(19)日本国特許庁(JP)　(12)公表特許公報(A)　(11)公表番号
特表2025-519604
(P2025-519604A)
(43)公表日　令和7年6月26日(2025.6.26)

(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
Ｃ１０Ｇ	*45/08 (2006.01)*	Ｃ１０Ｇ	45/08	４Ｇ１６９
Ｃ１０Ｇ	*45/10 (2006.01)*	Ｃ１０Ｇ	45/10	４Ｈ０１２
Ｃ１０Ｂ	*53/07 (2006.01)*	Ｃ１０Ｂ	53/07	４Ｈ１２９
Ｃ０８Ｊ	*11/12 (2006.01)*	Ｃ０８Ｊ	11/12	ＺＡＢ

審査請求　未請求　予備審査請求　未請求　（全33頁）　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2024-572638(P2024-572638)
(86)(22)出願日　令和5年6月8日(2023.6.8)
(85)翻訳文提出日　令和7年1月27日(2025.1.27)
(86)国際出願番号　PCT/GB2023/051494
(87)国際公開番号　WO2023/237886
(87)国際公開日　令和5年12月14日(2023.12.14)
(31)優先権主張番号　2208414.9
(32)優先日　令和4年6月8日(2022.6.8)
(33)優先権主張国・地域又は機関
英国(GB)
(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　524452576
アバンディア プラスティックス ユーロップ リミテッド
ＡＢＵＮＤＩＡ ＰＬＡＳＴＩＣＳ ＥＵＲＯＰＥ ＬＩＭＩＴＥＤ
イギリス国 ８エルエー ビーティ―２ ベルファスト クロマック スクウェア フォーシス ハウス
(74)代理人　100107984
弁理士　廣田 雅紀
(74)代理人　100182305
弁理士　廣田 鉄平
(74)代理人　100096482
弁理士　東海 裕作
(74)代理人　100131093
最終頁に続く

(54)【発明の名称】　プラスチックの熱分解からナフサ及び軽油を産生するための方法

(57)【要約】
本発明は、ポリマーフィードから炭化水素生成物を産生することに関する。特に、本発明は、熱分解、及び熱分解からの流体生成物流の水素化によって、ポリマーフィードからナフサ及び軽油を産生することに関する。

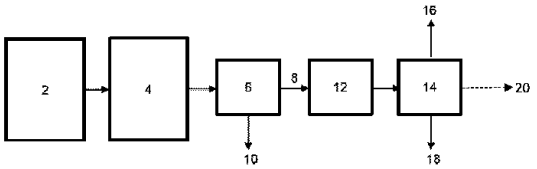

Figure 9

【特許請求の範囲】
【請求項１】
ポリマーフィードからナフサ及び軽油を産生するための方法であって、
（ｉ）少なくとも８０重量％のポリオレフィンポリマーを含むポリマーフィードを準備するステップ、
（ii）前記ポリマーフィードを溶融して、溶融ポリマーフィードを準備するステップ、
（iii）前記溶融ポリマーフィードを、複数の逐次加熱ゾーンを含むロータリーキルン反応器に送るステップであり、前記ロータリーキルンの各ゾーンが、３００℃～８００℃の温度で動作させられて、前記溶融ポリマーフィードを熱分解し、流体生成物流及び固体チャー生成物を産生する、ステップ、
（iv）前記流体生成物流から前記固体チャー生成物を分離するステップ、
（ｖ）C_{5+}炭化水素を含む前記流体生成物流の液体画分を水素化反応器に送り、前記液体画分を水素化して、水素化炭化水素生成物流を産生するステップ、
（vi）前記水素化炭化水素生成物流を分画して、C_{5-20}炭化水素を含む軽質水素化画分を産生するステップ、
（vii）前記軽質水素化画分を水素化分解して、C_{5-10}炭化水素が強化された軽質炭化水素生成物流を産生するステップ、並びに
（viii）（vii）からの前記軽質炭化水素生成物流を分画して、ナフサ画分と軽油画分とを産生するステップ
を含む、前記方法。
【請求項２】
C_{5-10}炭化水素が強化された軽質炭化水素生成物流からケロシン画分を得るステップをさらに含む、請求項１に記載の方法。
【請求項３】
ケロシン画分が、（vii）からの軽質炭化水素流を分画するステップによって得られる、請求項２に記載の方法。
【請求項４】
水素化炭化水素生成物流を分画するステップが、分留カラムで分画することを含む、請求項１～３のいずれかに記載の方法。
【請求項５】
ロータリーキルンが４つ又は５つ以上の逐次加熱ゾーンを含む、請求項１～４のいずれかに記載の方法。
【請求項６】
ロータリーキルンが窒素雰囲気下に維持される、請求項１～５のいずれかに記載の方法。
【請求項７】
ロータリーキルンが、ほぼ大気圧、又は絶対圧で０．９ｂａｒ以上、例えば絶対圧で０．９５ｂａｒ以上のわずかな陰圧で動作させられる、請求項１～６のいずれかに記載の方法。
【請求項８】
ロータリーキルンの各ゾーンが、３１０℃～７２０℃、好ましくは４００℃～６５０℃の温度で動作させられる、請求項１～７のいずれかに記載の方法。
【請求項９】
複数のゾーンのうちの最終ゾーンが、他の加熱ゾーンよりも高温に加熱され、好ましくは、複数の加熱ゾーンが、１つ又は２つ以上のゾーンで３１０℃～６００℃で動作させられ、後続の最終ゾーンは４８０℃～７００℃で動作させられる逐次ゾーンを含む、請求項１～８のいずれかに記載の方法。
【請求項１０】
ポリマーフィードが、少なくとも８５重量％のポリオレフィンポリマー、好ましくは少なくとも９０重量％のポリオレフィンポリマー、より好ましくは少なくとも９５重量％の

ポリオレフィンポリマー、例えば少なくとも９９重量％のポリオレフィンポリマーを含む、請求項１～９のいずれかに記載の方法。

【請求項１１】

ポリオレフィンポリマーがポリエチレン及びポリプロピレンを含む、又はこれらから本質的になり、例えば、前記ポリオレフィンポリマーが、少なくとも９０重量％のポリエチレン及びポリプロピレン、好ましくは少なくとも９５重量％のポリエチレン及びポリプロピレン、例えば少なくとも９９重量％のポリエチレン及びポリプロピレンを含む、請求項１～１０のいずれかに記載の方法。

【請求項１２】

ポリマーフィードが溶融押出機で溶融される、請求項１～１１のいずれかに記載の方法。

【請求項１３】

溶融押出機が、２５０℃～３５０℃、好ましくは２６５℃～３２５℃の温度に加熱される、請求項１２に記載の方法。

【請求項１４】

酸化カルシウムがポリマーフィードに、好ましくは最大３重量％の量で加えられる、請求項１～１３のいずれかに記載の方法。

【請求項１５】

非凝縮性気体画分の少なくとも一部が、ロータリーキルンを加熱するために、及び／又はポリマーフィードを溶融するために再利用される、請求項１～１４のいずれかに記載の方法。

【請求項１６】

固体チャー生成物が、キルンからの排出物の１５重量％以下、好ましくは１０重量％以下を占める、請求項１～１５のいずれかに記載の方法。

【請求項１７】

ステップ（ｖ）における水素化反応器が、固定床反応器、好ましくは灌液床反応器を含む、請求項１～１６のいずれかに記載の方法。

【請求項１８】

固体チャー生成物が、少なくとも部分的には、デカンタ遠心分離又はトリカンタ遠心分離によって流体生成物流から分離される、請求項１～１７のいずれかに記載の方法。

【請求項１９】

流体生成物流が、非凝縮性気体画分及びC_{5+}炭化水素を含む液体画分を含み、前記非凝縮性気体画分が、ステップ（ｖ）の前に前記液体画分から分離される、請求項１～１８のいずれかに記載の方法。

【請求項２０】

水素化触媒が金属触媒であり、好ましくは、前記金属水素化触媒が、周期表のVIII族から選択される金属を含み、好ましくは、前記触媒がＦｅ、Ｃｏ、Ｎｉ、Ｒｕ、Ｒｈ、Ｐｄ、Ｏｓ、Ｉｒ及び／若しくはＰｔ、例えば、Ｎｉ、Ｃｏ、Ｍｏ、Ｗ、Ｃｕ、Ｐｄ、Ｒｕ、Ｐｔを含む触媒を含み、好ましくは、前記触媒がＣｏＭｏ、ＮｉＭｏ若しくはＮｉから選択され、より好ましくは、前記触媒がＮｉＭｏである；並びに／又は前記触媒が、好ましくはボーキサイト、アルミナ、シリカ、シリカ－アルミナ若しくはゼオライトから選択される担体、好ましくはアルミナ上に担持されている、請求項１～１９のいずれかに記載の方法。

【請求項２１】

C_{5-20}炭化水素を含む軽質水素化画分が、さらなる分画するステップを受けて、粗製C_{5-10}炭化水素画分、粗製C_{10-20}炭化水素画分、及び／又は粗製C_{8-16}炭化水素画分を少なくとも部分的に分離し、残りの軽質水素化C_{5-20}炭化水素が水素化分解ステップに進む、請求項１～２０のいずれかに記載の方法。

【請求項２２】

少なくとも部分的に分離された粗製炭化水素画分の１つ又は２つ以上が、化石燃料材料

とブレンドされる、請求項２１に記載の方法。
【請求項２３】
化石燃料材料がナフサ、ケロシン又は軽油から選択される、請求項２２に記載の方法。
【請求項２４】
C_{5-10}、C_{8-16}及び／又はC_{10-20}粗製炭化水素画分の８０重量％以下、好ましくは７０重量％以下、より好ましくは５０重量％以下が、C_{5-20}炭化水素を含む軽質水素化画分から分離される、請求項２１～２３のいずれかに記載の方法。
【請求項２５】
水素化分解するステップが、軽質水素化画分を水素化分解触媒と、２５０℃～４００℃、好ましくは３００～３５０℃の温度で、及び／又は３～１０ＭＰａ、好ましくは４～８ＭＰａの圧力で、接触させることを含む、請求項１～２４のいずれかに記載の方法。
【請求項２６】
ポリマーフィードからナフサ及び軽油を産生するための装置であって、
（ｉ）少なくとも８０重量％のポリオレフィンポリマーを含むポリマーフィードを溶融して、溶融ポリマーフィードを準備するための手段、
（ii）パート（ｉ）からの前記溶融ポリマーフィードを受け入れるように構成されたロータリーキルン反応器であり、複数の逐次加熱ゾーンを提供するように構成され、前記ロータリーキルンの各ゾーンが、３００℃～８００℃の温度で動作させられて、前記溶融ポリマーフィードを熱分解し、流体生成物流及び固体チャー生成物を産生するように構成された、前記ロータリーキルン反応器、
（iii）前記流体生成物流から前記固体チャー生成物を分離するための手段、並びに
（iv）パート（iii）からのC_{5+}炭化水素を含む前記流体生成物流の液体画分を受け入れ、前記液体画分を水素化して、水素化炭化水素生成物流を産生するように構成された水素化反応器、
（ｖ）前記水素化炭化水素生成物流を分画して、C_{5-20}炭化水素を含む軽質水素化画分を産生するための手段、
（vi）水素の存在下、前記軽質水素化画分を触媒的にクラッキングして、C_{5-10}炭化水素が強化された軽質炭化水素生成物流を産生するように構成された水素化分解反応器、並びに
（vii）（vi）からの前記軽質炭化水素生成物流を分画して、ナフサ画分と軽油画分とを産生するための手段
を含む、前記装置。
【請求項２７】
C_{5-10}炭化水素が強化された軽質炭化水素生成物流からケロシン画分を得るための手段を含む、請求項２６に記載の装置。
【請求項２８】
パート（vii）における軽質炭化水素生成物流を分画するための手段が、ケロシン画分を産生するように配列された、請求項２７に記載の装置。
【請求項２９】
水素化炭化水素生成物流を分画するための手段が、水素化反応器からの水素化炭化水素生成物流を受け入れるように構成された分留カラムを含む、請求項２６～２８のいずれかに記載の装置。
【請求項３０】
粗製C_{5-10}炭化水素画分、粗製C_{10-20}炭化水素画分、及び／又は粗製C_{8-16}炭化水素画分を少なくとも部分的に分離するための、C_{5-20}炭化水素を含む軽質水素化画分を分画するための手段をさらに含む、請求項２６～２９のいずれかに記載の装置。
【請求項３１】
C_{5-20}炭化水素を含む軽質水素化画分を分画するための手段が、パート（ｖ）において産生された軽質水素化画分を受け入れるように構成された分留カラムを含む、請求項

３０に記載の装置。
【請求項３２】
ロータリーキルンが、４つ又は５つ以上の逐次加熱ゾーンを提供するように構成され、好ましくは、前記ロータリーキルンが、請求項６～９のいずれかに記載の通り動作するように構成されている、請求項２６～３１のいずれかに記載の装置。
【請求項３３】
ポリマーフィードを溶融するための手段が、溶融押出機を含み、好ましくは、２５０℃～３５０℃、好ましくは２６５℃～３２５℃の温度で前記ポリマーフィードを加熱するように構成されている、請求項２６～３２のいずれかに記載の装置。
【請求項３４】
ロータリーキルンを加熱するために、及び／又はポリマーフィードを溶融するために水素化生成物流の気体画分を再利用するように構成されている、請求項２６～３３のいずれかに記載の装置。
【請求項３５】
パート（iv）における水素化反応器が灌液床反応器を含み、好ましくは、触媒が請求項２０に記載の通りである、請求項２６～３４のいずれかに記載の装置。
【請求項３６】
流体生成物流から固体チャー生成物を分離するための手段が、前記流体生成物流をロータリーキルンから受け入れるために、デカンタ遠心分離若しくはトリカンタ遠心分離を含む、並びに／又は前記ロータリーキルンからのチャー放出口、及び前記チャー放出口とは別に、前記ロータリーキルンからの蒸発物放出口を含む、請求項２６～３５のいずれかに記載の装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、ポリマーフィードから炭化水素生成物を産生することに関する。特に、本発明は、熱分解、及び熱分解からの流体生成物流の水素化によって、ポリマーフィードからナフサ及び軽油(diesel)を産生することに関する。
【背景技術】
【０００２】
プラスチックは、安い価格及び多様性に起因して、最も一般に使用される材料の１つである。これらはしばしば、１回の使用目的のために産生され、生じる商業廃棄物及び家庭廃棄物の約１０％を占める。
【０００３】
プラスチック廃棄物は、生分解性ではなく、適切な方法を使用して処分されなければ数世紀にわたって環境に残りうるため、特有の問題をもたらす。プラスチック廃棄物を取り扱うために現在広く使用されている方法としては、埋め立て、焼却及び再利用が挙げられる。現在の再利用及び焼却施設の能力は、埋め立て能力と比較して小さいため、大部分のプラスチック廃棄物は埋め立てられることになる。これは、再利用の増大及び環境的プロセスの使用に向けた現在の取り組みとは整合しない。
【０００４】
焼却では、プラスチック中に貯蔵されたエネルギーの一部が、蒸気を生成するために使用することができる熱エネルギーの形態で戻ってくるが、これを使用して、電気を発生させることができる。焼却法の最大の欠点の１つは、発がん性のフラン及びダイオキシン放出物の産生である。焼却法の別の欠点は、生成物の形態である。焼却は熱を生じるが、長距離を輸送する場合はそのエネルギーを失うため、近接する領域で利用できるにすぎない。
【０００５】
プラスチック廃棄物は、新たなプラスチック製品を産生するために再利用することもでき、新たなプラスチック製品を産生するために使用することができるプラスチック材料を

回収する。しかしながら、プラスチックの再利用には、時間と、労働集約的な収集及び分別とを要し、これによって、方法は、技術的及び経済的実現性が低い。プラスチックの分別は困難であり、交差汚染がほぼ常に避けられず、低グレード用途にのみ使用することができる再利用製品が産生される。再利用法を行う前の徹底的な洗浄も必要であり、さらなる廃棄物が産生される。

【０００６】

プラスチックの熱分解は、排出する不純物を最小限にしながら、廃棄物プラスチックからエネルギーを気体、液体及び固体形態で回収するため、最も有望なプラスチック処分法の１つである。熱分解とは、酸素の非存在下、高温での材料の熱的分解である。したがって、燃焼も酸化も起こらない。プラスチックの熱分解では、プラスチック廃棄物が高温に加熱されて、廃棄物が可燃性の気体、液体及び固体生成物に分解される。

【０００７】

熱分解は、プラスチック廃棄物からエネルギーを回収するため、又はエネルギー源及び化学供給原料などの有用な生成物を産生するための優れた方法として目下考えられている、第３の再利用法である。焼却と比較して、熱分解は、産生する有毒気体が少なく、より高いエネルギー回収効率を有する。熱分解生成物は、焼却中に産生される熱エネルギーと比較して、遥かに融通も利き、輸送が容易である。

【０００８】

熱分解はまた、プラスチックの再利用ほどプラスチックの交差汚染の影響を受けづらく、そのため、徹底的な分別処理を要しないので、プラスチックの再利用よりも実現性が高い。熱分解は、その気体状副生成物さえも著しい発熱量を有し、熱分解段階で再使用して、熱分解プラントに対して必要とするエネルギーを減少させることができるため、有望なグリーンテクノロジーとして考えられている。

【０００９】

プラスチックの熱分解は、典型的には、特定の所望の製品、例えばワックスの収率を最大化するために、熱分解中に適用される条件に焦点を合わせてきた。熱分解処理を最適化して得られる生成物の分配を単純に分画することを除いて、下流での分離はほとんど検討されてこなかった。しかしながら、生成物収率及び生成物の組成に影響を及ぼす種々の因子（例えば、動作温度、熱消費率、保持時間を含む）は多数あるが、これらを調節すると、典型的には、分配をより軽量の生成物に移動させて、非凝縮性気体での損失が増加するか、又はより軽量の画分を犠牲に産生される長い炭素鎖のワックスに移動する。これによって、分離及び収集が困難又はあまりに非効率な、標的生成物の外にある炭化水素画分の量が少ない、特定の所望の生成物に向けて、生成物の分配を移動させるための熱分解条件の調整を妥協することになる。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【００１０】

したがって、プラスチックの熱分解から有用な生成物流がより効率的に得られるように設計された、新たな方法を開発することが望ましい。

【課題を解決するための手段】

【００１１】

驚くべきことに、ロータリーキルン反応器において制御熱分解を実行し、さらなる処理の前に、反応器から得られる熱分解生成物を水素化することによって、熱分解処理による炭化水素生成物の分配が改善されうることが見出された。特に、本方法は、驚くべきことに、熱分解から、より重質の炭化水素生成物から分離されるナフサと軽油とを組み合わせて含有する画分の水素化分解を実行すると、互いから効率的に分離することができる、有利な収率のナフサ及び軽油をもたらすことが見出された。

【００１２】

したがって、本発明の態様は、ポリマーフィードからナフサ及び軽油を産生するための方法であって、

（ｉ）少なくとも８０重量％のポリオレフィンポリマーを含むポリマーフィードを準備するステップ、
（ii）ポリマーフィードを溶融して、溶融ポリマーフィードを準備するステップ、
（iii）溶融ポリマーフィードを、複数の逐次加熱ゾーンを含むロータリーキルン反応器に送るステップであり、ロータリーキルンの各ゾーンが、３００℃～８００℃の温度で動作させられて、溶融ポリマーフィードを熱分解し、流体生成物流及び固体チャー生成物を産生する、ステップ、
（iv）流体生成物流から固体チャー生成物を分離するステップ、
（ｖ）C_{5+}炭化水素を含む流体生成物流の液体画分を水素化反応器に送り、液体画分を水素化して、水素化炭化水素生成物流を産生するステップ、
（vi）水素化炭化水素生成物流を分画して、C_{5-20}炭化水素を含む軽質（light）水素化画分を産生するステップ、
（vii）軽質水素化画分を水素化分解して、C_{5-10}炭化水素が強化された軽質炭化水素生成物流を産生するステップ、並びに
（viii）（vii）からの軽質炭化水素生成物流を分画して、ナフサ画分と軽油画分とを産生するステップ
を含む、方法を提供する。

【００１３】

温度制御ロータリーキルンにおいてプラスチックポリマーを熱分解すること、及びキルンからの排出物を水素化することによって、方法は、有利な炭化水素生成物の分配を提供することが見出された。特に、本方法を使用することで、C_{5-20}炭化水素を含む軽質画分の収率が向上する場合があり、これを水素化分解して、C_{5-10}炭化水素が強化された生成物を提供することができることが見出された。本方法では、この強化されたC_{5-20}流を、ナフサ画分（C_{5-10}）と軽油画分（C_{10-20}）とに、特にきれいに分離することができる。

【００１４】

当然のことながら、C_{5-20}の範囲内の炭化水素を含む特定のさらなる生成物流も、本発明に従って形成される強化されたC_{5-20}流から効率的に分離されうる。例えば、C_{8-16}炭化水素を含むケロシン画分が、強化されたC_{5-20}炭化水素流から単離されうる。

【００１５】

本発明のさらなる態様は、ポリマーフィードからナフサ及び軽油を産生するための装置であって、
（ｉ）少なくとも８０重量％のポリオレフィンポリマーを含むポリマーフィードを溶融して、溶融ポリマーフィードを準備するための手段、
（ii）パート（ｉ）からの溶融ポリマーフィードを受け入れるように構成されたロータリーキルン反応器であり、複数の逐次加熱ゾーンを提供するように構成され、ロータリーキルンの各ゾーンが、３００℃～８００℃の温度で動作させられて、溶融ポリマーフィードを熱分解し、流体生成物流及び固体チャー生成物を産生するように構成された、ロータリーキルン反応器、
（iii）流体生成物流から固体チャー生成物を分離するための手段、並びに
（iv）パート（iii）からのC_{5+}炭化水素を含む流体生成物流の液体画分を受け入れ、液体画分を水素化して、水素化炭化水素生成物流を産生するように構成された水素化反応器、
（ｖ）水素化炭化水素生成物流を分画して、C_{5-20}炭化水素を含む軽質水素化画分を産生するための手段、
（vi）水素の存在下、軽質水素化画分を触媒的にクラッキングして、C_{5-10}炭化水素が強化された軽質炭化水素生成物流を産生するように構成された水素化分解反応器、並びに
（vii）（vi）からの軽質炭化水素生成物流を分画して、ナフサ画分と軽油画分とを産生

するための手段
を含む、装置を提供する。
【００１６】
いくつかの実施形態では、装置は、例えばケロシン画分を得るために、例えば、パート（ｖｉ）において産生される強化されたＣ$_{5-20}$炭化水素流などから、他の生成物流を得るためのさらなる手段を含んでもよい。しかしながら、このような単離された画分は、ステップ（ｖｉｉ）の分画の手段によって得ることができることも認識されよう。
【図面の簡単な説明】
【００１７】
【図１】プラスチックの熱分解からの液体生成物についての、模擬蒸留曲線を示すグラフである。
【図２】プラスチックの熱分解からの液体生成物におけるＧＣによって決定される、炭素数分布を示すグラフである。
【図３】熱分解生成物の分画から得られる軽質画分についての、模擬蒸留曲線を示すグラフである。
【図４】熱分解生成物の分画から得られる軽質画分におけるＧＣによって決定される、炭素数分布を示すグラフである。
【図５】軽質画分の水素化分解の前（Ｘ）及び後（Ｏ）を比較した、模擬蒸留曲線を示すグラフである。
【図６】軽質画分の水素化分解の前（Ｘ）及び後（Ｏ）を比較した、ＧＣによって決定される炭素数分布を示すグラフである。
【図７】水素化分解生成物の分画後のナフサ画分（Ｙ）及び軽油画分（Ｚ）を比較した、模擬蒸留曲線を示すグラフである。
【図８】水素化分解生成物の分画後のナフサ画分（Ｙ）及び軽油画分（Ｚ）を比較した、ＧＣによって決定される炭素数分布を示すグラフである。
【図９】本方法を実行するように構成されたシステムのための、模式処理フローを示す図である。
【発明を実施するための形態】
【００１８】
ポリマーフィード
ポリマーフィードは、好適には、少なくとも８０重量％のポリオレフィンポリマー、例えば少なくとも８５重量％のポリオレフィンポリマーを含む。好ましくは、ポリマーフィードは、少なくとも９０重量％のポリオレフィンポリマー、好ましくは少なくとも９５重量％のポリオレフィンポリマー、例えば少なくとも９９重量％のポリオレフィンポリマーを含む。いくつかの例では、ポリマーフィードは、ポリオレフィンポリマー、例えば、不純物を微量にのみ有し、方法又は形成される生成物に著しい影響を及ぼさないポリオレフィンポリマーから本質的になる。
【００１９】
好ましくは、ポリマーフィードは、廃棄物プラスチックを含む、又はこれから本質的になる。このような廃棄物材料の供給源としては、袋、瓶、フィルム、シート、繊維、織物、パイプ及び他の成形又は押出成形形態が挙げられる。
【００２０】
そのため、他のプラスチックポリマーは、ポリマーフィードの２０重量％以下、好ましくは１０重量％以下、より好ましくは５重量％以下、例えば１重量％以下で存在しうる。他のプラスチック材料としては、芳香族プラスチックポリマー、例えば、ポリスチレン；ハロゲン化プラスチックポリマー、例えば、ポリ塩化ビニル及びポリテトラフルオロエチレン；並びにポリエステルプラスチックポリマー、例えばポリエチレンテレフタレートを挙げることができる。いくつかの例では、これらのポリマーはガム形成をもたらし、動作を乱し、清掃を要することがあるため、好ましくは、これらの他のポリマーは、ポリマーフィードにおいて制限される。ハロゲン含有ポリマーも、熱分解中にハロ酸を形成するこ

とがあり、これが、腐食の問題をもたらす、又は酸を中和若しくはトラップするための追加の処理ステップ及び／若しくは機器を要することがある。

【００２１】

認識されるであろうが、ポリマーフィードは、いくつかの例では、廃棄物プラスチック中に存在しうる残留不純物、例えば、土、紙、例えばラベル由来の接着剤及び顔料、又は金属を含むことがある。好ましくは、このような不純物は、ポリマーフィード中に、５重量％未満、好ましくは１重量％未満の量で存在する。

【００２２】

いくつかの実施形態では、本方法は、フィードを本方法に提供する前に、例えば、金属を除去するための磁石、又は光学的選別処理を使用して、非ポリオレフィンポリマー及び／又は非プラスチック不純物を除去するステップを含んでもよい。

【００２３】

好ましくは、フィード中のポリオレフィンポリマーは、ポリエチレン及びポリプロピレンを含む、又はこれらから本質的になり、例えば、ポリオレフィンポリマーは、少なくとも９０重量％のポリエチレン及びポリプロピレン、好ましくは少なくとも９５重量％のポリエチレン及びポリプロピレン、例えば少なくとも９９重量％のポリエチレン及びポリプロピレンを含む。ポリエチレンは、任意の形態のポリエチレンであってよいが、好ましくは、高密度ポリエチレン（ＨＤＰＥ，high-density polyethylene）及び低密度ポリエチレン（ＬＤＰＥ，low-density polyethylene）を含む、又はこれらから本質的になる。したがって、ポリマーフィードは、高密度ポリエチレン（ＨＤＰＥ）、低密度ポリエチレン（ＬＤＰＥ）及びポリプロピレンを含む、又はこれらから本質的になってもよい。いくつかの好ましい実施形態では、フィード中のポリオレフィンポリマーは、ポリエチレン（例えばＬＤＰＥ及びＨＤＰＥ）、例えば少なくとも９０重量％のポリエチレン、好ましくは少なくとも９５重量％のポリエチレン、例えば少なくとも９９重量％のポリエチレンを含む、又はこれらから本質的になる。いくつかの好ましい実施形態では、フィード中のポリオレフィンポリマーは、少なくとも４０重量％のポリエチレン、好ましくは少なくとも５０重量％のポリエチレンを含む。

【００２４】

ＬＤＰＥ及びＨＤＰＥはいずれもエチレンのポリマーであり、式（CH_2CH_2）$_n$を有する。ポリエチレンの特性、したがってＬＤＰＥ又はＨＤＰＥとしてのその分類及びその用途は、分子量、分岐及び密度などの因子に依存する。ＬＤＰＥは、好ましくは、３０，０００～５０，０００ｇ／ｍｏｌの分子量、及び０．９１０～０．９２５ｇ／ｃｍ^{3}の密度を有する。ＨＤＰＥは、好ましくは、２００，０００～５００，０００ｇ／ｍｏｌの分子量、及び０．９４１～０．９８０ｇ／ｃｍ^{3}の密度を有する。ＬＤＰＥは、好ましくは１～４％の炭素原子、より好ましくは１～３％の炭素原子、より好ましくは１．５～２．５％の炭素原子において分岐を有する。ＨＤＰＥは、好ましくはＬＤＰＥよりも少なく、例えば、２％未満の炭素原子、好ましくは１％未満の炭素原子、より好ましくは０．５％未満の炭素原子、よりいっそう好ましくは０．１％未満の炭素原子において分岐を有する。ＬＤＰＥは一般にＨＤＰＥよりも多くの分岐を有するため、ＨＤＰＥよりも鎖間の分子間力が弱く、引張強度が低く、弾性が高い。対照的に、ＨＤＰＥは、高い強度対密度比で知られている。ＨＤＰＥは、プラスチック袋、プラスチック瓶、配管及び容器を含む、多くの品目の産生に一般に使用されている。ＬＤＰＥは、可撓性を要する部品、例えば、蓋のスナップ、トレイ及び容器、並びにプラスチックラップに一般に使用されている。

【００２５】

ポリプロピレンはプロピレンのポリマーであり、式（$CH(CH_3)CH_2$）$_n$を有する。好ましくは、ポリプロピレンの密度は０．８９５～０．９２ｇ／ｃｍ^{3}である。ポリプロピレンは、その立体規則性に応じて、１３０℃～１７０℃の融点を有しうる。一般に、ポリプロピレンの特性は、ポリエチレンと同様であると考えてもよいが、メチル基によって、機械的特性及び耐熱性が改善される。一般に、ポリプロピレンは、強靭かつ可撓性であり、良好な耐疲労性を有する。そのため、ポリプロピレンはヒンジに使用されうる。

ポリプロピレンはまた、高温を要する用途、例えば、オートクレーブ又はケトルの使用を要する医療用途にも使用されうる。

【００２６】

加えて、ポリエチレン及びポリプロピレンは、他のモノマーと共重合させてもよい。選択されるモノマーは、要求される特性次第である。例えば、ＰＥを、酢酸ビニル又はアクリレートと共重合させてもよい。これらのコポリマーは、それぞれ、運動靴の底の発泡体に、並びに包装及びスポーツ用品に使用されうる。特に、ポリエチレンとポリプロピレンとを共重合させてもよい。例えば、ポリプロピレンとポリエチレンとのランダムコポリマーは、プラスチック配管工事に使用されうる。

【００２７】

ポリ塩化ビニル（ＰＶＣ）は、塩素を含むポリマーである。ＰＶＣ熱分解の主生成物は塩酸（ＨＣｌ）であり、熱分解油の収率は低い。ＨＣｌの毒性及び腐食性の性質は、処理機器を損傷することに加えて、環境及びヒトの健康に対して悪影響をもたらす。これらの理由のため、ＰＶＣを熱分解に使用しないこと、又は少量のみ使用することが特に好ましい。このような少量は、理想的には、ポリマーフィードの０．１重量％未満、好ましくは０．０７重量％未満、より好ましくは０．０５重量％未満である。処理中に存在し／形成されうる塩酸を除去するために、プラスチックフィード材料に酸化カルシウムを加えてもよい。使用される酸化カルシウムの量は、ポリマーフィード中の塩素を含むポリマー、例えばＰＶＣの量に応じて変動させてもよいことが認識されよう。酸化カルシウムは、プラスチックフィードに対して、１重量％～５重量％、好ましくは２重量％～４重量％、より好ましくは２．５重量％～３．５重量％の量で加えてもよい。酸化カルシウムは、好ましくは、熱分解の前、例えばキルンに供給される前のポリマーフィードに加えられる。例えば、フィードプラスチックを溶融押出機に提供するホッパーに酸化カルシウムを加えるなど、酸化カルシウムは、キルンに入る前の溶融押出機において、ポリマーフィードに加えてもよい。

【００２８】

ポリマーフィードは、好適には溶融させて、熱分解のための溶融プラスチックフィードを提供する。ポリマーフィードは、プラスチックの形状及び／又はサイズを変化させるために、例えば、押し出し、切断及び／又は裁断によって、溶融させる前に処理してもよい。プラスチックフィードは、ペレット、フレーク、スレッド又は繊維、フィルムの形態であってもよく、裁断されていてもよい。好ましくは、プラスチックフィードを処理して表面積を増加させ、これによって溶融が支援されうる。

【００２９】

例えば、プラスチックフィードを押出すことに続いて溶融させ、又は、ロータリーキルンで熱分解するための溶融プラスチックを搬送することによって、熱分解の前にポリマーフィードを好適には溶融させる。例えば、溶融は、好ましくは溶融押出機において実行される。或いは、加熱されたロータリーキルンへの注入口において、又は熱分解が起こる加熱ゾーンの前のキルンの溶融ゾーン内において、ポリマーフィードを溶融してもよい。ポリマーフィードを溶融するステップは、ポリマーフィードを２００～４００℃、好ましくは２５０～３５０℃、より好ましくは２６５～３２５℃の温度に加熱することを含んでもよい。溶融押出機は、好適には、任意の適切な様式で、例えば電気ヒーターを使用して加熱されうる、加熱されたスクリュー押出機を含んでもよい。他の実施形態では、ポリマーフィードを、マイクロ波加熱によって溶融させてもよい。

【００３０】

熱分解

ポリマーフィードの熱分解は、溶融ポリマーフィードを、ロータリーキルン反応器の複数の逐次加熱ゾーンに提供することによって行われる。ロータリーキルンは当業者に公知であり、典型的には、その長軸（すなわち、反応器のチューブの円形断面の中心を通ってその長さに沿って延びる軸）の周りを回転するように構成された、実質的に円筒形（例えばチューブ状）の反応器を含みうる。ロータリーキルンは、正確な構成は多様でありうる

が、典型的には、反応器の一端に注入口を、反対側の端部に放出口を有する。溶融ポリマーフィードは、溶融押出機から任意の適切な手段、例えば適切な移送パイプを通じて、キルンに供給されうる。ロータリーキルンは、ポリマーフィード及び中間熱分解生成物（すなわち、フィードから形成され、キルン中に依然として存在し、キルンを出る前にさらなるクラッキングを受けても受けなくてもよい、熱分解生成物）が、キルンが回転している間に注入口から放出口へ重力下で移動することができるように、その両端間の高低差を提供するために傾斜している場合がある。キルンの回転は特に限定されないが、例えば０．１～５ｒｐｍ、例えば０．１～２ｒｐｍの速度で回転しうる。

【００３１】

熱分解は、一般に、当業者が認知している任意の適切な条件を使用して実行することができ、酸素の非存在下、ポリマーフィードを加熱することによって実行される。熱分解は、好ましくは、不活性雰囲気、例えば窒素又はアルゴン下、好ましくは窒素下で実行される。したがって、好ましい実施形態では、ロータリーキルンは、不活性気体の雰囲気、好ましくは窒素下に維持される。

【００３２】

記載される通り、ロータリーキルンは、複数の加熱ゾーン、好ましくは４つ又は５つ以上の逐次加熱ゾーンを含み、好ましくは、各加熱ゾーンは、直前のゾーンよりも高い温度で動作させられる。ロータリーキルンの各加熱ゾーンは、好適には３００℃～８００℃の温度で動作させられ、好ましくは、ロータリーキルンの各ゾーンは、３１０℃～７２０℃、例えば４００℃～６７０℃の温度で動作させられる。好ましい実施形態では、ポリマーフィードは、ゾーンからゾーンへキルンを通過するにつれて、温度上昇を受ける。例えば、好ましい実施形態では、４つ又は５つ以上の逐次加熱ゾーンは、最初のゾーンにおける３１０℃～６００℃から、最終ゾーンにおける４８０℃～７１０℃までで動作させられる逐次ゾーンを含む。好ましくは、複数のゾーンのうちの最終ゾーンは、他の加熱ゾーンよりも高い温度に加熱される。最終ゾーンにおいてより高い温度に加熱することで、ポリマーフィードのオーバークラッキングを生じうる高温をキルン全体にわたって維持することを要せず、チャーを含む炭化水素生成物の損失が低減し、チャーの加工性が上昇することが見出されている。いくつかの実施形態では、加熱ゾーンは、少なくとも６つの逐次加熱ゾーンを含んでもよい。加熱ゾーンは、適切には、分かれた別個の加熱ゾーンを含み、その結果各ゾーンは所定の温度に加熱され、各後続のゾーンは、より高温に加熱される。キルンを通る材料（すなわち、ポリマーフィード及び中間熱分解生成物）のフローは、その長さに沿って実質的に一定であってもよい。したがって、キルン内の各加熱ゾーンの長さを変更することによって、各加熱ゾーンにおける滞留時間を適切に変化させることができる。いくつかの好ましい実施形態では、各加熱ゾーンは等しい長さであり、各ゾーン内で等しい滞留時間を提供するが、これは必須ではない。

【００３３】

本明細書で称するゾーンの温度は、各ゾーンにおけるロータリーキルンの壁の温度を指すものと理解され、反応器内のポリマー又は熱分解材料の正確な温度は、変動しうることが認識されよう。

【００３４】

記載されるロータリーキルンを使用した熱分解処理を提供することによって、軽質炭化水素（例えばC_5-C_{20}）の割合を上昇させることができ、その上、オーバークラッキングに起因する非凝縮性の気体形成も最小限となり、ワックス及びチャーなどの他の有益な炭化水素画分及び生成物も産生されることが見出されている。特に、驚くべきことに、キルンから得られる凝縮性炭化水素生成物（すなわち、チャーから分離される凝縮性液体）のほぼ６０重量％は、軽油の範囲内又はより軽質であり、すなわち、約３５０℃以下の沸点を有することが見出されている。生成物中のより重質の炭化水素は、有利には、１００℃未満、好ましくは８５℃以下の融点を有するワックスを形成する。したがって、キルンからの液体炭化水素生成物流は、C_{5-20}炭化水素を含む軽質水素化画分、及びC_{20+}炭化水素を含み、１００℃未満、好ましくは８５℃以下の融点を有する水素化ワック

ス画分を含むことができる。いくつかの好ましい実施形態では、ワックス画分は、有利にはさらに分離させて、それぞれ３０～４０℃、５０～６０℃及び７０～８０℃の範囲内の凝固点を有する、３種の別々のワックス画分（３０／４０グレード、５０／６０グレード及び７０／８０グレードワックス）を提供してもよい。ロータリーキルンの使用は、有利には、炭化水素生成物の産生を連続してもたらし、ポリマーフィードがキルンの注入口に連続的に供給され、生成物が放出口から連続的に取り出される。

【００３５】

熱分解ベッセルは、大気圧（１ａｔｍ）、例えばほぼ１０１ｋＰａで動作させてもよい。好ましくは、ロータリーキルンは、わずかな陰圧で、例えば大気圧よりも５０ｋＰａ未満で低く、好ましくは大気圧よりも１０ｋＰａ未満で低く、より好ましくは大気圧よりも０．１ｋＰａ未満で低く、最も好ましくは大気圧よりも０．０１ｋＰａ未満で低く、例えば、９０ｋＰａ～１０１ｋＰａ、又は好ましくは９５ｋＰａ～１０１ｋＰａで維持される。したがって、ロータリーキルンは、好ましくは、ほぼ大気圧、又は絶対圧で０．９ｂａｒ以上、例えば絶対圧で０．９５ｂａｒ以上のわずかな陰圧で動作させられる。認識されるであろうが、ロータリーキルン内の圧力は、フロー、特に反応器を出入りする気体のフローを制御し、平衡させることによって制御されうる。特に、キルン内のわずかな陰圧は、キルンの放出口から凝縮システムを通じて生成物を引き出した結果にすぎなくてもよい。

【００３６】

反応器内での滞留時間は、キルンに入るポリマーフィードの流速及びキルンを出る生成物のフローを制御すること、並びにキルン自体の構成によって変化させることができる。例えば、キルンを通るフィード及び中間熱分解生成物の所望のフローを提供するために、キルンの物理的な向き（すなわち、キルンが水平から傾斜する程度）及び／又はキルンの回転の速度を変化させてもよい。本方法における、複数の加熱ゾーンを有するロータリーキルンの使用によって、キルンにおける、及び各加熱ゾーン内のポリマーフィード及び中間熱分解生成物の滞留時間を、有利に制御することができる。これによって、生成物組成を変動させるために、例えば、ポリマーフィードの変化に応じて方法を変動させて、一定の生成物組成を維持するために、又は方法を変動させて、種々の生成物の分配（例えば、種々の炭化水素画分の量）を要求を満たすように変化させるために、方法を容易に適合させることができる。認識されるであろうが、滞留時間は、キルン内部の動作条件に応じて変動させてもよい。好ましくは、キルン内の滞留時間は、３０分～１２０分、より好ましくは４０分～７０分である。以前に論じた通り、キルンは、先行するゾーンよりも高温に加熱される最終ゾーンを含んでもよい。したがって、キルン内部のフィードの滞留時間は、３１０℃～６００℃の温度で３０～６０分、例えば４０～５０分、及び最終ゾーンでは４８０℃～７１０℃の温度で５～３０分、例えば１０～２０分であってもよい。滞留時間とは、キルン内に存在する溶融フィードが、注入口から放出口まで通過するのにかかる時間を指すが、処理中に形成される熱分解蒸発物は、気相において、これよりも迅速にキルンから出ていく場合があることが認識されよう。不活性雰囲気をもたらすため、及び熱分解蒸発物をキルンの放出口に運ぶための気体フローをもたらすために、不活性気体、好ましくは窒素のフローが、キルンの注入口で提供される。

【００３７】

ロータリーキルンの加熱は、任意の適切な手段によるものであってよく、好ましくは、ロータリーキルンは、１つ又は２つ以上のヒーターを含む間接的に加熱されるロータリーキルンであり、キルンの壁が外側から加熱されて、キルン内の材料の加熱をもたらす。例えば、キルンは、炉に囲まれた、又はキルンの壁を加熱するように構成された任意の適切なヒーターを有するロータリーキルンを含んでもよい。認識されるであろうが、１つ若しくは２つ以上のヒーターは、分かれており、キルンの各加熱ゾーンを別々に加熱するように配列されてもよく、又は１つ若しくは２つ以上のヒーターが組み合わせられてもよい。例えば、ヒーターは、キルンの長さに沿った異なる点に複数のバーナーを有する炉を含んでもよく、各バーナーは、異なる加熱出力を提供するように（例えば、バーナーへの燃料

フローを制御することによって）制御されてもよく、いくつかの例では、炉は、キルンを包囲する共通の体積と、すべてのバーナーからの燃焼気体のための共通の排気放出口とを含んでもよい。それでもやはり、任意の適切なヒーターを提供して、キルンの加熱ゾーンを加熱してもよいことが認識されよう。

【００３８】

本方法は、好適には、加熱ゾーンに続いて、熱分解生成物を冷却し、凝縮させるステップを含んでもよい。例えば、キルンは、キルンの蒸発物放出口に、又はそれに連結された、１つ又は２つ以上の凝縮器を含んでもよい。例えば、キルンは、熱分解蒸発物を含む気体を１つ又は２つ以上の凝縮器に提供するための蒸発物放出口、及びキルンからの固体チャーを受け入れるためのチャー放出口を含んでもよい。熱分解生成物を冷却し、凝縮させるための手段は、任意の適切な凝縮器又は凝縮器システムを含んでもよい。好ましくは、１つ又は２つ以上の凝縮器には、キルンの蒸発物放出口からの、熱分解生成物の気体状流体生成物流が提供されうる。流体生成物流は、エアロゾルとして液体又は固体（例えば微細なチャー粒子）を含みうる蒸発物流であってもよく、凝縮器は、非凝縮性気体とともに、C_{5+}炭化水素を含む液体画分を提供するように構成されることが認識されよう。１つ又は２つ以上の凝縮器は、例えば、C_{5+}炭化水素を含む液体画分を凝縮させるように構成されたクエンチタワーを含んでもよく、任意にクエンチタワーからの気体状排出物に残存するC_{5+}炭化水素を凝縮させるように構成され、任意に気体からＬＰＧ画分を凝縮させ、分離するように構成されてもよい、１つ又は２つ以上の追加の凝縮段階を含んでもよい。したがって、キルンからの蒸発物を凝縮させるための凝縮システムは、クエンチタワーを含んでもよく、好適には約５０～７０℃で動作しうる第１の凝縮段階と、例えば、１つ又は２つ以上のチューブアンドシェル凝縮器（tube and shell condensers）などを含んでもよく、約１０～３０℃で動作する第２の凝縮段階とを含んでもよい。非凝縮性気体は、いくつかの実施形態では、キルンを加熱するための燃料を提供するために使用されうる。

【００３９】

熱分解生成物

熱分解は、キルンにおいて、流体生成物流と、固体チャー生成物とを産生し、好ましくは、キルンからの熱分解生成物は、流体生成物流とチャーとから本質的になる。流体生成物流は、典型的には、C_{5+}炭化水素を含む液体画分と、非凝縮性気体画分とを含む、ある範囲の多様な鎖長の炭化水素を含む。流体生成物流は、好ましくは、非凝縮性気体画分と、C_{5+}炭化水素とを含む液体画分とから本質的になり、非凝縮性気体画分は、水素化ステップ（ｖ）の前に液体画分から分離される。例えば、非凝縮性気体は、凝縮中に流体生成物流から適切に引き出されてもよく、ここで、流体生成物流を凝縮させて液体画分を提供し、非凝縮性気体を取り除くことができる。認識されるであろうが、液体画分の組成は、処理条件と、非凝縮性気体を分離する仕方とに依存しうる。例えば、いくつかの例では、液体画分は、小さな割合のより軽質な炭化水素、例えばC_4炭化水素を含んでもよいが、好ましくは１重量％未満、例えば、０．５重量％未満又は０．１重量％未満である。好ましくは、非凝縮性気体は、流体生成物流の３０重量％未満、より好ましくは２５重量％未満、例えば２０重量％未満を占める。好ましくは、C_{5+}炭化水素を含む液体画分は、キルンからの全排出物（全排出物は、液体画分、非凝縮性気体及びチャーを含む）の少なくとも６０重量％、好ましくは少なくとも６５重量％、より好ましくは少なくとも７０重量％、例えば少なくとも７５重量％、例えば約８０重量％を占める。

【００４０】

非凝縮性気体は、典型的には、C_1－C_4炭化水素気体を含むことがあり、いくつかの好ましい実施形態では、キルンを加熱するために、及び／又はポリマーフィードを加熱して溶融するために再利用される。いくつかの実施形態では、非凝縮性気体からのC_3及びC_4炭化水素気体、並びに液体画分から回収されるC_4気体は、分離され、ＬＰＧ生成物流として提供されうる。存在する場合、凝縮からの非凝縮性気体中に存在する任意のC_{5+}炭化水素は、回収され、液体画分又はその下流生成物（例えば、ナフサ画分まで）と組

み合わせてもよい。

【００４１】

固体チャー生成物は、好ましくは、キルンからの排出物の１５重量％以下、好ましくは１０重量％以下を占める。固体チャー生成物は、いくつかの実施形態では、１０～６０重量％の炭素、例えば２０～４０重量％の炭素を含んでもよく、これは、チャー自体の炭素含有量を指し、残りは、ポリマーフィード中に存在する様々な非熱分解性材料、例えば無機材料及び金属を含むことが認識されよう。

【００４２】

本方法は、好適には、流体生成物流から固体チャー生成物を分離するステップを含む。このような分離は、固体を流体流から分離するために公知である、任意の適切な様式で行うことができる。チャーの大部分は、固体生成物流としてロータリーキルンから得られ、そのため、蒸発物放出口とは別の、キルンからのチャー放出口からチャーを提供することによって、熱分解蒸発物から分離される。それでもやはり、いくらかのチャーはエアロゾルとして、凝縮されるキルンからの蒸発物中に存在しうる。液体生成物中のこのような残留チャーは、任意の適切な様式で除去してもよい。好ましくは、凝縮流体生成物流は、デカンタ遠心分離又はトリカンタ遠心分離を使用して、残留固体チャーから分離される。例えば、凝縮器、例えばクエンチタワーからの液体は、水と組み合わせ、熱分解油液画分及び水から固体チャーを分離するトリカンタ遠心分離で分離してもよい。液体画分は、いくつかの実施形態では、いかなる残留固体も除去するために、水素化ステップに送る前に濾過してもよい。

【００４３】

ロータリーキルンは、チャーを反応器から連続的に取り出すことができるため（例えば、撹拌槽型反応器などと比較して）、方法は、固体残留物、例えば、チャー又は他の不揮発性残留物を反応器から除去するために方法を停止することを必要とせず、連続的に動作させることができる。これによって、方法はやはり、中断時間及び清掃を回避するためにチャー産生物を除去することを必要とすることなく（槽型反応器などでは必要）、所望の範囲の炭化水素生成物を提供するように、連続的に実行することができる。

【００４４】

C_{5+}炭化水素を含むキルンからの液体画分は、例えば、４０℃～６０℃、例えば４５℃～５５℃の範囲内（例えば、６０℃以下、若しくは５５℃以下）の凝固点を有してもよく、及び／又は０．６ｇ／ｍｌ～０．９ｇ／ｍｌ、例えば０．７ｇ／ｍｌ～０．８ｇ／ｍｌの密度を有してもよい。キルンへのポリマーフィードに応じて、液体炭化水素画分は、３０ｍｇ／ｋｇ未満の濃度（ＡＳＴＭ　Ｄ５４５３－１９ａによって測定して）で硫黄を含有してもよいが、硫黄濃度は、いくつかの例では、少なくとも５ｍｇ／ｋｇ又は少なくとも１０ｍｇ／ｋｇでありうる。フィード組成、及びフィードから塩素（例えばＰＶＣ中の）を除去するために取られる任意のステップに応じて、液体炭化水素画分は、１００ｍｇ／ｋｇ未満（ＵＯＰ　７７９－０８によって測定して）、好ましくは８０ｍｇ／ｋｇ未満の濃度で塩素を含有してもよいが、塩素濃度は、いくつかの例では、少なくとも１０ｍｇ／ｋｇ、又は少なくとも４０ｍｇ／ｋｇ、例えば少なくとも６０ｍｇ／ｋｇでありうる。このような不純物は、いくつかの例では、熱分解の前にポリマーフィードの組成物を処置又は制御することによって、低減させてもよいことが認識されよう。キルンからの液体炭化水素画分は、例えば、１０～５０ｇＢｒ／１００ｇ、好ましくは１０～３０ｇＢｒ／１００ｇ、例えば１５～２５ｇＢｒ／１００ｇの臭素指数を有してもよい。

【００４５】

水素化

キルンからのC_{5+}炭化水素を含む流体生成物流の液体画分は、水素化されて、水素化生成物流を提供する。好適には、C_{5+}炭化水素を含む流体生成物流の液体画分全体（すなわち、チャー及び非凝縮性気体を別とした熱分解生成物のすべて）を、水素化反応器に送り、水素化させて、水素化炭化水素生成物流を産生する。

【００４６】

プラスチックの熱分解に由来するものを含む炭化水素流は、典型的には、不純物として様々なヘテロ原子、例えば、Ｎ、Ｓ、Ｏを含有することがあり、これらが炭化水素生成物の特性に悪影響を及ぼすことがある。ポリオレフィンプラスチックの熱分解はまた、典型的には、オレフィンと飽和炭化水素との混合物を産生する。オレフィン及びヘテロ原子含有炭化水素は、パラフィンよりも化学的に反応性である。さらなる分画又は処理ステップの前に、キルンからの流体生成物流の液体画分全体の水素化を実行することによって、オレフィン又はヘテロ原子含有炭化水素の副反応、例えば重合が有利には回避されうる。加えて、オレフィン及びヘテロ原子含有炭化水素分子は、飽和炭化水素と比較して沸点が変わるため、ヘテロ原子含有分子及びオレフィンの存在は、その後、炭素数に応じてよりきれいに分離することができる場合がある。

【００４７】

水素化は、任意の適切な様式で実行することができ、好適には、流体生成物流の液体画分を、水素化触媒及び水素ガスと、２５０℃～４００℃、好ましくは２５０℃～３５０℃の温度で接触させることを含む。発熱性の水素化反応に起因して、温度は、適切に、水素化反応器への注入口から放出口まで、上昇しうることが認識されよう。したがって、水素化反応器における触媒床は、２５０℃～４００℃、好ましくは２５０℃～３５０℃で温度が変動しうる。水素化反応器内の圧力は、好適には、３ＭＰａ～１０ＭＰａ、好ましくは４ＭＰａ～６ＭＰａでありうる（いくつかの例では、圧力は、最大２０ＭＰａなど、より高くてもよい）。反応器を通る流体生成物流の液空間速度（ＬＨＳＶ，liquid hourly space velocity）は、０．５ｋｇ／ｋｇ／ｈｒ～１０ｋｇ／ｋｇ／ｈｒ、好ましくは０．５ｋｇ／ｋｇ／ｈｒ～４ｋｇ／ｋｇ／ｈｒ、より好ましくは０．７ｋｇ／ｋｇ／ｈｒ～２．５ｋｇ／ｋｇ／ｈｒ、最も好ましくは０．８ｋｇ／ｋｇ／ｈｒ～１．５ｋｇ／ｋｇ／ｈｒ、例えば０．９ｋｇ／ｋｇ／ｈｒ～１．３ｋｇ／ｋｇ／ｈｒでありうる。水素化における水素ガスとフィード液との比は、適切には３００ＮＶ／ＮＶ～１０００ＮＶ／ＮＶ、好ましくは４００ＮＶ／ＮＶ～６００ＮＶ／ＮＶ、例えば４５０ＮＶ／ＮＶ～５５０ＮＶ／ＮＶでありうる。水素化ステップ中の水素消費は、水素化反応器へのフィード及び他の条件に基づいて変動するが、例えば、６～１２ｇH_2／ｋｇ、例えば８～１０ｇH_2／ｋｇの範囲内でありうる。

【００４８】

水素化は、液体画分を水素ガスと接触させるための、任意の適切な反応器で実行されうる。好ましくは、水素化反応器は、固定床反応器を含む。固定床反応器のアスペクト比は、任意の適切な比であってよいが、例えば５：１～２０：１、好ましくは８：１～１６：１、例えば１０：１～１４：１、例えば約１２：１でありうる。水素化反応器は、好ましくは灌液床反応器(a trickle bed reactor)である。いくつかの実施形態では、水素化反応器は、代わりに、流動床反応器又はマイクロチャネル反応器であってもよい。

【００４９】

水素化触媒は、任意の適切な触媒であってよく、好ましくは金属触媒である。金属水素化触媒は、好ましくは、周期表のVIII族から選択される金属を含み、好ましくは、触媒は、Ｆｅ、Ｃｏ、Ｎｉ、Ｒｕ、Ｒｈ、Ｐｄ、Ｏｓ、Ｉｒ及び／又はＰｔを含み、例えば、触媒は、Ｎｉ、Ｃｏ、Ｍｏ、Ｗ、Ｃｕ、Ｐｄ、Ｒｕ、Ｐｔを含む。好ましい実施形態では、触媒は、ＣｏＭｏ、ＮｉＭｏ又はＮｉから選択され、好ましくはＮｉＭｏである。水素化触媒は、好ましくは、担体、例えば、ボーキサイト、アルミナ、シリカ、シリカ－アルミナ又はゼオライト上に担持される。好ましくは、触媒はアルミナ上に担持される。例えば、水素化触媒は、アルミナ上に担持されたＮｉＭｏ（ＮｉＭｏ／Al_2O_3）を含んでもよい。

【００５０】

水素化反応器は、反応器を通る水素を再利用するための気体再循環ループを含んでもよい。水素化は、好適には水素化脱硫を含み、反応器内の気相H_2S濃度は、０．０５％～０．５％、例えば約０．１％でありうる。いくつかの実施形態では、H_2Sは、周囲温度及び反応圧力において、CS_2液を通過させることによって、再循環気体に導入されうる

。

【００５１】

いくつかの好ましい実施形態では、水素化は、水素化の排出物を、初回の水素化ステップと実質的に同じ条件下で実行されうる、第２の水素化段階に提供するステップを含む。第２の水素化ステップは、いくつかの例では、初回の水素化ステップよりも高い初期温度で実行されうるが、発熱量の少なさに起因して、温度はやはり依然として、２５０℃～３５０℃、好ましくは３００℃～３５０℃の範囲内でありうる。第２の水素化ステップは、初回の水素化ステップよりも長い接触時間で、例えば初回の水素化ステップよりも遅い液空間速度で、実行されうる。第２の水素化ステップは、ヘテロ原子除去に対して有する効果は最小限であるが、有利には、水素化生成物流中のオレフィン、特にC_{5-20}の範囲内のオレフィンの存在を低減することができることが見出されている。いくつかの実施形態では、初回及び第２の水素化ステップは、初回の水素化ステップと第２の水素化ステップとを連続して実行することに相当する、組み合わせた水素化ステップを含んでもよい。例えば、触媒床を長くすること、又は反応器を通るフィードの流速を低下させることによって、触媒床を通る接触時間が増加した、単一の水素化ステップ、又は好ましくは単一の水素化ステップで、異なる活性を有する異なる触媒を含む２つの触媒床を含む水素化反応器を使用してもよい。このような水素化ステップでは、水素化ステップ中の水素消費は、例えば少なくとも９ｇH_2／ｋｇでありうる。

【００５２】

水素化ステップの後、水素化炭化水素生成物流は、例えば、４０℃～６０℃の範囲内、例えば５０℃～６０℃、例えば６０℃以下の凝固点を有しうる。本明細書で称する凝固点は、ＡＳＴＭ　Ｄ９３８－１２（２０１７）によって測定されうる。水素化炭化水素生成物流は、０．７ｇ／ｍｌ～０．９ｇ／ｍｌ、例えば０．７５ｇ／ｍｌ～０．８５ｇ／ｍｌの密度を有しうる。水素化条件及び水素化へのフィードの硫黄含有量に応じて、水素化炭化水素生成物流は、１５ｍｇ／ｋｇ未満（ＡＳＴＭ　Ｄ５４５３－１９ａによって測定して）、好ましくは１０ｍｇ／ｋｇ未満、より好ましくは５ｍｇ／ｋｇ未満、例えば２ｍｇ／ｋｇ未満の濃度で硫黄を含有しうる。水素化条件及び水素化へのフィードの塩素含有量に応じて、水素化炭化水素生成物流は、１５ｍｇ／ｋｇ未満（ＵＯＰ　７７９－０８によって測定して）、好ましくは１０ｍｇ／ｋｇ未満、例えば５ｍｇ／ｋｇ未満、又は２ｍｇ／ｋｇ未満の濃度で塩素を含有しうる。水素化炭化水素生成物流は、好ましくは２ｇＢｒ／１００ｇ未満、好ましくは１ｇＢｒ／１００ｇ未満、例えば０．７ｇＢｒ／１００ｇ未満、例えば０．５ｇＢｒ／１００ｇ以下の臭素指数を有する。認識されるであろうが、水素化の条件は、上に述べた臭素指数、並びに／又は硫黄及び／若しくは塩素のレベルを提供するように選択されうる。したがって、必要な場合、水素化条件は、接触時間を増加させるように、水素ガスとフィード液との比を上昇させるように、又はより活性な触媒を使用するように調節されうる。

【００５３】

水素化炭化水素生成物流の分画

本方法は、水素化炭化水素生成物流を分画して、C_{5-20}炭化水素を含む軽質水素化画分を産生するステップを含む。軽質水素化画分は、少量の最大約C_{25}のより重質の炭化水素、及び少量のC_4炭化水素を含有しうることも認識されよう。しかしながら、軽質水素化画分は、好ましくは２重量％未満、例えば１重量％未満のC_{21+}炭化水素、及び／又は１重量％未満、好ましくは０．５重量％未満のC_4炭化水素を含有し、例えば、軽質水素化画分は、好ましくは、C_5－C_{20}炭化水素から本質的になる。好ましくは、C_{5-20}炭化水素を含む軽質水素化画分（例えば、最高３５０℃に沸騰する成分）は、水素化炭化水素生成物流の５０重量％超、好ましくは水素化炭化水素生成物流の５５重量％超を占める。

【００５４】

C_{5-10}ナフサ画分及びC_{10-20}軽油画分を産生することが所望され、C_{8-16}ケロシン画分も産生してもよいが、驚くべきことに、まず水素化炭化水素生成物流を分画

して、軽質水素化C_{5-20}画分とC_{20+}ワックス画分とを提供することによって、効率の上昇を達成することができることが見出された。いかなる特定の理論によっても束縛されることを望むものではないが、本方法は、キルンからの流体生成物流の液体画分中に、総じて少量の割合にすぎない（２重量％未満）C_{5-8}炭化水素をもたらし、そうして記載される様式における水素化炭化水素生成物流の分離は、この分離ステップ中のナフサ画分炭化水素の処理損失を最小化する（例えば、典型的に行われうる、他の生成物からの軽質化画分としてのナフサの初期分離と比較して）。次いで、後続の水素化分解するステップは、炭化水素の有利な分配をもたらして、ナフサ及び軽油画分を、より高い収率及び効率で産生することを可能にする。したがって、分画ステップは、好適には、水素化炭化水素生成物流を、C_{5-20}炭化水素を含む軽質水素化画分と、C_{20+}ワックス画分とに分離することを含む。加えて、以前に論じた通り、パラフィンと比較したオレフィン及びヘテロ原子含有種の沸点の差に起因して、水素化後に分画ステップを実行することは、非凝縮性気体としての所望のC_{5-20}炭化水素の一部の損失、又はより長い炭化水素による軽質水素化画分の汚染を回避する役に立ちうる。

【００５５】

分画は、任意の適切な分画手段、例えば分画カラムを使用して、又は分別凝縮によって実行されうる。好ましくは、水素化炭化水素生成物流を分画するステップは、分留カラムで分画することを含む。

【００５６】

分画は、好ましくは、水素化炭化水素生成物流を真空蒸留システムに提供することを含んでもよい。分画は、例えば、リボイラーにおける液体の蒸発効率及び熱交換を改善するように構成された、ジェット噴霧蒸発デバイス及び強制流動機構を装備した、液体の蒸発を改善するように構成されたリボイラーを使用することを含んでもよい。

【００５７】

分画における液体（例えば、リボイラーから出る液体）の蒸発温度は、２６０℃～３２０℃、好ましくは２７０℃～３００℃、例えば２８０℃～２９０℃でありうる。水素化炭化水素生成物流の分解の最小化を、このような条件下で達成することができることが見出されている。蒸発出力は、例えば、０．５ｋＷ～２ｋＷ、例えば０．９ｋＷ～１．３ｋＷでありうる。蒸発圧力は、絶対圧で３～８ｋＰａ（例えば、リボイラー中の液体上の圧力）、好ましくは絶対圧で４～６ｋＰａでありうる。蒸発生成物の凝縮は、およそ２５℃未満、例えば約２０℃に冷却することによって実行されうる。水素化炭化水素生成物流は、例えば６０℃～３００℃、例えば７０℃～２００℃、例えば８０℃～１２０℃、例えばおよそ１００℃の温度の分画に供給されうる。分画における還流速度は、例えば０．５ｌ／ｈｒ～２ｌ／ｈｒ、例えば０．８ｌ／ｈｒ～１．２ｌ／ｈｒでありうる。真空システムは、適切には、軽質成分の損失を防止するための冷却トラップ、例えばおよそ－７８℃以下の冷却トラップを含んでもよい。

【００５８】

いくつかの実施形態では、方法は、水素化分解するステップの前に、ステップ（ｖｉ）において形成されるC_{5-20}炭化水素を含む軽質水素化画分を分画するステップをさらに含んでもよい。さらなる分画ステップは、粗製ナフサ画分（粗製C_{5-10}炭化水素画分）、粗製軽油画分（粗製C_{10-20}炭化水素画分）及び粗製ケロシン画分（粗製C_{8-16}炭化水素画分）の１つ又は２つ以上を、残りの軽質水素化画分から少なくとも部分的に分離しうる。軽質水素化画分から少なくとも部分的に分離された粗製画分の１つ又は２つ以上は、他の材料（例えば化石燃料材料）とブレンドされうる。特に、少なくとも部分的に分離された粗製画分の１つ又は２つ以上は、従来の精製法から産生された石油由来のナフサ、軽油又はケロシンとブレンドされうる。

【００５９】

例えば、粗製ケロシン画分は、低温での性能特性を改善するために、従来の石油精製法から産生される軽油とブレンドされうる。なおもさらなる例として、粗製ケロシン画分は、ナフサ－ケロシンジェット燃料（Ｊｅｔ　Ｂ）を産生するために、原油に由来するナフ

サとブレンドされうる。軽質水素化画分（C_{5-20}）から少なくとも部分的に分離された粗製ナフサ、軽油及び／又はケロシン画分は、化石燃料由来材料と、ブレンド燃料組成物の少なくとも５重量％、好ましくは少なくとも１０重量％、より好ましくは少なくとも１５重量％、例えば少なくとも２０重量％の量でブレンドされうる。

【００６０】

従来の化石燃料を、廃棄物プラスチックに由来する燃料で少なくとも一部を置き換えることによって、埋立地に存在する、又は埋立地での廃棄の対象となる廃棄物の量を低減することができる。さらに、バイオマスの供給源として食用作物、例えば、トウモロコシ、サトウキビ及び植物油の使用を必要とする、バイオ燃料を形成するいくつかの方法とは異なり、廃棄物プラスチックは、容易に入手することができ、十分な出発材料を産生するための専用の土地を要しない。

【００６１】

粗製ナフサ、軽油及び／又はケロシン画分を形成するさらなる分画ステップは、当技術分野で公知である任意の適切な装置、例えば分画カラムを使用して、又は分別濃縮によって実行されうる。好ましくは、軽質水素化画分を分画するステップは、分留カラムで分画することを含む。

【００６２】

好ましくは、さらなる分画ステップは、軽質水素化画分流を、蒸留カラムを含む真空蒸留システムに提供することを含む。カラムは、リボイラー、例えば電気加熱式リボイラー、及びおよそ－２０℃～－１０℃、例えば約－１５℃に冷却されうる凝縮器を含んでもよい。蒸留カラムは、約２００～２５０℃、好ましくは２１５～２３５℃、例えば２２０～２３０℃の底部温度、及び約１５０～２００℃、好ましくは１６０～１８０℃、例えば１６５～１７５℃の頂部温度を有しうる。蒸留カラムの頂部の圧力は、絶対圧で３０～７０ｋＰａ、例えば絶対圧で４０～６０ｋＰａ、例えば絶対圧で約５０ｋＰａでありうる。カラムにおける還流比は、２：１～４：１、好ましくは２．５：１～３．５：１、例えば約３：１でありうる。

【００６３】

分離されたら、軽質水素化画分から分離された粗製ナフサ画分（C_{5-10}）、粗製軽油画分（C_{10-20}）及び／又は粗製ケロシン画分（C_{8-16}）の８０重量％以下、好ましくは７０重量％以下、より好ましくは５０重量％以下が、化石燃料とブレンドされうる。

【００６４】

次いで、残りのC_{5-20}炭化水素は、軽質水素化画分を改質するために組み合わせられてもよく、改質された軽質水素化画分は、ステップ（vii）及び（viii）に定義される通り、さらに処理される。

【００６５】

水素化分解

本方法は、軽質水素化画分を水素化分解して、C_{5-10}炭化水素が強化された軽質炭化水素生成物流を産生するステップを含む。

【００６６】

熱分解液の大部分は軽質水素化画分で構成される（すなわち、ほとんどがC_{5-20}炭化水素）にもかかわらず、この軽質水素化画分は、典型的には、ナフサ画分を効率的に分離するには、含有するナフサ範囲の炭化水素の濃度が低すぎることが見出されている。例えば、C_{5-20}画分は、１５重量％未満、例えば、１０重量％未満のC_{5-8}炭化水素を含有しうる。しかしながら、より軽質の炭化水素を除去せずに軽質水素化C_{5-20}画分を軽油画分として提供することはできない程度に、ナフサ範囲の炭化水素のレベルは足りている。C_{5-20}画分を水素化分解することによって、ナフサ及び軽油範囲の容易に分離可能な炭化水素混合物を得ることができ、上記の問題が対処されることが見出されている。

【００６７】

水素化分解するステップは、当技術分野において公知である任意の好適な水素化分解反応器を使用して、任意の適切な様式で実行されうる。好ましくは、水素化分解するステップは、固定床反応器、好ましくは灌液床反応器において実行される。反応器は、恒温反応器であることが好ましい。好ましくは、反応器は気体再循環ループを有しない。

【００６８】

水素化分解触媒は、任意の適切な触媒であってよく、好ましくは金属触媒、特に硫黄系水素化分解触媒である。金属水素化分解触媒は、好ましくは、周期表のVIII族から選択される金属を含み、好ましくは、触媒は、Ｆｅ、Ｃｏ、Ｎｉ、Ｒｕ、Ｒｈ、Ｐｄ、Ｏｓ、Ｉｒ及び／又はＰｔを含み、例えば、触媒は、Ｎｉ、Ｃｏ、Ｍｏ、Ｗ、Ｃｕ、Ｐｄ、Ｒｕ、Ｐｔを含む。好ましい実施形態では、金属は、ＮｉＭｏ又はＰｔから選択され、好ましくはＮｉＭｏである。水素化分解触媒は、好ましくは、担体、例えば、ボーキサイト、アルミナ、シリカ、シリカ－アルミナ又はゼオライト上に担持される。好ましくは、水素化分解触媒は、ゼオライト、例えば、ＵＳＹ又はモルデナイトゼオライト上に担持される。例えば、水素化分解触媒は、ゼオライト上に担持されたＮｉＭｏ又はＰｔを含んでもよく、硫黄剤、例えばCS_2と組み合わせて使用することができる。

【００６９】

好ましい実施形態では、水素化分解するステップは、軽質水素化画分を水素化分解触媒と、２５０℃～４００℃、好ましくは３００～３５０℃の温度で接触させることを含む。好ましくは、水素化分解するステップは、３～１０ＭＰａ、好ましくは４～８ＭＰａ、例えば５～７ＭＰａの圧力で実行される。

【００７０】

水素化分解反応器を通る軽質水素化画分の液空間速度（ＬＨＳＶ）は、０．５hr^{-1}～５hr^{-1}、好ましくは０．５hr^{-1}～３hr^{-1}、より好ましくは０．７hr^{-1}～２hr^{-1}、最も好ましくは０．８hr^{-1}～１．５hr^{-1}、例えば０．９hr^{-1}～１．３hr^{-1}でありうる。水素化における水素ガスのフィード液に対する比は、適切には１００ＮＶ／ＮＶ～５００ＮＶ／ＮＶ、好ましくは１５０ＮＶ／ＮＶ～２５０ＮＶ／ＮＶ、例えば１８０ＮＶ／ＮＶ～２２０ＮＶ／ＮＶでありうる。反応器内のH_2Sレベルは、およそ５００～１５００ｐｐｍ、例えば８００ｐｐｍ～１２００ｐｐｍ、例えば約１０００ｐｐｍでありうる。硫黄レベルは、適切には、水素化分解反応器へのフィードと混合されたCS_2を使用して維持されうる。

【００７１】

いくつかの実施形態では、方法は、水素化分解の前に軽質水素化画分を洗浄して、金属及び他の不純物を除去するステップ、例えば水洗浄を含んでもよい。任意に、軽質水素化画分は、軽質水素化画分からH_2Sを除去するために、例えば高温で、H_2S吸収剤によって処置されてもよい。

【００７２】

水素化分解するステップは、C_{5-10}炭化水素が強化された軽質炭化水素生成物流に加えて、いくらかの非凝縮性気体生成物を産生しうることが認識されよう。しかしながら、好ましくは、水素化分解からの液体回収は、少なくとも９０重量％、好ましくは９５重量％以上である。

【００７３】

本方法は、水素化分解するステップからの軽質炭化水素生成物流を分画して、ナフサ画分、軽油画分を産生し、任意にケロシン画分を産生するステップをさらに含む。ナフサ画分は、適切にはC_{5-10}炭化水素を含み、好ましくは少なくとも９０重量％のC_{5-10}炭化水素、好ましくは少なくとも９５重量％のC_{5-10}炭化水素、例えば少なくとも９８重量％のC_{5-10}炭化水素を含む。軽油画分は、適切にはC_{10-20}炭化水素を含み、好ましくは少なくとも９０重量％のC_{10-20}炭化水素、好ましくは少なくとも９５重量％のC_{10-20}炭化水素、例えば少なくとも９８重量％のC_{10-20}炭化水素を含む。適切なケロシン画分は、C_{8-16}炭化水素を含み、好ましくは少なくとも９０重量％のC_{8-16}炭化水素、好ましくは少なくとも９５重量％のC_{8-16}炭化水素、例えば

少なくとも９８重量％のＣ８－１６炭化水素を含む。

【００７４】

代わりに又は加えて、ステップ（viii）で形成されるナフサ画分をさらに分画して、ケロシン画分を形成する炭化水素、すなわちＣ８－１０炭化水素を少なくとも部分的に分離してもよい。いくつかの実施形態では、ステップ（viii）で形成される軽油画分をさらに分画して、ケロシン画分を形成する炭化水素、すなわちＣ１０－１６炭化水素の少なくとも一部を分離してもよい。したがって、上記の方法に準拠して形成されるナフサ及び軽油画分に加えて、ステップ（viii）において形成される、ナフサ画分から分離されたＣ８－１０炭化水素、及び／又は軽油画分から分離されたＣ１０－１６炭化水素から、ケロシン画分も単離されうる。

【００７５】

軽質炭化水素生成物流、並びに／又は結果として形成されるナフサ及び／若しくは軽油画分の分画は、任意の適切な装置、例えば当技術分野において公知である蒸留カラムを使用して実行されうる。好ましくは、分画は、軽質炭化水素生成物流を、蒸留カラムを含む真空蒸留システムに提供することを含む。カラムは、リボイラー、例えば電気加熱式リボイラー、及びおよそ－２０℃～－１０℃、例えば約－１５℃に冷却されうる凝縮器を含んでもよい。蒸留カラムは、約２００～２５０℃、好ましくは２１５～２３５℃、例えば２２０～２３０℃の底部温度、及び約１５０～２００℃、好ましくは１６０～１８０℃、例えば１６５～１７５℃の頂部温度を有しうる。蒸留カラムの頂部の圧力は、絶対圧で３０～７０ｋＰａ、例えば絶対圧で４０～６０ｋＰａ、例えば絶対圧で約５０ｋＰａでありうる。カラムにおける還流比は、２：１～４：１、好ましくは２．５：１～３．５：１、例えば約３：１でありうる。

【００７６】

そのため、本方法は、下流での使用、又は他の生成物へのさらなる処理のために提供されうる、ナフサ画分及び軽油画分を産生する。いくつかの実施形態では、方法はまた、詳細には、下流での使用、又は他の生成物へのさらなる処理のために提供されうる、ケロシン画分を単離する。いくつかの実施形態では、産生されるナフサ又はケロシンの割合を上昇させることが所望される場合、方法は、軽質炭化水素生成物流の分画からの軽油画分を再循環させ、軽質水素化画分とともに水素化分解ステップに提供する、ナフサ又はケロシン画分を産生するための処理を含んでもよい。このようにして、分離された軽油画分を、完全に水素化分解されてナフサ又はケロシン画分種となるまで、再循環させることができる。以前に記載した通り、本方法によってワックスも産生されるため、方法は、中間軽油画分炭化水素の損耗の最小化が達成される、ナフサ画分及びワックスを産生するための処理を含んでもよい。実際に、方法をこのように動作させることによって、驚くべきことに、大きな割合（例えば５０重量％超）の軽油炭化水素を含む液体排出物を産生する熱分解処理を動作させることにより、ワックスとナフサ画分との両方の有利な産生を提供することができる。

【００７７】

一般に、別段の定めがない限り、又は文脈から明らかでない限り、本明細書でＣｘ－ｙ画分に言及する場合、画分は、述べられた範囲に含まれる炭化水素の少なくとも７０重量％、好ましくは少なくとも８０重量％、より好ましくは少なくとも９０重量％、例えば少なくとも９５重量％、例えば少なくとも９８重量％を含むことが認識されよう。いくつかの好ましい実施形態では、Ｃｘ－ｙ炭化水素画分は、ｘ～ｙの炭素数の炭化水素分子から本質的になりうる。

【００７８】

参考までに、別段の定めがない限り、又は反対の意味が意図されることが明白でない限り、本出願において濃度に言及するすべてのパーセントは、重量パーセント（重量％）である。

【００７９】

本発明の方法は、本明細書に記載される様々な装置の特色を使用して実行されうるが、

装置は、本明細書に記載される処理ステップを実行するように構成されうることが認識されよう。

【００８０】

本発明を、説明目的で提供され、特許請求される本発明の範囲を限定することを意図するものでは決してない以下の実施例によって、及び以下の図を参照して、さらに記載する。

［実施例］

【実施例１】

【００８１】

熱分解

ＨＤＰＥ、ＬＤＰＥ及びポリプロピレンを含む廃棄物プラスチックフィードは、溶融押出機で溶融させられ、溶融フィード流がロータリーキルンの注入口に提供された。フィード流は、フィード中の除去されていない任意のＰＶＣからのＨＣｌ形成に起因する腐食を回避するために、酸化カルシウムを含んでいた。溶融押出機は、スクリュー押出機であり、電動ヒーターによって加熱した。

【００８２】

ロータリーキルンは、約８０フィート（２４．３ｍ）の長さと約６フィート（１．８ｍ）の内径とを有する回転ステンレス鋼ドラムを含むものであった。ドラムは、０．１～２ｒｐｍの速さで回転させ、窒素雰囲気下、大気圧をわずかに下回る圧力で動作させた。ロータリーキルンは、等しい長さの４つの逐次加熱ゾーンで加熱され、最初の３つのゾーンは３１５℃～５９５℃の温度で動作させ、最後の加熱ゾーンは４８０℃～７０５℃で動作させた。キルンの加熱は、天然ガスを燃焼させ、各加熱ゾーンの加熱を制御するための区画に分割された、回転ドラムを包囲する外部ジャケットに、燃焼ガスを誘導することによって実行した。キルンにおける滞留時間は６０分、すなわち、最初の３つのゾーンで４５分、最後のゾーンで１５分であった。

【００８３】

ロータリーキルンからの排出物は、チャー、並びにC_{5+}炭化水素液体画分及び非凝縮性気体（C_{1-4}炭化水素ガス及び窒素を含む）を含む流体生成物流を含んでいた。流体生成物流は、蒸発物放出口を通じて蒸発物相においてキルンから取り出して凝縮システムに送られ、一方で、チャーは、キルンからの固体を受け入れるように構成された、分かれたチャー放出口から収集した。

【００８４】

流体生成物流のC_{5+}炭化水素液体画分は、凝縮システムにおいて非凝縮性気体から分離し、非凝縮性気体の一部は、ロータリーキルンの燃料加熱に送った。凝縮システムは、クエンチタワーと、クエンチタワーからの気体を受け入れるために直列に配列された、チューブ及び２つのチューブアンドシェル凝縮器とを含むものであった。流体生成物流を、液溜め上のクエンチタワーに提供し、次いで、４つの噴霧ヘッダーを通じて引き上げた。液体をクエンチタワーの液溜めからポンプで汲み出し、冷却熱交換器を通し（６０℃に冷却）、次いで、噴霧ヘッダーに送った。クエンチタワーの噴霧ヘッダーは、向流で噴霧して、タワーを通じて上がる蒸発物を冷却して凝縮液にするように構成され、次いで、液体は液溜めに落ちる。噴霧はまた、同伴するチャーを洗い落とし、エアロゾルとして下流ユニットの動作に移動することを防止するためにも機能する。クエンチタワーからの冷却された液体の流れを、水と混合し、トリカンタ遠心分離で分離して、同伴するチャー及び他の固体不純物を除去した後、油相をクエンチタワーに戻し、又は下流に送って水素化させる。クエンチタワーで凝縮されなかった任意の気体に、チューブアンドシェル凝縮器を通過させることができ、第１の凝縮器は、約２０℃で動作して、第１の凝縮器、及びクエンチタワーと凝縮器との間のパイプラインから、同伴するチャーを除去するための凝縮物噴霧を提供するように構成される。第１の凝縮器からの凝縮物を、クエンチタワーからの液体とともに、水素化に提供する。第２のチューブアンドシェル凝縮器（約１０℃で動作）からの凝縮物は、他の液体とともに水素化に送ること、又は下流でナフサ画分と組み合わ

せることができる。C_{5+}炭化水素液体画分は、凝縮システムからの液体を受け入れ、液体を水素化反応器に送るように構成された中間貯蔵槽に貯蔵することができる。

【００８５】

キルンの熱分解蒸発物から凝縮したC_{5+}炭化水素液体画分は、以下の特性を有することが見出された。

凝固点：５２℃
密度（６０℃）：０．７７９ｇ／ｍｌ
臭素指数：２０ｇＢｒ／１００ｇ
硫黄（ＡＳＴＭ　Ｄ５４５３－１９ａ）：２２ｍｇ／ｋｇ
塩素（ＵＯＰ　７７９－０８）：７９ｍｇ／ｋｇ
ケイ素（ＡＳＴＭ　Ｄ５１８５－１８）：６ｍｇ／ｋｇ
金属（ＡＳＴＭ　Ｄ５１８５－１８）：１ｍｇ／ｋｇ未満
注：ａ．試験した金属としては、Ｃｒ、Ｃｕ、Ｐｂ、Ｎｉ、Ｚｎ、Ｍｎ、Ｃｄ、Ａｓ、Ｃｏ、Ｓｂが挙げられる。
ｂ．分析機関のＩＣＰの検出限界は１ｍｇ／ｋｇであった。

【００８６】

C_{5+}炭化水素液体画分の模擬蒸留を実行し、結果を図１に示す。C_{5+}炭化水素液体画分におけるガスクロマトグラフィー（ＧＣ，gas chromatography）によって決定される炭素数分布を、図２に示す。見て取ることができる通り、熱分解生成物は、かなりの割合（およそ６０重量％）の軽油範囲又はそれよりも低級（最大約３５０℃の沸点）の炭化水素を含む。分析はまた、熱分解生成物が、ナフサ範囲内のC_{5-8}炭化水素を非常に小さな割合（２重量％未満）でのみ含むことを示した。生成物のＧＣ分析は、オレフィン及び少量の他の炭化水素種に加えて、様々な異性体及びｎ－パラフィンが存在することを示した。

【実施例２】

【００８７】

水素化

実施例１からのC_{5+}炭化水素液体画分をすべて、１２：１の触媒床アスペクト比を有し、$NiMo/Al_2O_3$水素化触媒を含む、固定床水素化反応器に送った。反応器の注入口における温度設定は２６０～２７０℃であり、圧力は５．０ＭＰａであった。フィードは、１．１h^{-1}のＬＨＳＶ及び５００ＮＶ／ＮＶの水素ガス対フィード比で得た。気相H_2S濃度はおよそ０．１％であり、再循環気体の一部を、周囲温度及び反応圧力でCS_2液を通過させ、スキミングすることによって導入した。反応器の放出口における温度はおよそ３５０℃であり、反応器を通じておよそ９０℃の温度上昇を与えた。水素消費は約８．２ｇH_2／ｋｇであった。水素化の間に、C_{3-4}（ＬＰＧ）ガスでもC_{1-2}ガスでも、顕著なフィードのクラッキングは観測されなかった。

【００８８】

水素化生成物は、２ｇＢｒ／１００ｇの臭素指数を有することが見出され、そのため、反応器の注入口における初期温度が３０５℃であり、放出口温度が３３０℃であり、ＬＨＳＶが０．７h^{-1}である、第２の同等の水素化に水素化生成物を送った。２つの水素化ステップにわたる生成物回収は、９５％超であった。

【００８９】

２回水素化した生成物を分析し、以下の特性を有していた。

凝固点：５４℃
密度（６０℃）：０．８０６ｇ／ｍｌ
臭素指数：０．５ｇＢｒ／１００ｇ
硫黄（ＡＳＴＭ　Ｄ５４５３－１９ａ）：１４ｍｇ／ｋｇ
塩素（ＵＯＰ　７７９－０８）：１２ｍｇ／ｋｇ
ケイ素（ＡＳＴＭ　Ｄ５１８５－１８）：６ｍｇ／ｋｇ
金属（ＡＳＴＭ　Ｄ５１８５－１８）：１ｍｇ／ｋｇ未満

注：試験した金属としては、Ｃｒ、Ｃｕ、Ｐｂ、Ｎｉ、Ｚｎ、Ｍｎ、Ｃｄ、Ａｓ、Ｃｏ、Ｓｂ、Ｍｏ、Ａｌが挙げられる。

【００９０】

ＧＣによって、水素化生成物は、水素化前に観測されたオレフィンを実質的に含まないことも見出された。

【実施例３】

【００９１】

分画

次いで、水素化生成物をシングルカットで分画して、軽質水素化C_{5-20}炭化水素画分とC_{20+}ワックス画分とを得た。分画は、真空蒸留を使用して、蒸留塔において実行した。蒸留システムは、リボイラーにおける液体の蒸発効率及び熱交換を改善するための、ジェット噴霧蒸発デバイス及び強制流動機構を装備したリボイラーを含んでいた。蒸留は、以下の条件下で動作させた。

蒸発温度（リボイラーから出る液体）：～２７５℃

蒸発圧力（リボイラー内の液体上）：４～６ｋＰａ（絶対圧）

蒸発出力：～１．１ｋＷ

冷却水温度：～２０℃

凝縮器放出口における圧力：～１ｋＰａＡ

試料液（約１００℃）供給速度：２～２．５ｋｇ／ｈｒ

還流速度：～１リットル／ｈｒ

（真空ポンプの）冷却トラップ温度：－７８℃

【００９２】

蒸留によって、軽質水素化C_{5-20}炭化水素画分とC_{20+}ワックス画分とが産生された。C_{20+}ワックス画分は、軽油の長さの炭化水素の一部（ほとんどがC_{18}及びC_{19}）を含有することが見出され、そのため、好ましくは、これを補償するために、リボイラーの温度を、例えば、およそ２８５℃又はそれよりも高く上昇させてもよい。

【００９３】

軽質水素化C_{5-20}炭化水素画分は、２０℃で０．８０３ｇ／ｍｌの密度、及び０．５の臭素指数を有していた。画分中に残存する硫黄のレベルは１３ｍｇ／ｋｇであった。軽質水素化C_{5-20}炭化水素画分を、水溶性不純物の除去のために工業用軟水で洗浄し、H_2S吸着剤を通過して、画分中に残存するH_2Sを除去した。

【００９４】

軽質水素化C_{5-20}炭化水素画分の模擬蒸留を実行し、結果を図３に示す。軽質水素化C_{5+}炭化水素画分におけるガスクロマトグラフィー（ＧＣ）によって決定される炭素数分布を、図４に示す。見て取ることができる通り、軽質水素化C_{5-20}炭化水素画分は、この範囲内の炭素鎖のほとんどすべてを含有し、存在するC_{21-25}炭化水素は非常に小さな割合にすぎない。

【００９５】

軽質水素化C_{5-20}炭化水素画分はまた、小さな割合のC_{5-10}炭化水素を含有するにすぎず（１０重量％未満の、約１８０℃未満で沸騰する成分）、C_{10-20}軽油画分からのこのナフサ画分の分離は非効率的な処理となる。これによって、多すぎる軽質炭化水素を含む最適とはいえない軽油画分、又は非常に少量のナフサ画分炭化水素を軽油から分離することに起因する、非効率及び無駄が生じる。

【実施例４】

【００９６】

水素化分解

実施例３からの軽質水素化C_{5-20}炭化水素画分の試料を、１Ｌの触媒装填容量を有し、気体再循環ループを有しない恒温灌液床反応器システムにおいて、水素化分解に供した。商業グレードの硫黄系水素化分解触媒（ＮｉＭｏ／ゼオライト）を、触媒として使用した。水素化分解処理中の反応器内のH_2Sレベルを維持するために、フィードと混合し

た硫黄剤としてＣＳ$_2$を使用した。
【００９７】
　水素化分解反応器内の条件は、以下の通りであった。
触媒装填：１Ｌ
反応圧力：６ＭＰａ（ゲージ）
反応器温度：～３３５℃
液空間速度：１．０Ｖ／Ｖ／ｈｒ
Ｈ$_2$対油比：２００ＮＶ／ＮＶ
Ｈ$_2$Ｓレベル：～１０００ｐｐｍｖ
【００９８】
　水素化分解生成物の液体回収は９５％であり、ＬＰＧ又は同様の揮発性物質としての気体の損失は、わずかにあるにすぎなかった。テールガス分析は、Ｃ$_{1-2}$の発生が水素化分解へ向かう供給原料の０．５重量％未満であることを示した。水素化分解生成物の炭素数分布の分析は、６３％の軽油変換（Ｃ$_{10+}$）を示した。
【００９９】
　水素化分解生成物の模擬蒸留を実行し、結果を図５に示すが、ここで、「Ｏ」と表示した水素化分解生成物の模擬蒸留を、実施例３からのＣ$_{5-20}$炭化水素画分と比較する。水素化分解生成物におけるガスクロマトグラフィー（ＧＣ）によって決定される炭素数分布を図６に示すが、ここで、「Ｏ」と表示した水素化分解生成物の炭素数分布を、実施例３からのＣ$_{5-20}$炭化水素画分と比較する。見て取ることができる通り、水素化分解によって炭素数分布が再分配されて、Ｃ$_{10}$よりも小さいナフサ範囲の炭化水素の大幅な強化を得た。
【実施例５】
【０１００】
水素化分解生成物の分画
　実施例４からの水素化分解生成物を、理論段数４０までの４０ｍｍ　ＩＤ充填蒸留カラム、電気加熱式リボイラー及び冷エタノール（－１５℃）で冷却される凝縮器を使用して、真空蒸留システムにおいて分離させた。
【０１０１】
　蒸留は、以下の条件下で動作させた。
塔頂部圧力：～５０ｋＰａ（絶対圧）
塔頂部温度：～１６８℃
供給原料装填：～２．６ｋｇ／バッチ
還流比：３：１
塔底部温度：２２５℃
【０１０２】
　分離はバッチ蒸留として実行したが、連続式で実行してもよく、好ましくは連続式で実行されうることが認識されよう。
【０１０３】
　４．８ｋｇのナフサ画分が収集され、４．４ｋｇの軽油画分と比較すると、水素化分解前の実施例３からのＣ$_{5-20}$炭化水素画分における炭化水素の分布と比較して、水素化分解後はナフサ画分と軽油画分との間で遥かにより対等の分割であることが実証された。分画中の材料損失の合計はおよそ１３重量％であったが、主として、不十分な冷却によって生じる真空ポンプへの揮発性物質の損失に起因し、追加の又はより効率的な冷却を提供することによって回避することができる。
【０１０４】
　水素化分解生成物から分離した２つの画分の模擬蒸留を実行し、結果を図７に示すが、ここで、「Ｙ」と表示したナフサ画分の模擬蒸留を、「Ｚ」と表示した軽油画分と比較する。水素化分解生成物から分離した２つの画分のガスクロマトグラフィー（ＧＣ）によって決定される炭素数分布を図８に示すが、ここで、「Ｙ」と表示したナフサ画分の炭素数

分布を、「Ｚ」と表示した軽油画分と比較する。見て取ることができる通り、ナフサ画分と軽油画分とはきれいに分離され、ナフサ画分中のC_{11+}は非常に少量にすぎず、軽油画分中のC_{10}又はそれよりも小さいものは非常に少量にすぎなかった。

【０１０５】

ナフサ画分を分析し、結果を表１に示すが、ナフサ画分はいくらかのナフテン及び芳香族物質とともに、主としてｎ－及びイソ－パラフィンを含有することを示している。ナフサ画分は、１％未満のオレフィンも含有する。残留物H_2Sを除去するために、高温でH_2S吸収剤によって前処置した軽油画分の分析を、表２に示す。軽油画分は、約６４のセタン価、わずか５．５ｍｇ／ｋｇの硫黄及び最小限の他の不純物を有する。そのため、本方法は、有利には、廃棄物プラスチックフィードの熱分解から、容易に分離可能なナフサ画分と軽油画分とを産生することができる。

【表１】

表1:

試験の説明	単位	試験法	結果
密度@15℃	kg/m^3	ASTM D1298-12b(2017)	703.2
全硫黄	%(m/m)	ASTM D4294-16e1	<0.0150
実在ガム	mg/100mL	ASTM D381-19	1.0
芳香族物質	%(v/v)	ASTM D5134-13	6.29
N-パラフィン	%(v/v)		12.62
ISO-パラフィン	%(v/v)		55.17
芳香族物質 + ナフテン	%(v/v)		30.79
オレフィン	%(v/v)	ASTM D1319-20a	<1.0
色、セーボルト	--	ASTM D156-15	+30
Pbとしての鉛	ng/g	SN/T 1410-2004(2012)	<5
総発熱量	MJ/kg	計算	49.53
蒸留			
IBP	℃	ASTM D86-20b	28.6
10%回収	℃		49.7
30%回収	℃		68.1
50%回収	℃		89.0
70%回収	℃		112.0
90%回収	℃		137.1
FBP	℃		156.0
リード蒸気圧@37.8℃	kPa	ASTM D323-20a	69.00
金属含有量			
クロム	mg/kg	ICP	<1
銅	mg/kg		<1
鉛	mg/kg		<1
ニッケル	mg/kg		<1
ケイ素	mg/kg		5
亜鉛	mg/kg		<1
マンガン	mg/kg		<1
カドミウム	mg/kg		<1
ヒ素	mg/kg		<1
コバルト	mg/kg		<1
アンチモン	mg/kg		<1
モリブデン	mg/kg		<1
アルミニウム	mg/kg		<1
塩化物	mg/kg	ASTM D5808-20	<1.0

【表２】

表2:

試験の説明	単位	試験法	結果
セタン価	--	EN ISO 5165:2020	64.3
セタン指数	--	EN ISO 4264:2018	64.4
密度@15℃	kg/L	EN ISO 12185:1996	0.7925
硫黄	mg/kg	EN ISO 20846:2019	5.5
蒸留			
250℃回収	%(v/v)	EN ISO 3405:2019	62.6
350℃回収	%(v/v)		97.5
95%(v/v)回収	℃		291.4
多環式芳香族物質	%(m/m)	EN 12916:2019(E)	0.9
引火点	℃	EN ISO 2719:2016	73.0
粘度@40℃	mm^2/s	EN ISO 3104:2020	1.890
10%蒸留残渣の残留炭素	%(m/m)	EN ISO 10370:2014	<0.10
銅板腐食(50℃、3h)	--	EN ISO 2160:1998	1a
灰	%(m/m)	EN ISO 6245:2001	0.001
全不純物	mg/kg	EN 12662:2014(E)	<12.0
酸化安定性	g/m^3	EN ISO 12205:1995	3
60℃における潤滑性	um	EN ISO 12156-1:2018	690
脂肪酸メチルエステル	%(v/v)	EN 14078:2014(E)	<0.5
水	mg/kg	EN ISO 12937:2000	89
目詰まり点	℃	EN 116:2015(E)	-18

【０１０６】

加えて、図６に図示される通り、水素化分解生成物はＣ８－１６炭化水素を含み、そのため、強化Ｃ５－２０炭化水素流からケロシン画分を単離することができる。同様に、図８は、ナフサ画分（Ｙ）及び軽油画分（Ｚ）が、単離してケロシンを形成することができる炭化水素も含むことを図示している。

【０１０７】

図９は、本方法を実行するためのシステムの処理フローを模式的に示している。ロータリーキルン反応器２においてポリマーフィードを熱分解し、熱分解からの凝集性液体のすべてを含むキルンからの流体排出物を、水素化反応器４に提供する。反応器４からの水素化炭化水素流を分画段階６に送って、Ｃ２０＋ワックス画分１０及びＣ５－２０炭化水素画分８（軽油／ナフサ画分）を得る。Ｃ５－２０炭化水素画分８を水素化分解段階１２に送り、ここでＣ５－２０炭化水素画分８が水素化分解を受けて、流れ中のＣ５－１０炭化水素が強化される。次いで、１２からの水素化分解流を分画段階１４において分離して、ナフサ画分１６、軽油画分１８を得、ケロシン画分２０を得てもよい。

【図面】

【図１】

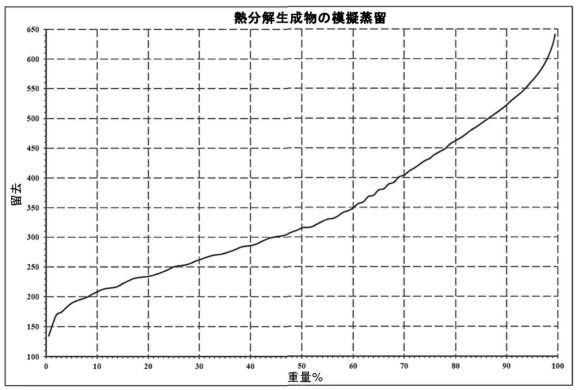

Figure 1

【図２】

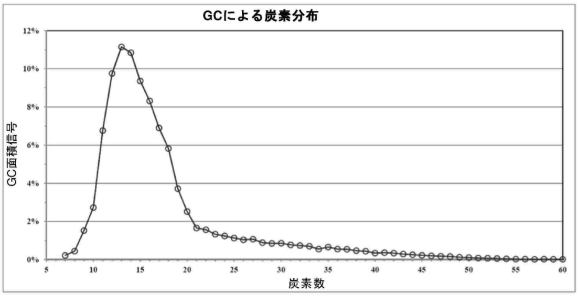

Figure 2

【図３】

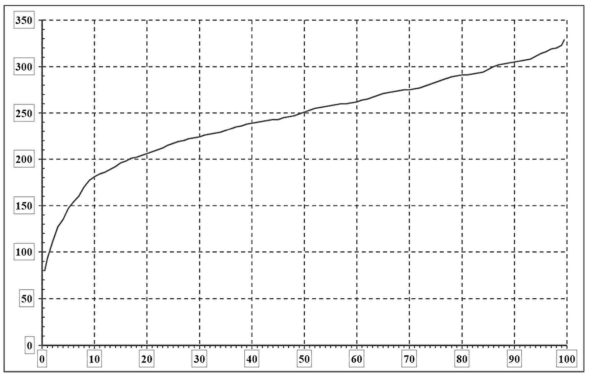

Figure 3

【図４】

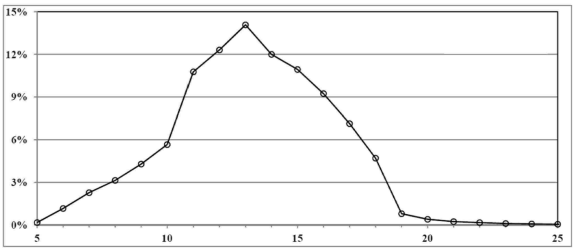

Figure 4

【図５】

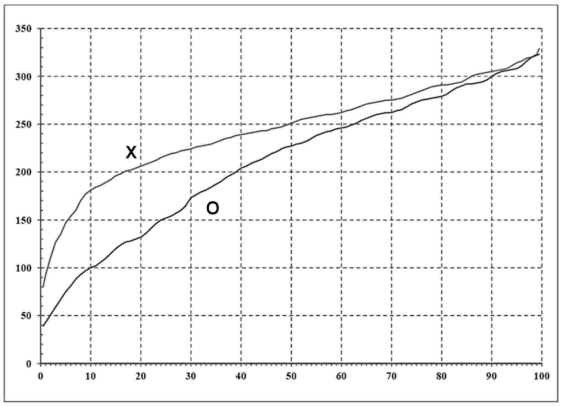

Figure 5

【図６】

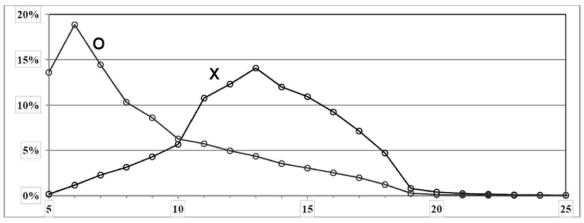

Figure 6

【図７】

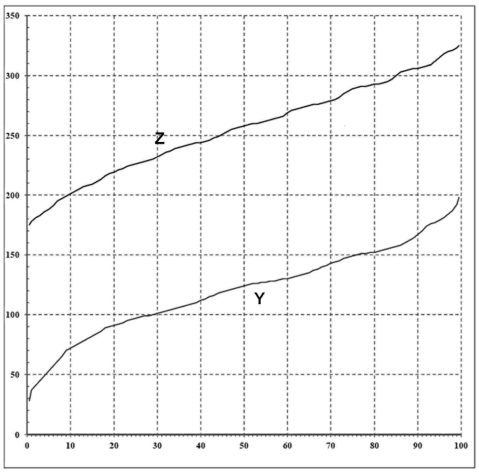

Figure 7

【図８】

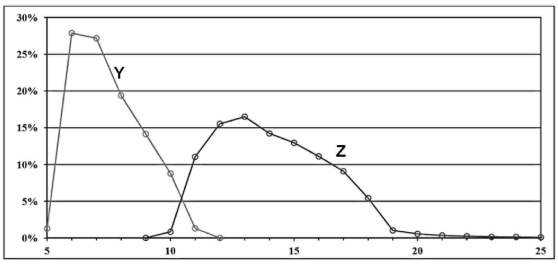

Figure 8

【図９】

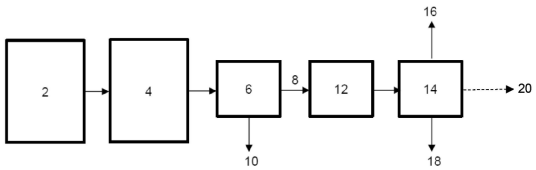

Figure 9

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/GB2023/051494

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. C10B53/07 C10G1/10 C10G65/12 C10G63/04
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

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.
Y	WO 2022/023263 A1 (IFP ENERGIES NOW [FR]; REPSOL SA [ES]) 3 February 2022 (2022-02-03) page 1, lines 24-29 abstract; claims; figure 1 page 31, lines 13-27	1-36
Y	US 2016/024390 A1 (ULLOM WILLIAM [US]) 28 January 2016 (2016-01-28) paragraphs [0050], [0051], [0073]; claims 1-36; figure 1 paragraph [0085]	1-36

-/--

[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
5 September 2023	12/09/2023

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/GB2023/051494

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	BUTLER E. ET AL: "Waste Polyolefins to Liquid Fuels via Pyrolysis: Review of Commercial State-of-the-Art and Recent Laboratory Research", WASTE AND BIOMASS VALORIZATION, vol. 2, no. 3, 1 August 2011 (2011-08-01), pages 227-255, XP055895343, NL ISSN: 1877-2641, DOI: 10.1007/s12649-011-9067-5 Retrieved from the Internet: URL:https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s12649-011-9067-5.pdf> the whole document -----	1-36
A	KR 2021 0150277 A (SK INNOVATION CO LTD [KR]; SK GEO CENTRIC CO LTD [KR]) 10 December 2021 (2021-12-10) paragraphs [0037] - [0047]; claims -----	1-36

2

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

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/GB2023/051494

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2022023263 A1	03-02-2022	AU 2021318798 A1	09-02-2023
		BR 112023001482 A2	11-04-2023
		CA 3185358 A1	03-02-2022
		CN 116194555 A	30-05-2023
		EP 4189038 A1	07-06-2023
		FR 3113060 A1	04-02-2022
		JP 2023535638 A	18-08-2023
		KR 20230044444 A	04-04-2023
		TW 202216968 A	01-05-2022
		WO 2022023263 A1	03-02-2022
US 2016024390 A1	28-01-2016	AU 2013221354 A1	25-09-2014
		BR 112014020088 A2	20-06-2017
		CA 2864504 A1	22-08-2013
		CL 2014002146 A1	12-06-2015
		CN 104185672 A	03-12-2014
		CN 105219406 A	06-01-2016
		DK 2814909 T3	30-01-2023
		EP 2814909 A1	24-12-2014
		ES 2938584 T3	12-04-2023
		FI 2814909 T3	05-04-2023
		JP 2015512972 A	30-04-2015
		KR 20140138157 A	03-12-2014
		MX 371026 B	13-01-2020
		PL 2814909 T3	11-04-2023
		RU 2014134984 A	10-04-2016
		SG 11201404791R A	26-09-2014
		US 2016024390 A1	28-01-2016
		WO 2013123377 A1	22-08-2013
KR 20210150277 A	10-12-2021	NONE	

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

フロントページの続き

(51)国際特許分類		FI			テーマコード（参考）
Ｂ０１Ｊ	*23/883(2006.01)*	Ｂ０１Ｊ	23/883	M	
Ｂ０１Ｊ	*29/076(2006.01)*	Ｂ０１Ｊ	29/076	M	

,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

弁理士　堀内 真

(74)代理人　100150902

弁理士　山内 正子

(74)代理人　100141391

弁理士　園元 修一

(74)代理人　100221958

弁理士　篠田 真希恵

(74)代理人　100192441

弁理士　渡辺 仁

(72)発明者　アトキンス マーティン

イギリス国 ティーエス１０ ４アールエフ ティーズサイド レッドカー ザ ウィルトン センター グリーン リザード テクノロジーズ エルティーディー シー／オー

Ｆターム（参考）

4F401 AA08 AA09 AA10 BA02 BA03 CA26 CA29 CA58 CA63 CA67 CA70 CA90 CB16 EA17 EA44 EA48 EA77 FA01Z FA02Z

4G169 AA03 BA01A BA01B BA02A BA03A BA07A BA07B BC59A BC59B BC60A BC65A BC66A BC67A BC68A BC68B BC69A BC70A BC71A BC72A BC73A BC74A BC75A CB02 CB62 CC05 DA06 EE08 FA08 FB50 ZA01A ZA01B ZD06 ZF05A ZF05B

4H012 HA04

4H129 AA03 BA04 BB03 BC06 BC25 CA22 DA15 EA01 KA06 KA12 KB01 KB03 KC03X KC03Y KC04X KC10X KC13X KD15X KD15Y KD16X KD19X KD20X KD22X KD24X KD24Y KD25X KD26X KD28X NA22 NA23 NA43