取り、水素ガス、および任意で加熱分解されたプラスチック塊および気体物質の存在下で、留出物を生成するためにプラスチック廃棄物を熱分解するように構成および動作可能な第２の容器（反応器）と、
水素ガス、および任意で加熱分解されたプラスチック塊および気体物質を第１の容器から第２の容器に導く手段と、を備えるシステム。
【請求項２】
請求項１に記載のシステムにおいて、第１の容器（反応器）は、金属を多く含むプラスチック廃棄物の異なる成分を受け取るように構成された２つ以上の反応器として提供されている、システム。
【請求項３】
２つ以上の反応器のうちの１つは、プラスチック廃棄物を受け取り、これを熱的に変換して溶融プラスチックとガス状生成物とするように構成されており、２つ以上の反応器のうちの別の１つは、金属廃棄物と水を受け取り、水素ガスを生成するように構成されている、請求項２に記載のシステム。
【請求項４】
第２の容器は、水素ガスの単一の流れ、および任意で加熱された溶融プラスチックおよび気体生成物、または溶融プラスチックおよび気体生成物の流れと水素ガスおよび蒸気の別個の流れを受け取るように構成されている、請求項１～３のいずれか一項に記載のシステム。
【請求項５】
２つ以上の反応器を備える反応器（リアクター）配置を含み、前記２つ以上の反応器のうちの１つ目は、金属を含まないプラスチック廃棄物を受け入れ、加熱溶融プラスチック塊および気体生成物を生成するために、金属を含まないプラスチック廃棄物を熱処理するように構成されており、前記２つ以上の反応器のうちの２つ目は、金属廃棄物を受け入れ、水の存在下で水素ガスを発生させるために金属廃棄物を受け取り、
プラスチック廃棄物を受け入れ、水素ガス、水蒸気、および任意で加熱された溶融プラスチック塊および気体生成物の存在下でプラスチック廃棄物を熱分解するように構成された第２の容器（反応器）と、
前記第１の容器の配置から前記第２の容器に水素ガス、および任意で加熱された分解プラスチック塊および気体生成物を導く手段と、
を備える請求項１に記載のシステム。
【請求項６】
金属を多く含むプラスチック廃棄物の流れが、金属を多く含むプラスチック廃棄原料を第１の容器に供給するように構成されている請求項１に記載のシステム。
【請求項７】
金属およびプラスチック廃棄物の２つの独立した流れが関連付けられている請求項１に記載のシステム。
【請求項８】
プラスチック廃棄物の流れが、プラスチック廃棄原料を第２の容器に供給するように構成されている請求項１に記載のシステム。
【請求項９】
プラスチック廃棄物を留出物に連続的に熱化学変換するように構成されている請求項１～８のいずれかの請求項に記載のシステム。

【請求項１０】
２つ以上の反応器を備え、そのうちの少なくとも１つは水素ガス発生器であり、前記２つ以上の反応器のうちの別のものは熱化学分解反応器であり、水素ガス発生器と熱化学分解反応器は、水素ガスおよび／または溶融プラスチック塊および水素ガス発生器からの気体生成物を熱化学分解反応器に移送することを可能にする物質および／または熱的連絡をその間で行う、システム。
【請求項１１】
さらに、熱伝達ユニットと、蒸気の分留のための下流システムとを備える請求項１～１０のいずれかの請求項に記載のシステム。
【請求項１２】
水素ガス発生器と熱化学反応器とが、加熱されたパイプラインを介して関連付けられている請求項１～１１のいずれかの請求項に記載のシステム。
【請求項１３】
プラスチック対金属の負荷比（プラスチック：金属）が3:1から15:1である、請求項１～１２のいずれかの請求項に記載のシステム。
【請求項１４】
金属を多く含むプラスチック廃棄物中の金属がアルミニウムである、請求項１～１３のいずれかの請求項に記載のシステム。
【請求項１５】
プラスチック廃棄物を高価値製品に変換するための統合熱化学方法を稼働させるためのプラントであって、
-金属を主成分とするプラスチック廃棄物の水素化処理を行い、水素ガス、蒸気、加熱プラスチック塊、気体生成物および金属酸化物を得るための第１のヒーターを備えた第１の反応器と、
-プラスチック廃棄物の熱化学分解用の第２反応器であって、第２ヒーターを備え、第１反応器に少なくとも１本のパイプで接続され、外部の原料または供給源、及び水素ガス、蒸気、加熱プラスチック塊、第１反応器で生成され生成物からプラスチック廃棄物を個別に受け取って気体生成物を得る第２反応器と、
-第１反応器から熱を受け取り、水素化処理段階で生成された熱をどのプロセス内で回収するために、その熱を第２反応器に伝達するように構成されている熱交換ユニットと、を備えるプラント。
【請求項１６】
前記水素化処理および熱化学分解方法の温度を少なくとも調整するために、前記第１および第２のヒーターに接続された電気制御盤を備える請求項１～１４のいずれかの請求項に記載のシステム。
【請求項１７】
プラスチック材料の熱化学リサイクルのための方法であって、
-金属を多く含むプラスチック廃棄物の流れと水とを水熱液化（または金属水反応）して、水素ガス、蒸気、加熱された溶融プラスチック塊、および気体生成物を生成する工程と、
-金属を含まないプラスチック廃棄物を、水素ガスおよび任意で蒸気の存在下で、加熱された溶融プラスチック塊および気体生成物とともに熱分解する工程と、
を含み、前記水熱液化および熱分解は、熱化学システム内の別々の容器内で実施され、これにより燃料および石油化学製品が生成される方法。
【請求項１８】
水素ガスの生成は、溶融プラスチック塊および気体生成物の生成とは別個に達成可能である請求項１７に記載の方法。
【請求項１９】
プラスチック材料の熱化学的リサイクルのための方法であって、
金属を多く含むプラスチック廃棄物と水を熱反応させて、金属をあまり含まないまたは

金属を含まない溶融プラスチック塊、気体生成物および水素ガスを生成する工程と、
水素ガスの少なくとも一部、および任意で金属をあまり含まないまたは金属を含まないプラスチック塊および気体生成物を、金属を含まないプラスチック廃棄物を含む熱化学分解反応器に移行させる工程と、
水素ガスの存在下で少なくとも金属を含まないプラスチック廃棄物を反応させて、燃料および石油化学製品を生成する工程と、を含む方法。
【請求項２０】
水が下水、水道水、海水、または塩分を多く含む水である、請求項１７から１９のいずれか一項に記載の方法。
【請求項２１】
金属と水の重量比が1:1から1:10である、請求項１７から２０のいずれか一項に記載の方法。
【請求項２２】
水素ガスが270℃から450℃の温度で、任意60から200気圧の圧力下で生成される請求項１７～２１のいずれか一項に記載の方法。
【請求項２３】
燃料および石油化学製品の生成は、200℃から400℃の温度および10気圧から70気圧の圧力下で行われる請求項17～２２のいずれか一項に記載の方法。
【請求項２４】
炭化水素および潜在的にバイオマスを含むプラスチック廃棄物から水素ガスおよび留出物を回収するための統合熱化学方法であって、
-a-金属を多く含むプラスチック廃棄物を第１の反応器に投入し、水の存在下で、270℃と450℃の間でプロセス値の範囲内で維持される温度で、少なくとも水素ガスと水蒸気を得るために当該廃棄物を処理する工程と、
-b-一定量のプラスチック廃棄物を200℃と400℃の間のプロセス値の範囲内で第２の反応器に投入する工程と、
-c-前記第１の反応器で発生された一定量の前記少なくとも水素ガスと水蒸気とを、前記第２の反応器に供給する工程と、を備え、
工程aと工程b、または工程bと工程cは、同時にまたは連続して行われる方法。
【請求項２５】
請求項１～１６のいずれか一項に記載のシステムで実施される請求項１７～２４のいずれか一項に記載の方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、一般に混合プラスチックおよび／またはバイオマスと金属含有廃棄物を高価値製品に変換するための統合方法に関する。
【背景技術】
【０００２】
プラスチック材料の廃棄量が着実に増加していることを受け、プラスチックを再利用可能な材料に効果的に変換する近代的な技術の開発が進められてきた。プラスチック廃棄物のリサイクルはさまざまな方法で行われているが、ほとんどの発展途上国では、廃棄物の焼却や野焼き、埋め立てがプラスチック廃棄物の一般的な処理方法となっている。
【０００３】
プラスチック材料を液体油に変換するために使用される一般的な技術である熱分解は、酸素のない状態で異なる温度（300～900℃）でプラスチック廃棄物を熱分解するものである。 通常、熱分解方法を改善し、処理効率を高めるために、さまざまな触媒が使用される。化学的リサイクルは、機械的処理とは異なり、多層フレキシブル包装、金属含有廃棄物、バイオマス廃棄物など、複雑な素材の廃棄物処理にも利用できるが、現在利用可能な熱化学的リサイクル方法には、主に2つの欠点がある。1つ目は、高いエネルギー強

度が必要であること、２つ目は、製品の流れのアップグレードに必要な重要な補助インフラや材料（水素ガスなど）の存在である。

【０００４】

プラスチック化学リサイクル用に多くのプラスチック分解システムが開発されてきたが、いずれも分解およびアップグレード方法用のエネルギー源として外部の化石エネルギー資源、または分解生成物の約10～20％の燃焼に依存しており、いずれも温室効果ガス（ＧｈＧ）の直接排出を伴う。

【図面の簡単な説明】

【０００５】

本明細書で開示する主題をより良く理解し、それを実際に行う方法を例示するために、以下では添付の図面を参照しながら、非限定的な例としてのみ、実施形態を説明する。

【図１Ａ】本発明による異なるシステム設計を示す。

【図１Ｂ】本発明による異なるシステム設計を示す。

【図１Ｃ】本発明による異なるシステム設計を示す。

【図２】本発明のいくつかの実施形態によるシステムを示す。

【図３】本発明のいくつかの実施形態によるシステムおよび方法フローを示す。

【図４】提案された方法と従来の方法との比較における、例示的な高レベル質量収支を示す。

【図５】GHG影響の完全なライフサイクル分析を示す。

【発明の概要】

【０００６】

図２は、いくつかの実施形態によるシステムを示す。図示のように、熱化学分解反応器と水素ガス反応器または発生器（図2ではAI-H2O反応器と表記）という２つの反応器または容器が、本発明のシステムに設けられている。図２に描かれた実施形態では、アルミニウム金属の存在下でシステムが動作する。

【０００７】

図３には、いくつかの実施形態によるシステムおよび方法フローの例が示されている。

【０００８】

図４には、1トンの混合廃棄物の供給に対する、提案された方法と従来の方法との比較が、高レベルの質量収支の例として示されている。図４の上段には、本発明による方法が示されており、図４の下段には、従来の方法が示されている。

【０００９】

図４に示されているように、この発明のシステムと方法を利用することにより、プラスチック廃棄物のトン数に関わらず、最終製品の少なくとも10％以上を回収できる。 必要な水素ガスはすべて、20kg/時以上のアルミニウムと水の反応から得ることができる。

【００１０】

また、副生成物として回収されたアルミナ（金属酸化物）から得られる留出物1kgあたり、0.55kgのCO_2を置換できる。これは、図５に示すGHG影響のライフサイクル分析全体でさらに詳しく示されている。排出量にはライフサイクル全体（前処理および選別）が含まれ、BASFの化学循環方法における商業データに基づいている。ライフサイクル評価（ＬＣＡ）のマイナス結果は、収率の改善に加え、副産物であるアルミナの回収と水素生成によるものである（それぞれ、アルミナ1kgあたり1.2kgおよび8～12kgのCO2と水素）。

【発明を実施するための形態】

【００１１】

本明細書で開示する技術の発明者らは、プラスチック材料の熱化学処理に伴う多くの欠点を克服するだけでなく、本質的な製品改良をも提供する統合方法を開発した。最も一般的な用語で言えば、本発明によるシステムおよび方法では、金属含有廃棄原料から発熱水素を生成することで利用されるエネルギーが、別の廃棄原料の熱化学分解に使用される。このように、この発明のシステムおよび方法は、既存の熱化学分解反応に代わるものとし

て、以下のものを提供する。

【００１２】

１）混合プラスチックおよび金属含有廃棄物を高価値製品に変換する統合方法であって、熱化学分解と水素添加/水素化分解/水熱液化を同時に行う水処理反応炉を含む統合方法において、熱と水素の両方の要件は高温アルミニウム水反応炉に結合することで満たされる。

【００１３】

２）スケーラブルで商業的に実現可能であり、高収率のプラスチック熱化学再生方法により、高価値の燃料/原料化学物質が提供される。

【００１４】

３)プラスチックの吸熱分解による高品質製品の生産に必要な水素ガスとエネルギーを供給するために、廃棄物級のアルミニウムと水との反応を利用することで、方法の収率が向上する。

【００１５】

４)水素ガスをその場で生成することで、外部のガス供給源を利用した水素化分解の必要性がなくなる。

【００１６】

５)コーキングを最小限に抑える水素雰囲気を維持するのに十分な量の水素ガスが生成される。

【００１７】

６)触媒を必要としない方法であるが、各種の副反応を制御するために市販の触媒を使用できる。

【００１８】

７)アルミニウムなどの廃棄金属の回収とアップサイクル。

【００１９】

８)直接的な熱伝達による方法単位の拡張性の向上。

【００２０】

９)水熱分解経路における方法（熱）効率および選択性の向上。

【００２１】

したがって、最も一般的な用語で言えば、廃プラスチック材料から留出物（および可燃性ガス、燃料、石油化学製品、油）を生成するための（または混合プラスチック廃棄物を高価値製品に変換するための）統合システムが提供され、そのシステムは、選別済みまたは未選別のプラスチック廃棄物の熱化学分解（例えば、水素化、水素分解、および／または水熱液化）を行うように構成された熱化学反応器と、熱化学反応器が結合または関連付けられた、熱エネルギー（熱）、気体およびその他の生成物、ならびに熱化学反応器における熱化学分解を行うために完全にまたは部分的に回収される水素ガスを生成するように構成および動作可能な水処理金属水反応器と、を備える。

【００２２】

したがって、ある構成では、本発明によるシステムは、ある反応炉で生成された水素ガスを別の反応炉で使用して高価値製品を生成し、その後、その製品を分離して貯蔵する閉ループシステムとなる可能性がある。各反応器は、異なるバッチの廃棄物処理において異なる条件下で動作可能であるが、熱エネルギー、水素ガスや蒸気などの反応物質、および加熱された溶融プラスチック分解生成物などによるエネルギーの収穫により、外部から水素ガスをシステムに導入することなく、効果的なエネルギー収穫と効率的な製品の生産が可能となる。

【００２３】

本明細書で使用される「熱化学反応器」または「熱化学分解反応器」は、水素ガス、または水素と水蒸気の混合気体の存在下で廃棄物の熱化学分解が起こるシステム内の反応器、あるいは、本明細書でさらに開示されるように、水素化処理金属-水反応器から直接または間接的に受け取った溶融プラスチックおよびその他の気体物質である。熱化学分解と

いう用語は、廃棄物に含まれる炭化水素が、酸素の不在下で高温下において、1種類以上の他の物質または留出物に変換される反応（熱化学的リサイクル）を指す。分解反応または化学的変換には、熱分解、水素分解、水熱分解、水熱液化方法、および当該技術分野において周知の他の関連反応が含まれる。

【００２４】

「水素処理金属水反応炉」は、「水素ガス反応炉または発生装置」とも呼ばれ、水の存在下で金属とプラスチックの反応により水素が生成されるシステムの反応炉である。この方法では、水素ガスの他に、蒸気、溶融プラスチック、プラスチック分解蒸気（各種気体物質）、および場合によっては金属酸化物も生成される。これらの物質はそれぞれ単独で、または他の製品と組み合わせて、熱化学反応器における熱化学分解を促進するエネルギー担体として使用される。

【００２５】

「廃プラスチック」とは、合成または半合成重合生成物であるプラスチック材料、すなわち一般的に炭化水素系ポリマーであるプラスチック材料を一定量含む廃棄物を指す。廃プラスチックには、バイオマスやその他の合成、半合成、天然高分子材料が含まれる場合もある。一般的に、廃プラスチック材料は、低密度または高密度ポリエチレンなどのポリエチレン、および／またはポリプロピレンからなる材料の混合物である。場合によっては、廃プラスチックには、ポリ塩化ビニル、ポリスチレン、ＰＥＴがさらに含まれる場合もある。廃プラスチックは、産業廃棄物や一般廃棄物など、あらゆる廃棄物源に由来する場合がある。廃棄物は、単一の高分子またはプラスチック成分、または複数の成分の組み合わせから構成される場合があり、また、事前選別されている場合も、いかなる種類の事前処理または選別も行われずにそのまま使用される場合もある。廃棄物は、２次元または３次元のプラスチック製品または材料から構成される場合があり、それらは、例えば、破砕または粉砕などにより機械的に処理されてサイズが縮小される場合もあるが、そのまま使用される場合もある。

【００２６】

廃プラスチックは、金属成分または金属を一般的に含む場合も、含まない場合もある。プラスチック廃棄物は、金属廃棄物および／または添加物またはその他の別個の廃棄物成分として金属を含むプラスチック材料を含んでいてもよい。一部の構成では、廃棄物はプラスチックおよび金属または金属-プラスチックの物体または材料の両方を含み、これらは2つの別個の廃棄物原料にあらかじめ選別される場合がある。すなわち、金属成分を実質的に含まないプラスチック廃棄物原料（すなわち、本明細書でさらに定義されるように金属を含まない）と、金属を多く含むプラスチック廃棄物原料である。廃棄物に必要量のゼロバレット金属含有製品が含まれていない場合、その廃棄物は、それ自体が廃棄物または低級材料である金属含有製品で富化される場合がある。使用される廃棄物材料には、リサイクルされていないまたはリサイクル不可能な材料が含まれている場合がある。

【００２７】

本明細書で開示されているように、本明細書で開示されている条件下での熱化学分解によって得られる生成物は、様々な非プラスチック最終生成物または「留出物」を含み、例えば、様々な石油化学製品、燃料、ナフサ、モノマーなどがある。これらの各材料は、適切な分離および/または精製技術を用いて得られる生成留出物から蒸留または分離することができる。「非プラスチック」という用語は、最終製品または廃棄物に存在するその他の材料を指す場合、その由来に関わらず炭化水素ベースのポリマーではないあらゆる材料を指す。

【００２８】

この発明のシステムおよび方法は、廃プラスチックをハイエンド（高級）製品に変換する上で環境的に非常に重要であるが、この発明の方法は同様にあらゆるプラスチック材料の変換にも使用できる。

【００２９】

したがって、その第一の側面において、本発明はプラスチック材料、例えば廃プラスチ

ックの熱化学リサイクルのための統合システムを提供する。このシステムは、水素化処理反応器または水素ガス発生器と熱化学反応器から構成され、それぞれが独立してプラスチック廃棄物を受け取るように構成されている。水素化処理反応器で発生した水素ガスと熱エネルギーは、熱化学反応器でプラスチック廃棄物の熱化学分解を行うために利用される。

【００３０】

この発明のシステムは、金属を多く含むプラスチック廃棄物（または金属とプラスチックの組み合わせ）を受け入れるように構成された第1の容器（反応器）と、

金属を多く含むプラスチック廃棄物（または組み合わせ）を水素化処理（水の存在下で廃棄物を熱処理）して水素ガス（および分解されたプラスチックの塊、蒸気、気体生成物、ならびに金属酸化物）を生成する第1の容器（反応器）と、

プラスチック廃棄物（任意でバイオマス、バージンプラスチックおよび／または非廃棄プラスチックとともに、またはそれらと組み合わせて）を受け入れ、第1の容器で生成された水素ガスを少なくとも存在させて、プラスチック廃棄物（またはそれとの組み合わせ）を熱分解し、プラスチック分解生成物（または留出物）を生成するように構成された第２の容器（反応器）と、

水素ガス、および任意で第１の容器からの他の加熱材料を第２の容器に導く手段と、を備える。

【００３１】

また、プラスチック材料、例えば廃プラスチックの熱化学的リサイクルシステムも提供され、このシステムは、

金属を多く含むプラスチック廃棄物を受け入れ、水の存在下で廃棄物を熱処理して水素ガス、蒸気、および分解プラスチック塊または気体生成物を生成するように構成された第1の容器（反応器）と、

プラスチック廃棄物を受け入れ、水素ガスおよび任意で第1の容器で生成された分解プラスチック固形物および気体生成物の存在下でプラスチック廃棄物を熱分解し、プラスチック分解生成物（または留出物）を生成するように構成された第2の容器（反応器）と、

水素ガスおよび任意で加熱された分解プラスチック固形物および気体生成物を第１の容器から第２の容器に導く手段と、を備える。

【００３２】

一部の実施形態では、第1の容器（反応器）は、金属を豊富に含むプラスチック廃棄物の異なる成分をそれぞれ受け取るように構成された２つ以上の反応器として提供される。一部の実施形態では、反応器のうちの1つは、プラスチック廃棄物を受け取り、プラスチックを実質的に分解させることなく、プラスチック廃棄物を溶融プラスチックと気体生成物に熱変換するように構成され、反応器のうちの別の1つは、金属廃棄物と水を受け取り、水素ガスを生成するように構成され、かつ動作可能に構成される。したがって、第２の容器は、溶融プラスチックおよび気体生成物の流れと、水素ガスおよび蒸気の別の流れとを受け取るように構成されていてもよい。

【００３３】

いくつかの実施形態では、システムは、このように、２つ以上の反応器からなる容器（反応器）の配置を含み、前記反応器のうちの1つ目は、金属を含まないプラスチック廃棄物を受け取り、金属を含まないプラスチック廃棄物を熱処理して溶融プラスチック塊および気体生成物を生成するように構成され、前記反応器のうちの２つ目は、金属廃棄物を受け取り、水素ガスおよび水蒸気（および熱の形態のエネルギー）を生成するように金属廃棄物を水素化処理するように構成され、

プラスチック廃棄物（任意でバイオマス、バージンプラスチック、または非廃棄プラスチックと併用または組み合わせ）を受け入れるように構成され、水素ガス、任意で溶融プラスチック固形物および気体生成物の存在下でプラスチック廃棄物（またはその組み合わせ）を熱分解させてプラスチック分解生成物（または留出物）を生成するように動作可能な第２の容器（反応器）と、

水素ガスおよび任意で加熱された分解プラスチック固形物を第1の容器から第2の容器に導く手段と、を備える。

【００３４】

一部の実施形態では、システムは、金属を豊富に含むプラスチック廃棄原料を第１の容器に供給するように構成された金属を豊富に含むプラスチック廃棄流をさらに備えるか、これに接続されるか、これに関連付けられる。

【００３５】

いくつかの実施形態では、金属を多く含むプラスチックの流れは、プラスチック材料から金属成分を分離するように処理される。そのような場合、システムは、金属とプラスチックの２つの独立した流れ（金属を多く含む供給源または２つの別個の廃棄物源、1つは金属、もう1つはプラスチック）から構成されるか、または接続されるか、または関連付けられる。

【００３６】

いくつかの実施形態では、システムは、プラスチック廃棄物の流れをさらに構成するか、またはプラスチック廃棄物の流れを第2の容器に供給するように構成される。

【００３７】

いくつかの実施形態では、プラスチック廃棄物の流れは、バイオマス材料の流れまたは量と組み合わせられる。

【００３８】

本発明はさらに、プラスチック廃棄物を留出物（および他の分解副生成物）に連続的に熱化学変換するためのシステムを提供し、このシステムは、金属を豊富に含む廃棄材料を受け入れ、これを水素ガス、蒸気、および加熱分解されたプラスチック塊、および本明細書で開示されているような気体生成物に変換するための容器を備えるか、またはこれに関連する熱化学反応器を備え、水素ガス、加熱分解されたプラスチック塊、および金属を含まないプラスチック廃棄物を受け入れて、金属を含まない（または実質的に含まない）プラスチック廃棄物の熱化学分解を引き起こすように構成されている。

【００３９】

さらに、２つ以上の反応器からなるシステムが提供され、そのうち少なくとも1つは水素ガス発生器であり、前記2つ以上の反応器のうちの別のものは熱化学分解反応器であり、水素ガス発生器と熱化学分解反応器は、加熱された水素ガスおよび／または加熱された溶融プラスチック塊（および熱エネルギー）を水素ガス発生器から熱化学分解反応器に移送することを可能にする物質的および／または熱的連絡をその間で行う。

【００４０】

別の観点では、本発明はプラスチック材料の熱化学的リサイクルのためのシステム（例えば、プラスチック廃棄物から留出物または燃料/石油化学製品を製造するためのシステム）を提供し、このシステムは少なくとも２つの反応器を含み、前記反応器のうち少なくとも１つは水素ガス発生器であり、少なくとも１つの他の反応器は熱化学的分解反応器である分解反応炉であり、前記少なくとも１つの水素ガス発生装置は、外部ソースから金属を多く含む廃プラスチック材料を受け取るように構成されており、前記熱化学分解反応炉は、外部ソースから廃プラスチック材料を受け取り、実質的に金属を含まない加熱質量および水素ガス発生装置からの加熱水素ガスおよび蒸気を受け取るように構成されている。

【００４１】

さらに、本発明は、プラスチック廃棄物を高付加価値製品または一般製品に転換するための統合熱化学方法を作動させるためのプラントを提供し、このプラントは、

-主に金属が豊富なプラスチック廃棄物の水素化処理を行い、水素ガス、蒸気、加熱分解されたプラスチック塊、気体生成物および金属酸化物を得るための第1のヒーターを備えた第1の反応器と、

-プラスチック廃棄物の熱化学分解用の第２反応炉であって、第２ヒーターを備え、第１反応炉に少なくとも１本のパイプで接続され、外部の原料または供給源からプラスチック廃棄物を個別に受け取り、第１反応炉で生成された水素ガス、蒸気、加熱プラスチック

塊、気体生成物の量を受け取り、生成物を得る、第２反応炉と、
-第1の反応器から熱を受け取り、水素化処理段階で生成された熱を方法内で回収するために第2の反応器に熱を伝達するように構成された熱交換器と、
-少なくとも水素化処理および熱化学分解の温度を調節するために、前記第１および第２のヒーターに接続される電気制御盤と、を備える。

【００４２】

この統合システムおよび方法により、発熱性（水素生成）ステップと吸熱性（熱化学分解方法）ステップの間で直接または間接的な熱伝達が可能になる。図１Ａ-Ｃに示されているように、本発明の反応器システムは様々な方法で統合することができる。図１Ａおよび１Ｂに示されている構成は、水素発生器と熱化学反応器との間の直接的な熱伝達を示している。図1Aのシステムでは、水素ガス発生器（金属-H2O反応器）は（物質的および熱的に）熱化学反応器と関連している。水素ガス発生装置は、適切な入口を通して金属を多く含む廃棄物材料が供給され、同じ入口（金属を多く含む廃棄物と水の混合物として）または別の入口を通して導入された水と混合される。本明細書で開示されているような適切な水熱条件下では、加熱された水素ガスと蒸気が、溶融した分解プラスチック塊とともに得られる。水素ガス、蒸気、各種ガス状生成物、および加熱分解されたプラスチック塊は、水素ガス発生器から、プラスチック廃棄物を指定の廃棄物流入口を介して別個に受け入れるように構成された熱化学分解反応器へと流される。水素ガス発生器で形成された金属酸化物は、反応器から別個に分離されてもよい。熱化学反応器で形成される留出物、液体生成物、および固体生成物は、それぞれ別個に収集されてもよい。

【００４３】

図１Ｂに示されるさらなる構成では、金属を多く含む廃棄材料は、金属成分をプラスチック材料から分離するために前処理される。或いは、２つの別個の材料の流れ、すなわち金属の流れとプラスチックの流れが使用される。したがって、このシステムはプラスチック廃棄材料反応器と別個の水素ガス発生器とを備える。プラスチック廃棄物容器は、プラスチック材料の熱分解を実質的に引き起こすことなく、プラスチック廃棄物を受け入れて熱処理し、溶融プラスチックを得るように構成されている。ガス発生器では、金属が水と結合して水素ガスを発生させる。水素ガス発生器およびプラスチック廃棄物反応器のそれぞれには、水素ガスおよび溶融ポリマーを排出する出口が設けられており、それぞれ、本明細書で説明されているようにプラスチック廃棄物を受け入れて保持するように構成されている熱化学反応器に直接排出される。

【００４４】

さらなる構成では、図１Ｃに示されているように、システムは熱伝達ユニット（動作は質量およびエネルギーバランスで詳細に説明されている）と、生成された蒸気の分留のための下流システムを備えるか、または提供される。熱回収は、水素蒸気混合物（これは図１Ａまたは図１Ｂの水素ガス発生器から得ることができる）を凝縮熱交換器シェルに通すことによって達成される。水素ガスはシェルから分離され、さらに水素化分解反応が可能となる。凝縮水は回収して、水素ガス発生器への補給水として再利用できる。水素ガスと水蒸気の混合物を熱化学分解反応器に直接供給することで、別の熱回収も可能である。熱化学分解反応器には、プラスチック廃棄物（プラスチックのみの廃棄物および水素ガス発生器またはプラスチック回収システムからの溶融プラスチック）、気体物質、およびその他の液体成分を供給できる。

【００４５】

一部の実施形態では、水素ガス発生器および熱化学分解反応器は、それぞれ個別の反応器ユニットまたは容器であり、異なる任意で独立した外部ソースからの廃棄物を受け取ることができる。各反応器には、入口バルブおよび出口バルブが設けられ、水素ガス反応器または分離容器から熱化学分解反応器に水素ガスおよび加熱分解されたプラスチック塊（分解済みまたは未分解）を、通常は液化した質量を流すために、２つの反応器を関連付ける手段が設けられている。各反応器入口バルブは、外部ユニット、例えば廃棄物源または貯蔵タンクから、あるいは他のユニット、例えば水素発生器から熱化学反応器へ、反応器

内への材料の流入を許可するように構成されている。同様に、出口バルブは、気体、液体、固体のいずれの状態であっても、反応器から別の容器または貯蔵槽に材料の一定量（または容器内の全内容物）を出力または分配するように構成されている。

【００４６】

水素ガス発生装置と熱化学反応炉は、加熱された液体ポリマー塊、ガス、および水素ガス発生装置またはポリマー廃棄物を溶融塊に変換する目的の容器から熱化学分解反応炉に流すための加熱パイプラインを介して関連付けられる場合がある。金属を多く含む廃棄物または個別の金属（新鮮な供給物および／または金属プラスチック分離機から回収されたもの）は、固体または水中に分散させた形態で加圧フィーダーを通して供給することができる。補給水は高圧ポンプを通して供給することができる。金属と水を含む水素ガス発生器は、圧力制御弁と背圧レギュレータを通して抽出された水素ガスと蒸気を放出するための上部排出口を備えていてもよく、組成は金属の速度と比率、反応条件の影響を受ける。酸化金属生成物は絞り弁を通して懸濁液として取り出されてもよい。

【００４７】

水素ガス発生器は、本明細書で開示されているように、高圧および高温で動作可能な容器または反応器である。金属を豊富に含むプラスチック廃棄物と水の量を収容できる構造およびサイズとなっており、金属の存在下でプラスチック廃棄物の水処理を行い、水素ガス、加熱された液化または分解されたプラスチックの塊、およびその他の気体生成物を生成する。金属酸化物（例えば、アルミナ）の沈着物も、副生成物として回収される場合がある。

【００４８】

水素ガス、加熱された塊、および金属酸化物は、回収して貯蔵し、後で使用することができる。さらに、または代替として、水素ガスおよび／または加熱された塊を、熱化学分解を駆動させるためのクリーンエネルギー源として熱化学反応器に移送または流入させることができる。したがって、一部の構成では、水素ガス反応器または発生器に水素ガスを回収するための排出口を設けることができる。

【００４９】

水素ガス発生器は、水素ガス、蒸気、および他の気体生成物、任意で液化プラスチック塊の流れを可能にするために、様々な手段によって熱化学反応器と関連付けられる場合がある。このような手段は、任意でプラスチックの溶融状態での流れを可能にするために加熱されたパイプセグメントを備えるパイプの形態で提供される場合があり、ガス放出ライン、流量測定システム、1つ以上の高圧投与ユニット、水素圧縮機、熱流量およびレベル制御、および他のユニットまたは要素を備える場合がある。

【００５０】

本発明に係るシステムの各反応器は、１つまたは複数の廃棄物流によって供給されてもよい。金属を豊富に含む廃棄物は、発熱性の金属-水反応に従って、反応条件に応じて、金属が水/飽和蒸気/過熱蒸気と反応する反応器に供給されてもよい。気体または液体の反応生成物は、水素ガス反応器または発生器から熱化学分解反応器に直接または間接的に熱を伝達するために使用され、反応器の運転モード（等温/断熱）と原料の前処理レベルに応じて使用される。最適な熱化学分解反応条件に必要な熱と水素は、水素ガス反応器との統合から回収される。

【００５１】

混合プラスチック廃棄物は熱化学分解反応器に供給され、そこで炭化水素の各種に分解される。炭化水素には、分離可能な気体および液体生成物の混合物が含まれる場合がある。いくつかの実施形態では、生成物には、例えば、ジェット燃料、ナフサなどの多様な留出物および石油化学製品が含まれ、例えば、生成物の総量の５０～９０％の量で液体石油材料および 例えば、製品総量の１０～５０％の量である液体石油材料およびガス、例えば、製品総量の5％未満の量である炭素質材料または灰分。これらの製品は、製品流を介して反応容器から分離され、さらに様々な成分または成分群に分離される場合がある。

【００５２】

金属を多く含むプラスチック廃棄物は、様々な形態の様々な金属を含んでいてもよい。エネルギーおよび水素ガスを生成するのに適した金属を多く含むプラスチック廃棄物は、水と反応して金属水酸化物または金属酸化物、ならびに水素ガス、その他の気体物質、および液化した分解プラスチック塊を発生させることのできる金属のゼロ価形態を含んでいる廃棄物である。金属を多く含む廃棄物に存在する金属は、カルシウム、アルミニウム、マグネシウム、亜鉛などであってもよい。一部の実施形態では、金属はアルミニウムである。一部の実施形態では、金属を多く含むプラスチック廃棄物はアルミニウムを多く含むプラスチック廃棄物である。

【００５３】

通常、金属を多く含むプラスチック廃棄物、例えばアルミニウムを多く含むプラスチック廃棄物は、金属がプラスチック材料内に埋め込まれているか、または結合されており、時にはそれらから分離できないような廃棄物である。金属は通常、廃棄物に添加されるのではなく、プラスチック材料に結合される。しかし、一部の実施形態では、生産能力を高めるとともに処理を安定化させる添加剤として、低品位金属（金属含有パッケージや飲料缶などに使用されるものなど）を添加してもよい。使用する金属の種類およびその量は、金属含有プラスチック廃棄物に含まれる金属の量など、さまざまな要因によって決まる場合がある。

【００５４】

一部の実施形態では、金属は廃棄金属であり、一般廃棄物から選別され、プラスチック廃棄物と組み合わせられる場合がある。通常、金属の量は金属含有の流れの最大30重量％であるが、低品位金属、例えばアルミニウムを添加することでさらに増やすこともできる。したがって、場合によっては少なくとも30重量％となることもある。

プラスチック：金属の負荷比は通常、3:1から15:1の間である。

プラスチック廃棄物は、金属を多く含むプラスチック廃棄物とは異なり、通常はゼロ価状態の金属を含んでいない。しかし、金属塩や金属錯体、酸化物を含んでいる場合がある。

【００５５】

金属を多く含むプラスチック廃棄物は、水と金属を金属酸化物と水素ガスに変換し、水蒸気、各種ガス、熱エネルギーを放出するゼロ価金属の量を含んでいる。これにより、プラスチック廃棄物は液体プラスチック塊と、通常は金属を含まないか、または金属含有量の少ない様々な気体物質に変化する。「金属を含まないか、または「金属含有量の少ない」か、または実質的に金属を含まない廃棄物または液体化された塊は、通常は液体状態のプラスチック塊であり、ゼロ価金属含有量が不足している。これは、金属のほとんどが酸化物、塩、または複合体の形態に変換されているためである。したがって、金属を多く含むプラスチック廃棄物は、本明細書で定義および開示されているとおり、ゼロ価金属を含有している可能性があるが、加工されたプラスチック廃棄物または熱化学反応器で使用されるプラスチック廃棄物は、ゼロ価金属形態をはるかに少ない量しか含有していない可能性があり、したがって、金属を含まない、金属が少ない、または金属を実質的に含まないものとみなされる可能性がある。一部の実施形態では、実質的に「金属を含まない」廃棄物または塊は、ゼロ価金属を10wt％以下、または9、8、7、6、5、4、3、2、1wt％以下で構成してもよい。

【００５６】

本明細書で述べたように、金属を含まないプラスチック廃棄物は、選別済みまたは未選別で使用してもよい。場合によっては、廃棄物の流れにポリ塩化ビニル（ＰＶＣ）が含まれることがあり、その場合、廃棄物中の塩素ガスが水素雰囲気を汚染する可能性がある。そのような場合、水素雰囲気中で塩素ガスが塩化水素に変換されるため、廃棄物は、放出された塩素ガスを溶融、脱ガス、および／または中和することにより前処理することができる。中和は、蒸気を水で洗浄して塩化水素溶液（追加の副生成物として）を生成するか、または苛性溶液中で達成することができる。したがって、いくつかの実施形態では、廃棄物の流れは大気圧で溶融することにより前処理される。

【００５７】
一部の構成では、プラスチック廃棄物は、都市ごみから派生する。廃棄物は、単一のポリマーまたはプラスチック成分、またはポリエチレン（例えば、低密度ポリエチレンまたは高密度ポリエチレン）およびポリプロピレンなどの成分の組み合わせから構成されていてもよい。一部の実施形態では、廃棄物は、さらにＰＶＣ、ポリスチレンおよびＰＥＴを含んでいてもよい。一部の実施形態では、プラスチック廃棄物はＰＶＣを含まない。
【００５８】
例示的な廃棄物の組み合わせは、低密度ポリエチレン（例えば２３ｗｔ％）、高密度ポリエチレン（例えば１９ｗｔ％）、ポリプロピレン（例えば１４ｗｔ％）、ＰＶＣ（例えば６ｗｔ％）、ポリスチレン（例えば９ｗｔ％）およびＰＥＴ（例えば１０ｗｔ％）を含んでいてもよい。
さらに、プラスチック廃棄物はバイオマスと組み合わせてもよい。
【００５９】
本発明はさらに、プラスチック廃棄物などのプラスチック材料の熱化学的リサイクルのための方法（例えば、燃料や石油化学製品への転換）を提供し、その方法は、
-金属を多く含むプラスチック廃棄物を水熱液化して、水素ガスと分解された溶融プラスチック塊および／または気体物質（例えば、プラスチック塊の分解により生成される）を生成する工程、および
-水素ガスと溶融プラスチック塊および／または気体物質の存在下で、金属を含まないプラスチック廃棄物を熱分解して、燃料および石油化学製品を生成する工程を含む。
【００６０】
一部の実施形態では、水素ガスの生成は、分解された溶融プラスチック塊またはプラスチック塊の分解から生じる気体生成物とは別に達成可能である。
本発明はさらに、
-金属を多く含むプラスチック廃棄物と水とを熱反応させて、金属をあまり含まないまたは含まない溶融プラスチック塊、気体生成物、および水素ガスを生成する工程と、
-金属不足または金属を含まないプラスチック固形分の少なくとも一部と水素ガスを、金属を含まないプラスチック廃棄物を含むか、または受け入れるように構成された熱化学分解反応器に移す工程と、
-金属をあまり含まないまたは金属を含まないプラスチックの塊、水素ガス、および金属を含まないプラスチック廃棄物を反応させて、燃料および石油化学製品を生成する工程と、を含む。
【００６１】
さらに、プラスチック廃棄物から燃料および石油化学製品を生成するための連続方法が提供され、この方法は、少なくとも２つの反応容器にプラスチック廃棄物を供給することを含み、第１の容器には金属成分を含まないプラスチック廃棄物を供給し、第２の容器には金属を多く含むプラスチック廃棄物と 、金属を豊富に含むプラスチック廃棄物と水とを、当該金属を豊富に含むプラスチック廃棄物中の金属が水と反応して熱と水素ガスを発生させることを可能にする条件下で供給し、水素ガスの少なくとも一部を第一の容器に移し、熱化学的条件の下で第一の容器内で燃料と石油化学製品を生成することを可能にする。
【００６２】
水素ガス発生装置で使用される水は、あらゆる水源から得ることができる。水は清浄な水である必要はなく、下水、水道水、海水、塩分を多く含む水などでもよい。動作時には、反応器は水蒸気平衡または超臨界状態にある。一部の実施形態では、水素ガス反応器または発生装置で使用される水の量は、金属を多く含む廃棄物に存在する金属の推定量に依存する。通常、金属：水の比率は１：１から１：１０の間で使用される。
【００６３】
一部の実施形態では、水素ガスは、例えば２７０℃から４５０℃の間の温度、および任意選択で例えば６０気圧から２００気圧の間で高められた圧力下で、昇温下で生成される。一部の実施形態では、温度は３００℃から４００℃の間である。

【００６４】
一部の実施形態では、燃料および石油化学製品の生成は、例えば２００℃から４００℃の高温および例えば１０気圧から７０気圧の適度な圧力下で行われる。一部の実施形態では、温度は３００℃から３５０℃の間である。一部の実施形態では、この方法はプラスチック廃棄物を容器に投入することを含む。いくつかの実施形態では、この方法は、金属含有プラスチック廃棄物を、金属を含まないプラスチック廃棄物から分離するために廃棄物を選別することを含む。
【００６５】
本発明はさらに、炭化水素および潜在的にバイオマスからなるプラスチック廃棄物から水素ガスおよび留出物を回収するための統合熱化学方法を提供し、この方法は、
-a-金属を多く含むプラスチック廃棄物を第１の反応器に投入し、水を存在させ、２７０℃から４５０℃の方法値の範囲内の温度で処理し、少なくとも水素ガスと水蒸気を得る工程と、
-b-プラスチック廃棄物を第２の反応器に投入し、２００℃から４００℃の方法値の範囲内の温度で処理する工程と、
-c-第二反応器に第一反応器で生成された少なくとも水素ガスおよび水蒸気の量を供給する工程と、を含み、ステップaおよびb、またはbおよびcは同時にまたは連続して発生する。
【００６６】
いくつかの実施形態では、この方法は、少なくとも1つの金属を多く含むプラスチック廃棄物の原料を提供することを含み、ここで、原料は水と予備混合されるか、または水を含む第１反応器に供給される。
【００６７】
いくつかの実施形態では、金属を多く含むプラスチック廃棄物は、金属廃棄物の原料および金属を含まないプラスチック廃棄物の原料として提供され、それぞれが別個に別個の反応器に供給される。一部の実施形態では、金属廃棄物を供給された反応器は、水素ガスおよび蒸気を生成するために水を含有し、前記金属を含まないプラスチック廃棄物を供給された反応器は、溶融プラスチック塊および気体生成物を生成するように動作可能であり、ここで、前記水素ガス、蒸気、溶融プラスチック塊および気体生成物は、第２の反応器に供給される。
【００６８】
さらに、この発明は、プラスチック廃棄物由来の原料から改良された燃料および石油化学組成物を得るための統合熱化学方法を提供する。この方法は、金属を多く含むプラスチック廃棄物由来の原料を水と反応させて水素ガス組成物（溶融プラスチック塊、水蒸気、気体生成物、および金属酸化物からなる）を得る水素化処理工程と、水素ガス組成物を使用してプラスチック廃棄原料を熱化学的に分解し、それにより改良された燃料および石油化学組成物を生成する工程と、を含む。
【００６９】
この発明の方法およびシステムは、水素ガスの外部添加を含まない。この発明の方法で利用される水素ガスはすべて、定義された水素ガス反応器または発生器でその場で発生する。さらに、熱化学分解で利用されるエネルギーはすべて、本明細書で開示されているように、水素発生器でその場で発生し、熱化学分解ユニットに移送される。
【００７０】
いくつかの実施形態では、この発明の方法は、定義されたこの発明のシステム上で実施される。
【００７１】
本発明の方法は熱的に作用し、触媒の使用を必要としない。しかしながら、選択性、収率を向上させ、操作温度を低下させるために、任意の方法段階で触媒を使用してもよい。プラスチック分解触媒は、ゼオライトおよび二機能水素化／水素分解触媒、例えばゼオライトおよびＦＣＣの中から選択してもよい。触媒の量は、０.１ｗｔ％よりも小さくてもよい。

【００７２】
場合によっては、水素ガス発生装置における水素ガス生成の触媒として、少量のＮａＯＨを追加または代替的に使用してもよい。ＮａＯＨの量は、金属を多く含む廃棄物の金属成分上に存在する酸化被膜を剥離または除去し、水素ガス発生方法を促進するように選択することができる。ＮａＯＨの代わりに、またはＮａＯＨに加えて、他の苛性物質を使用してもよい。腐食性物質またはＮａＯＨの量は、０.１重量％より少ない場合もあり、０.１～５重量％の場合もある。
【００７３】
この発明の方法によって生成される生成物は、気体、液体、固体のいずれかであり、一般に燃料および石油化学製品と呼ばれ、それぞれ５～５０重量％、５～５０重量％、０～１０重量％の範囲である。金属酸化物などの副生成物が生成される場合もある。気体生成物には、炭素原子１～４個を含む低炭素含有量製品や水素ガスが含まれる場合がある。液体生成物は、熱分解油から水素化熱分解油留分（ナフサからジェット燃料まで）まで多岐に亘る。固体生成物には、不活性環境下での熱分解による重質ワックス生成物や灰分が含まれる場合があり、また、水素化分解の場合は完全に含まれない場合もある。
【００７４】
したがって、この発明の方法およびシステムによって生成される燃料および石油化学製品は、オレフィン、芳香族、パラフィン、イソパラフィン、ナフテン、重質炭化水素など、いずれであってもよい。生成物の選択および収率は、分解方法条件、加熱速度、原料組成、およびその他の方法パラメータに依存する場合がある。
この発明は、プラスチック材料の熱化学的リサイクルのためのシステムであって、金属を多く含むプラスチック廃棄物を受け入れ、水素ガス、加熱分解プラスチック塊、および気体物質を生成するために金属を多く含むプラスチック廃棄物を水素化処理するように構成および動作可能な第１の容器（反応器）と、
プラスチック廃棄物および少なくとも前記水素ガスの量を、任意で、第１の容器からの加熱分解プラスチック塊および気体物質と、水素ガスの存在下でプラスチック廃棄物を熱分解し、任意で、加熱分解プラスチック塊および気体物質を、留出物を生成するように構成及び動作可能な第１の容器（反応器）と、
水素ガス、および任意で、第１の容器からの加熱分解プラスチック塊および気体物質を第２の容器に導く手段と、を備える。
【００７５】
場合によっては、第１の容器（反応器）は２つ以上の反応器として提供され、それぞれが金属を豊富に含むプラスチック廃棄物の異なる成分を受け取るように構成される。
【００７６】
場合によっては、２つ以上の反応器のうちの１つは、プラスチック廃棄物を受け取り、これを熱的に変換して溶融プラスチックと気体生成物にするように構成され、２つ以上の反応器のうちの別のものは、金属廃棄物と水を受け取り、水素ガスを生成するように構成される。
【００７７】
場合によっては、第２の容器は、水素ガスの単一の流れ、および任意で加熱された溶融プラスチックおよび気体生成物、または溶融プラスチックおよび気体生成物の流れと水素ガスおよび蒸気の別の流れを受け取るように構成される。
【００７８】
場合によっては、２つ以上の反応器からなる容器（反応器）配置を備えるシステムであって、前記２つ以上の反応器のうちの１つは、金属を含まないプラスチック廃棄物を受け入れ、該金属を含まないプラスチック廃棄物を熱処理して加熱された溶融プラスチック塊および気体生成物を生成するように構成されており、前記２つ以上の反応器のうちの２つ目は、金属廃棄物を受け入れ、水の存在下で該金属廃棄物を水素化処理して水の存在下で水素ガスを発生させるために金属廃棄物を受け入れ、水素ガス、蒸気、および任意で加熱された溶融プラスチック塊および気体生成物の存在下でプラスチック廃棄物を熱分解する

ように構成された第２の容器（反応器）と、第１の容器の配置から第2の容器に水素ガス、および任意で加熱された分解プラスチック塊および気体生成物を導く手段とを備える。

【００７９】

場合によっては、このシステムは、金属を多く含むプラスチック廃棄物を第1容器に供給するように構成された金属を多く含むプラスチック廃棄物の流れに関連付けられる。

【００８０】

場合によっては、このシステムは、金属およびプラスチック廃棄物の２つの独立した流れに関連付けられる。

【００８１】

場合によっては、このシステムは、プラスチック廃棄物を第2容器に供給するように構成されたプラスチック廃棄物の流れに関連付けられる。

【００８２】

場合によっては、プラスチック廃棄物を連続的に熱化学変換して留出物を得るようにシステムが構成される。

【００８３】

また、２つ以上の反応器からなり、そのうち少なくとも１つが水素ガス発生器であり、前記２つ以上の反応器のうちの別のものが熱化学分解反応器であるシステムも提供され、水素ガス発生器と熱化学分解反応器は、水素ガスおよび／または溶融プラスチック塊と水素ガス発生器からの気体生成物を熱化学分解反応器に移送することを可能にする物質および／または熱伝達関係にある。

【００８４】

場合によっては、システムは、蒸気の分別分離のための熱伝達ユニットおよび下流システムを備える。

【００８５】

場合によっては、水素ガス発生器と熱化学反応器は、加熱されたパイプラインを介して関連付けられる。

【００８６】

場合によっては、プラスチック対金属の負荷比（プラスチック：金属）は、3:1から15:1の間である。

【００８７】

金属を多く含むプラスチック廃棄物中の金属がアルミニウムである場合もある。

【００８８】

プラスチック廃棄物を高価値製品に転換するための統合熱化学方法を稼働させるためのプラントが提供され、そのプラントは、

-主に金属を多く含むプラスチック廃棄物の水素化処理を行い、水素ガス、蒸気、加熱プラスチック塊、気体生成物、金属酸化物を得るための第1のヒーターを備えた第1の反応器と、

-プラスチック廃棄物の熱化学分解用の第２反応炉であって、第２ヒーターを備え、第１反応炉に少なくとも１本のパイプで接続され、外部の原料または供給源からプラスチック廃棄物を個別に受け取り、水素ガス、蒸気、加熱プラスチック塊、第１反応炉で生成された気体生成物、および生成物を受け取る、第２反応炉と、

-第1の反応器から熱を受け取り、水素化処理段階で生成された熱を方法内で回収するために、その熱を第2の反応器に伝達するように構成されている熱交換ユニットと、を備える。

【００８９】

場合によっては、前記水素化処理および熱化学分解方法の温度を少なくとも調整するために、前記第１および第２のヒーターに接続された電気制御盤を含むプラントまたはシステムである。

【００９０】

また、プラスチック材料の熱化学リサイクルのための方法も提供され、その方法は、

金属を多く含むプラスチック廃棄物と水とを水熱液化（または金属水反応）して、水素ガス、蒸気、加熱された溶融プラスチック塊、および気体生成物を生成する工程と、
金属を含まないプラスチック廃棄物を、水素ガスおよび任意で蒸気の存在下で、加熱された溶融プラスチック塊および気体生成物とともに熱分解する工程と、を含み、前記水熱液化および熱分解は、熱化学システム内の別個の容器内で実施され、これにより燃料および石油化学製品が生成される。

【００９１】

場合によっては、水素ガスの生成は、溶融プラスチック塊および気体生成物の生成とは別に達成可能である。

【００９２】

また、プラスチック材料の熱化学的リサイクルのための方法も提供されており、その方法は、
金属を多く含むプラスチック廃棄物と水を熱反応させて、金属をほとんど含まない、または含まない溶融プラスチック塊、気体生成物、水素ガスを生成する工程と、
水素ガスの少なくとも一部、および任意で金属をあまり含まないまたは金属を含まないプラスチック塊および気体生成物を、金属を含まないプラスチック廃棄物を含む熱化学分解反応器に移行させる工程と、
水素ガスの存在下で少なくとも金属を含まないプラスチック廃棄物を反応させて、燃料および石油化学製品を生成する工程と、を含む。

【００９３】

場合によっては、水は下水、水道水、海水、または塩分を多く含む水である。
場合によっては、金属と水の重量比は1:1から1:10の間である。
場合によっては、水素ガスは270℃から450℃の温度で生成され、任意で60から200気圧の圧力下で生成される。
燃料および石油化学製品の生成は、200℃から400℃の温度および10気圧から70気圧の圧力で行われる場合もある。

【００９４】

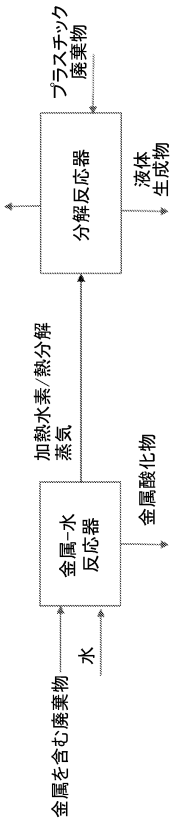
炭化水素および潜在的にバイオマスからなるプラスチック廃棄物から水素ガスおよび留出物を回収するための統合熱化学方法が提供され、その方法は、
-a-金属を多く含むプラスチック廃棄物を第１の反応器に投入し、水を存在させ、270℃以上450℃以下の方法値の範囲内で維持される温度で、少なくとも水素ガスと水蒸気を得るために当該廃棄物を処理する工程と、
-b-プラスチック廃棄物の量を200℃から400℃の間の工程値の範囲内で第２の反応器に供給する工程と、
-c-第１の反応器で生成された少なくとも水素ガスおよび水蒸気の量を第２の反応器に供給する工程と、を含み、
工程aおよびb、またはbおよびcは同時にまたは連続して行われる。

【００９５】

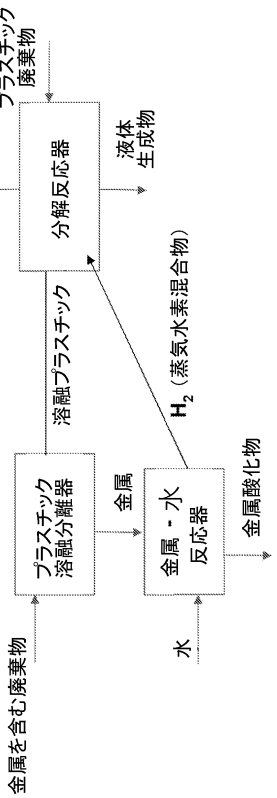
場合によっては、この方法は、本発明によるシステム上で実施される。

【図面】

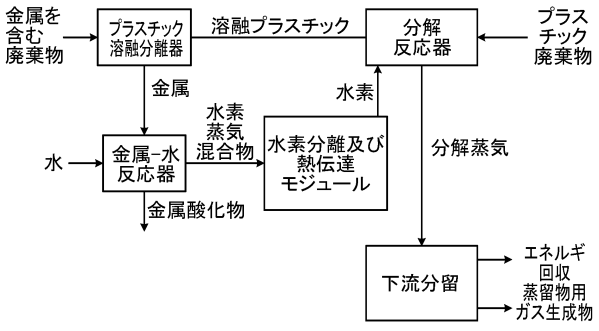
【図１Ａ】



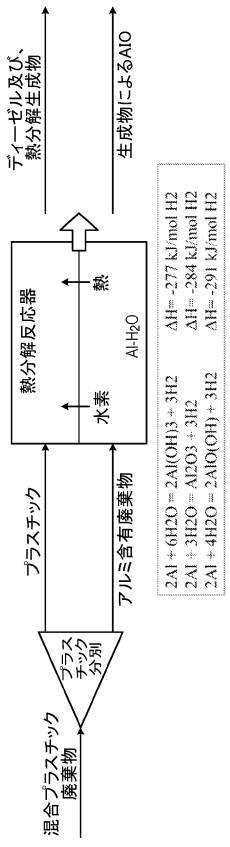
【図１Ｂ】



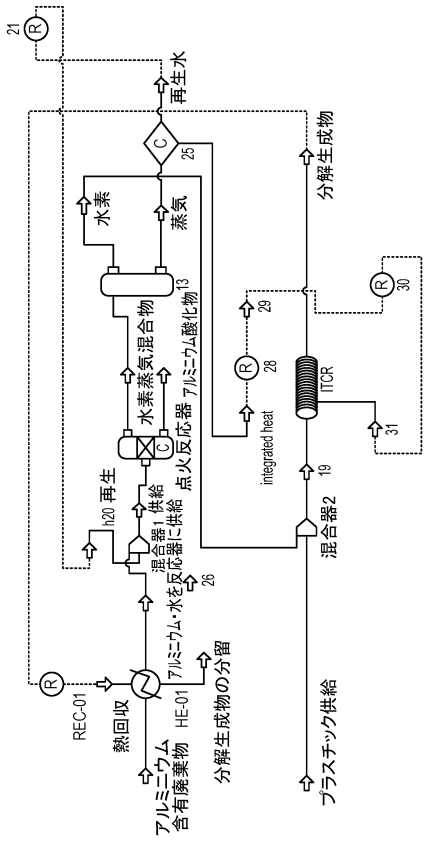
【図１Ｃ】



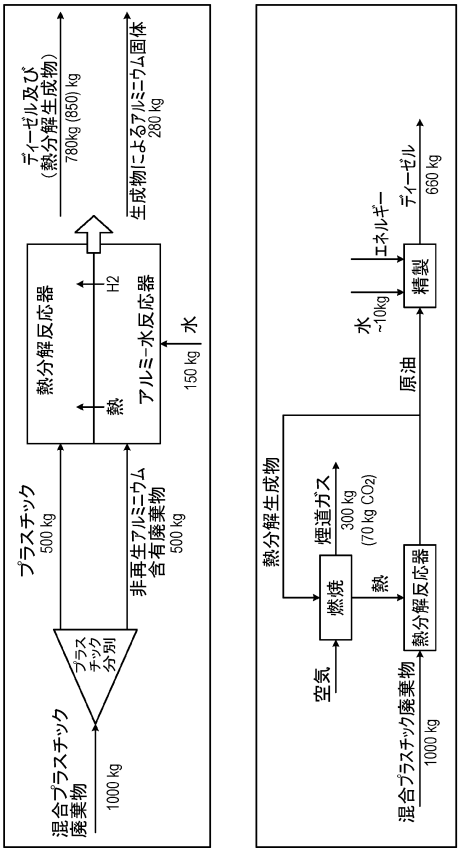
【図２】



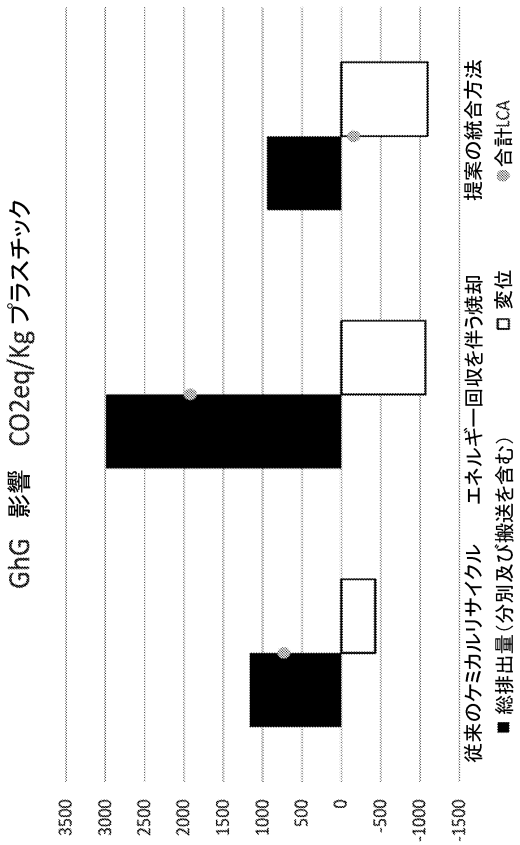
【図３】


21
再生水
水素
蒸気
水素蒸気混合物
アルミニウム酸化物
13
25
点火反応器
混合器1
供給
h20 再生
混合器に供給
アルミニウム・水を反応器に
26
分解生成物の分留
HE-01
熱回収
REC-01
アルミニウム
含有廃棄物
integrated heat
28
29
ITCR
19
混合器2
30
31
分解生成物
プラスチック供給

【図４】


ディーゼル及び
(熱分解生成物)
780kg (850) kg
生成物によるアルミニウム固体
280 kg
熱分解反応器
H2
熱
アルミ－水反応器
150 kg
水
プラスチック
500 kg
プラス
チック
分別
非再生アルミニウム
含有廃棄物
500 kg
混合プラスチック
廃棄物
1000 kg
熱分解生成物
煙道ガス
300 kg
(70 kg CO2)
燃焼
熱
空気
水
~10kg
エネルギー
精製
ディーゼル
660 kg
原油
熱分解反応器
混合プラスチック廃棄物
1000 kg

【図５】


GhG 影響 CO2eq/Kg プラスチック
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
0
-500
-1000
-1500
従来のケミカルリサイクル
エネルギー回収を伴う焼却
提案の統合方法
■ 総排出量（分別及び搬送を含む）
□ 変位
◍ 合計LCA

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/IL2023/050302

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. C10B53/07 C10G1/00 C10G1/06 C10L9/08 B01J3/00
ADD.

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)
C10B C10G C10L B01J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CA 2 816 195 A1 (BFCC TECH LTD [CA]) 22 November 2014 (2014-11-22) paragraphs [0006], [0007], [0009] - [0011]; claims 1-28; figures 1,2	1-25
X	US 10 544 936 B1 (DA IGREJA HÉLIO [BR]) 28 January 2020 (2020-01-28) column 7, line 10 - column 9, line 23; figures 1A, 1B column 2, lines 5-22	1-25
X	US 2020/362248 A1 (CARTOLANO ANTHONY [US] ET AL) 19 November 2020 (2020-11-19) paragraphs [0053], [0054], [0059] - [0061]; claims; figures 1,5	1-25

-/--

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C. [X] See patent family annex.

* 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
14 June 2023	16/02/2024

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Bertin, Séverine

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/IL2023/050302

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Anonymous: "Hydrotreating - an overview | ScienceDirect Topics", Bioresource technology, 1 January 2015 (2015-01-01), XP93054054, Retrieved from the Internet: URL:https://www.sciencedirect.com/topics/chemical-engineering/hydrotreating [retrieved on 2023-06-13] the whole document -----	1-25
A	US 2018/002609 A1 (NARAYANASWAMY RAVICHANDER [IN] ET AL) 4 January 2018 (2018-01-04) abstract; claims; figures -----	1-25

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/IL2023/050302

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
CA 2816195 A1	22-11-2014	CA 2816195 A1	22-11-2014
		CN 105121604 A	02-12-2015
		WO 2014187910 A2	27-11-2014
US 10544936 B1	28-01-2020	AR 117249 A1	21-07-2021
		BR 112020002113 A2	13-07-2021
		TW 202026346 A	16-07-2020
		US 10544936 B1	28-01-2020
		UY 4766 U	31-12-2020
		WO 2020113293 A1	11-06-2020
US 2020362248 A1	19-11-2020	EP 3969544 A1	23-03-2022
		JP 2022533116 A	21-07-2022
		US 2020362248 A1	19-11-2020
		WO 2020231488 A1	19-11-2020
US 2018002609 A1	04-01-2018	NONE	

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (April 2005)

フロントページの続き

,MC,ME,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,CV,CZ,DE,DJ,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IQ,IR,IS,IT,JM,JO,JP,KE,KG,KH,KN,KP,KR,KW,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LU,LY,MA,MD,MG,MK,MN,MU,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RU,RW,SA,SC,SC,SD,SE,SG,SK,SL,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,WS,ZA,ZM,ZW

Fターム（参考） 4F401 AA09 AA10 AA11 AA13 AA22 BA01 BA06 CA08 CA22 CA33 CA58 CA70 CA73 CA75 EA07 EA44 EA46 EA47 EA48 EA77
4G140 BA02 BB03
4H129 AA01 BA04 BB05 NA20 NA21 NA22 NA23