(19)日本国特許庁(JP)　(12)公表特許公報(A)　(11)公表番号
特表2025-500179
(P2025-500179A)
(43)公表日　令和7年1月9日(2025.1.9)

(51)国際特許分類		FI		テーマコード（参考）
Ｃ１０Ｇ	*9/34 (2006.01)*	Ｃ１０Ｇ	9/34	４Ｈ１２９
Ｃ１０Ｇ	*9/36 (2006.01)*	Ｃ１０Ｇ	9/36	
Ｃ１０Ｇ	*9/24 (2006.01)*	Ｃ１０Ｇ	9/24	

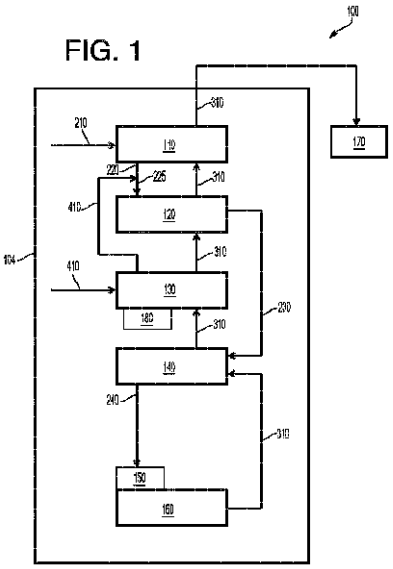
審査請求　未請求　予備審査請求　未請求　（全20頁）

(21)出願番号　特願2024-535259(P2024-535259)
(86)(22)出願日　令和4年12月15日(2022.12.15)
(85)翻訳文提出日　令和6年6月12日(2024.6.12)
(86)国際出願番号　PCT/US2022/081615
(87)国際公開番号　WO2023/114883
(87)国際公開日　令和5年6月22日(2023.6.22)
(31)優先権主張番号　63/290,692
(32)優先日　令和3年12月17日(2021.12.17)
(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　502141050
ダウ グローバル テクノロジーズ エルエルシー
アメリカ合衆国 ミシガン州 ４８６７４，ミッドランド，エイチ エイチ ダウ ウェイ ２２１１
(74)代理人　100092783
弁理士　小林 浩
(74)代理人　100095360
弁理士　片山 英二
(74)代理人　100120134
弁理士　大森 規雄
(74)代理人　100187964
弁理士　新井 剛
(72)発明者　カンペルマン、ヴィム
最終頁に続く

(54)【発明の名称】　炭化水素の品質向上を改善するためのシステム及びプロセス

(57)【要約】
炭化水素系組成物の品質を向上させるためのシステム及びプロセスであって、電気、集中太陽放射熱、原子炉熱、地熱、溶融塩、溶融金属、又はこれらの組み合わせで加熱された反応ゾーンに炭化水素系組成物を導入することと、当該炭化水素系組成物を当該反応ゾーン内で加熱して生成物流を生成することと、当該生成物流を冷却して、冷却された生成物流を作製することと、を含み、当該反応ゾーンが煙道ガスを生成しない、システム及びプロセス。



【特許請求の範囲】
【請求項１】
炭化水素系組成物の品質を向上させるためのプロセスであって、
電気、集中太陽放射熱、原子炉熱、地熱、溶融塩、溶融金属、又はこれらの組み合わせで加熱された反応ゾーンに前記炭化水素系組成物を導入することと、
前記炭化水素系組成物を前記反応ゾーン内で加熱して生成物流を生成することと、
前記生成物流を冷却して、冷却された生成物流を生成することと、
を含み、
前記反応ゾーンが煙道ガスを生成しない、プロセス。
【請求項２】
前記炭化水素系組成物を前記反応ゾーン内で加熱する前に前記炭化水素系組成物を予熱することをさらに含み、前記炭化水素系組成物を予熱することが、前記生成物流から前記炭化水素系組成物に熱を伝達し、それによって前記生成物流を冷却することを含む、請求項１に記載の方法。
【請求項３】
前記生成物流を冷却することが、
前記生成物流から希釈蒸気流に熱を伝達すること、
前記生成物流から前記炭化水素系組成物に熱を伝達すること、又は
両方を含む、請求項１又は２に記載の方法。
【請求項４】
供給物流を供給物予熱ユニットに導入することと、
前記生成物流を前記供給物予熱ユニットに導入することと、
前記供給物予熱ユニット内で前記供給物流を予熱して予熱された炭化水素系組成物を生成し、前記生成物流から前記供給物流に熱を伝達することによって、前記供給物予熱ユニット内で前記生成物流を冷却することと、
をさらに含む、請求項１～３のいずれかに記載の方法。
【請求項５】
前記予熱された炭化水素系組成物を第１の炭化水素加熱ユニットに導入することと、
前記生成物流を前記第１の炭化水素加熱ユニットに導入することと、
前記第１の炭化水素加熱ユニット内で前記予熱された炭化水素系組成物を加熱して、加熱された炭化水素系組成物を生成することと、前記生成物流から前記予熱された炭化水素系組成物に熱を伝達することを含む前記第１の炭化水素加熱ユニット内で前記生成物流を冷却することと、
をさらに含む、請求項４に記載の方法。
【請求項６】
前記加熱された炭化水素系組成物を第２の炭化水素加熱ユニットに導入することと、
前記生成物流を前記第２の炭化水素加熱ユニットに導入することと、
前記第２の炭化水素加熱ユニット内で前記加熱された炭化水素系組成物を加熱して、炭化水素系組成物を生成することと、前記生成物流から前記加熱された炭化水素系組成物に熱を伝達することを含む前記第２の炭化水素加熱ユニット内で前記生成物流を冷却することと、
をさらに含む、請求項５に記載の方法。
【請求項７】
希釈蒸気流を蒸気ユニットに導入することと、
前記生成物流を前記蒸気ユニットに導入することと、
前記生成物流から前記希釈蒸気流に熱を伝達することによって、前記希釈蒸気加熱ユニット内で前記生成物流を冷却することと、
をさらに含む、請求項５又は請求項６に記載の方法。
【請求項８】
前記炭化水素系組成物を前記反応ゾーン内で加熱して生成物流を生成することが、前記

炭化水素系組成物を７００℃～９５０℃の範囲の反応温度に加熱し、それによって前記炭化水素系組成物を分解して前記生成物流を生成することを含む、請求項１～７のいずれかに記載の方法。

【請求項９】

前記冷却された生成物流を、溶融塩、溶融金属、有機流体、無機流体、又はこれらの組み合わせを含むものでさらに冷却することをさらに含む、請求項１～８のいずれかに記載の方法。

【請求項１０】

前記炭化水素系組成物が、ナフサ、エタン、プロパン、ブタン、ペンタン、常圧軽油（atmospheric gas oil、ＡＧＯ）、減圧軽油（vacuum gas oil、ＶＧＯ）、又はこれらの組み合わせを含み、前記生成物流が、水素、オレフィン、及び芳香族炭化水素を含む、請求項１～９のいずれかに記載の方法。実施形態では、オレフィンは、例えば、エチレン（C_2H_4）、プロピレン（C_3H_6）、ブチレン（C_4H_8）、又はそれらの組み合わせなどのC_2～C_5オレフィンを含む。

【請求項１１】

炭化水素系組成物の品質を向上させるためのシステムであって、

加熱カラムを含む反応容器と、

溶融塩、溶融金属、有機流体、無機流体、又はこれらの組み合わせを含む熱回収交換器と、

電気ヒーターと、

を備え

前記加熱カラムが、前記電気ヒーターに熱的に接続されており、

前記加熱カラムが、前記熱回収交換器に熱的に接続されている、システム。

【請求項１２】

反応ゾーンをさらに備え、前記加熱カラムが、予熱ユニット、第１の炭化水素ユニット、希釈ユニット、第２の炭化水素ユニット、及びトリムヒーター、トリムクーラー、又はその両方を備え、

前記第１の炭化水素ユニットが、前記予熱ユニット、前記希釈ユニット、及び前記第２の炭化水素ユニットに流体的に接続されており、

前記第２の炭化水素ユニットが、前記希釈ユニット、前記第１の炭化水素ユニット、及び前記反応ゾーンに流体的に接続されている、請求項１１に記載のシステム。

【請求項１３】

前記加熱カラムが、前記電気ヒーターによって単独で加熱される、請求項１１又は１２に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

関連出願の相互参照

本出願は、２０２１年１２月１７日に出願された「ＳＹＳＴＥＭＳ ＡＮＤ ＰＲＯＣＥＳＳＥＳ ＦＯＲ ＩＭＰＲＯＶＩＮＧ ＨＹＤＲＯＣＡＲＢＯＮ ＵＰＧＲＡＤＩＮＧ」と題する米国特許出願第６３／２９０，６９２号の利益及び優先権を主張するものであり、その内容全体が参照により本開示に組み込まれる。

【０００２】

本明細書は、一般に、電気加熱の使用によって二酸化炭素（CO_2）排出を最小限に抑えながら、炭化水素系組成物を所望の生成物に変換するためのシステム及びプロセスに関する。特に、本明細書は、電気によって加熱される反応ゾーンを使用するシステム及びプロセスに関する。

【背景技術】

【０００３】

供給原料であるエタン、プロパン、ブタン、ナフサ、及び他の炭化水素は、水素、オレ

フィン、及び芳香族炭化水素などの商業的に価値のある製品として使用することができるようになる前に、品質を向上させなければならない。この品質向上プロセスでは、従来、例えばメタンの燃焼などの燃焼を使用して炭化水素系組成物を加熱し、当該炭化水素系組成物を所望の生成物を含む生成物流に変換する反応器システムが利用されている。さらに、従来の反応器システムの燃焼炉では、追加のCO_2排出が生じる。

【０００４】

したがって、CO_2排出を低減しながら、炭化水素系組成物を所望の生成物に変換するためのシステム及びプロセスが必要とされている。

【発明の概要】

【０００５】

本開示の一実施形態によれば、炭化水素系組成物の品質を向上させるためのシステムは、加熱カラムを含む反応容器と、溶融塩、溶融金属、有機流体を伝熱媒体として含むか、又は中間流体伝熱がないか、又はこれらの組み合わせである熱回収交換器と、電気ヒーターとを備え、当該加熱カラムは当該電気ヒーターに熱的に接続され、当該加熱カラムは当該熱回収交換器に熱的に接続されている。

【０００６】

本開示の別の実施形態によれば、炭化水素系組成物の品質を向上させるためのプロセスは、電気、集中太陽放射熱、原子炉熱、地熱、溶融塩、溶融金属、又はこれらの組み合わせで加熱された反応ゾーンに炭化水素系組成物を導入することと、当該炭化水素系組成物を当該反応ゾーン内で加熱して生成物流を生成することと、当該生成物流を冷却して、冷却された生成物流を作製することと、を含み、当該反応ゾーンは煙道ガスを生成しない。

【０００７】

追加の特徴及び利点は、以下の「発明を実施するための形態」において記載され、その記載から当業者には容易に部分的に明らかになるか、又は以下の「発明を実施するための形態」、特許請求の範囲、並びに添付の図面を含む本明細書に記載される実施形態を実施することによって部分的に認識されるであろう。

【０００８】

上記の全般的な説明及び下記の詳細な説明の両方は、様々な実施形態を説明し、特許請求される主題の性質及び特徴を理解するための概要又は枠組みの提供を意図していることを理解されたい。添付の図面は、様々な実施形態の更なる理解を提供するために含まれ、かつ本明細書に組み込まれ、その一部を構成する。図面は、本明細書に記載される様々な実施形態を例示し、説明とともに、特許請求される主題の原則及び動作を説明する役目を果たす。

【図面の簡単な説明】

【０００９】

【図１】本明細書に開示及び記載される実施形態による、炭化水素系組成物を所望の生成物へと品質向上させるためのシステム及びプロセスを概略的に示す。

【図２】本明細書に開示及び記載される実施形態による、炭化水素系組成物を所望の生成物へと品質向上させるためのシステム及びプロセスを概略的に示す。

【発明を実施するための形態】

【００１０】

次に、炭化水素系組成物を、例えば、水素、オレフィン、又は芳香族炭化水素のうちの少なくとも１つなどの所望の生成物へと品質向上させるためのシステム及びプロセスの実施形態を詳細に参照し、その実施形態を添付の図面に示す。可能な限り常に、同一又は類似の部分を参照するために、図面全体を通して同じ参照番号を使用する。

【００１１】

一実施形態では、炭化水素系組成物の品質を向上させるためのシステムは、加熱カラムを含む反応容器と、溶融塩、溶融金属、有機流体を伝熱媒体として含むか、又は中間流体伝熱がないか、又はこれらの組み合わせである熱回収交換器と、電気ヒーターとを備え、当該加熱カラムは当該電気ヒーターに熱的に接続され、当該加熱カラムは当該熱回収交換

器に流体的に接続されている。これらのシステムのうちの１つ以上を別のタイプの熱交換器によって置き換えてもよい。

【００１２】

別の実施形態では、炭化水素系組成物の品質を向上させるためのプロセスは、炭化水素系組成物を反応ゾーンに導入することと、当該炭化水素系組成物を当該反応ゾーン内で加熱して生成物流を生成することと、当該生成物流を冷却して、冷却された生成物流を作製することと、を含み、当該反応ゾーンは電気によって加熱される。

【００１３】

次に図１を参照すると、炭化水素系組成物を所望の生成物に変換するためのシステムの実施形態が提供されている。図１に示す実施形態は例示的なものであり、本開示の範囲を限定するものではないことが理解されるべきである。図１に描かれた実施形態に示されるように、炭化水素系組成物２４０を所望の生成物を含む生成物流３１０に変換するためのシステム１００は、直列及び／又は並列に、供給物予熱ユニット１１０、第１の炭化水素加熱ユニット１２０、希釈蒸気加熱ユニット１３０、第２の炭化水素加熱ユニット１４０、電気ヒーター１５０、及び反応ゾーン１６０を備える。様々な実施形態によれば、システム１００は、システム１００の上に列挙した構成要素の様々な組み合わせを含み得ることが理解されるべきである。さらに、システム１００は、直列及び／又は並列に互いに熱的に連結され得る１つ以上の熱交換器を備えていてもよい。

【００１４】

図１に示すように、実施形態では、反応ゾーン１６０は、本明細書で定義される反応条件を作り出すことができる加熱カラム１０４の一部であってもよい。しかしながら、実施形態では、反応ゾーン１６０は、図２に示すように、加熱カラム１０４の外側にあってもよく、加熱カラム１０４に流体的に接続され得る。反応ゾーン１６０は、６００℃～１２００℃、例えば、８００℃～１０００℃、８５０℃～９５０℃、又は８２５℃～９００℃の範囲の温度、及び０ｂａｒゲージ（０ｋＰａゲージ）を超える圧力、例えば、少なくとも０．５ｂａｒ（５０ｋＰａ）又は少なくとも１ｂａｒ（１００ｋＰａ）で動作し得る。動作圧力が低いほど、選択性が良好になる。動作圧力は、下流の圧力降下と、大気圧を上回る圧力で下流のプロセスを実行することが典型的に望まれることとによって制限を受ける。実施形態では、反応ゾーンにおける動作圧力は、０ｂａｒゲージ（０ｋＰａゲージ）を超える任意の値であってよい。いくつかの実施形態では、反応ゾーン１６０は、０．５～３ｂａｒ（５０～３００ｋＰａ）、１～３ｂａｒ（１００～３００ｋＰａ）、２～３ｂａｒ（２００～３００ｋＰａ）、０．５～２ｂａｒ（５０～２００ｋＰａ）、１～２ｂａｒ（１００～２００ｋＰａ）、又は０．５～１ｂａｒ（５０～１００ｋＰａ）のゲージ圧で動作し得る。

【００１５】

いくつかの実施形態では、反応ゾーン１６０内での反応に必要とされるデューティ（又は電力）は、毎時２０ギガカロリー（Ｇｃａｌ／時）～５０Ｇｃａｌ／時、２０Ｇｃａｌ／時～４０Ｇｃａｌ／時、２０Ｇｃａｌ／時～３５Ｇｃａｌ／時、２０Ｇｃａｌ／時～３２Ｇｃａｌ／時、２５Ｇｃａｌ／時～５０Ｇｃａｌ／時、２５Ｇｃａｌ／時～４０Ｇｃａｌ／時、２５Ｇｃａｌ／時～３５Ｇｃａｌ／時、２５Ｇｃａｌ／時～３２Ｇｃａｌ／時、３０Ｇｃａｌ／時～５０Ｇｃａｌ／時、３０Ｇｃａｌ／時～４０Ｇｃａｌ／時、３０Ｇｃａｌ／時～３５Ｇｃａｌ／時、又は３０Ｇｃａｌ／時～３２Ｇｃａｌ／時の範囲であってよい。反応に必要なデューティは、実施形態によれば、スループットに比例し得ることが理解される。

【００１６】

本明細書に開示される炭化水素系組成物を所望の生成物に変換するためのシステム及びプロセスは、CO_2排出の低減の必要性、電気加熱による少なくとも１つの反応ゾーン１６０の加熱の必要性、又は対流、伝導、若しくは熱放射による直接若しくは間接的な熱入力の必要性に対処する。いくつかの例としては、集中太陽放射熱、原子炉熱、地熱、又は溶融塩若しくは溶融金属における蓄熱が挙げられる。実施形態では、電気ヒーター１５０

は、炭化水素系組成物２４０をおよそ６００℃の所望の反応ゾーン１６０入口温度に加熱する。従来の燃焼反応器は、燃焼からの副生成物として煙道ガス（一般に６００℃よりも高い温度を有する）を生成する。従来の品質向上システム及びプロセスでは、煙道ガスは、燃焼反応の熱及びエネルギー入力のおよそ６０％を構成し、それによって著しい非効率性が生じる。煙道ガスは、燃焼反応の自然な結果であり、反応のエネルギーのおよそ６０％を有するので、煙道ガスからの熱は、従来、変換反応ゾーンの上流で利用されて、反応前に炭化水素系組成物を加熱し、希釈蒸気流を加熱する。本明細書に開示される反応ゾーンから煙道ガスは生じないので、本開示のシステム及びプロセスは、反応前に炭化水素系組成物を加熱し、希釈蒸気流を加熱するための新たなプロセス設計を組み込む。

【００１７】

いくつかの実施形態では、反応器システム１００を、電気リード線を通して反応器システム１００に電流を提供する電流源に接続する。実施形態では、加熱カラム１０４は、少なくとも１つのトリム温度コントローラ１８０を備えていてよい。実施形態では、トリム温度コントローラ１８０は、加熱又は冷却するように構成されたトリムヒーター又はトリムクーラーであってよい。実施形態では、トリムヒーター１８０は、加熱又は冷却のいずれかを行うための単一ユニットであってもよく、他の実施形態では、別個のユニットによって加熱及び冷却が提供されてもよい。実施形態では、トリムヒーターは電気的に駆動され得る。電流は、電気ヒーター１５０、トリムヒーター、又はそれらの組み合わせに供給され得る。電気リード線は、電流源と電気ヒーター１５０、少なくとも１つのトリム温度コントローラ１８０、又はその両方との間の電気的接続を介して、電流源から電気ヒーター１５０、少なくとも１つのトリム温度コントローラ１８０、又はその両方に電流を伝達する。様々な実施形態では、電流源は、CO_2を排出しない再生可能エネルギー源であってよい。電流源は、実施形態では、原子力、蒸気エネルギー、天然ガス、石炭などであってよい。電流の供給源は、実施形態では、電池、太陽発電力、風力エネルギー、水力発電力などの再生可能な供給源であってよい。電流は、システム１００の外部で減少又は増加し得る。いくつかの実施形態では、電気ヒーター１５０、少なくとも１つのトリム温度コントローラ１８０、又は両方において発生する熱を制御するために、電流は、能動的に制御され、入り切りされ、減少又は増加され得る。

【００１８】

いくつかの実施形態では、反応器システム１００の加熱カラム１０４は、（図示されるように）１つの反応ゾーン１６０を備える。いくつかの実施形態では、加熱カラム１０４は、少なくとも２つの反応ゾーン１６０を備える（追加の反応ゾーンは図示せず）。少なくとも２つの反応ゾーン１６０は、並列又は直列に構成され得る。これらの少なくとも２つの反応ゾーン１６０はそれぞれ、独立して電流を受け取ることができる。熱に変換され得る電流の電圧は、特定のアンペアの電流と共に、反応ゾーン１６０の熱を示す。具体的には、炭化水素系組成物２４０を変換するプロセス中の反応ゾーン１６０の温度は、反応ゾーン１６０を加熱する電気ヒーターの抵抗率の値及び電気ヒーター１５０において熱に変換される電流のアンペアから決定することができる。ジュールの第１法則には、式１によって示されるように、電気導体によって生成される熱の電力（Ｐ）が、その抵抗（Ｒ）と電流の二乗（Ｉ）との積に比例することが述べられている。

$$P \propto I^2 R \quad (1)$$

【００１９】

実施形態によれば、１つ以上の追加の構成要素が反応器システム１００に含まれていてもよい。図１に示すような実施形態では、加熱カラム１０４は、供給物予熱ユニット１１０、第１の炭化水素加熱ユニット１２０、希釈蒸気加熱ユニット１３０、及び第２の炭化水素加熱ユニット１４０をさらに備えていてよい。第１の炭化水素加熱ユニット１２０は、供給物予熱ユニット１１０、希釈蒸気加熱ユニット１３０、及び第２の炭化水素加熱ユニット１４０に流体的に接続されていてよい。第２の炭化水素加熱ユニット１４０は、希釈蒸気加熱ユニット１３０、第１の炭化水素加熱ユニット１２０、及び反応ゾーン１６０に流体的に接続されていてよい。供給物予熱ユニット１１０、第１の炭化水素加熱ユニッ

ト１２０、希釈蒸気加熱ユニット１３０、及び第２の炭化水素加熱ユニット１４０は、熱交換器として機能することができる。システム１００内に１つ以上の熱交換器が存在してもよく、これらは並列及び／又は直列であってよい。熱交換器は、システムの電気エネルギー消費を最小限に抑えることができる。前述の通り、加熱カラム１０４は、少なくとも１つのトリム温度コントローラ１８０を更に備えていてよい。トリム温度コントローラ１８０は、供給物予熱ユニット１１０、第１の炭化水素加熱ユニット１２０、希釈蒸気加熱ユニット１３０、又は第２の炭化水素加熱ユニット１４０のうちの少なくとも１つに熱的に接続され得る。図１は、希釈蒸気加熱ユニット１３０のみに熱的に接続されているトリム温度コントローラ１８０を示すが、これは単に例示的な実施形態として理解されるべきである。図２に示すように、供給物予熱ユニット１１０、第１の炭化水素加熱ユニット１２０、希釈蒸気加熱ユニット１３０、又は第２の炭化水素加熱ユニット１４０のそれぞれに接続されたトリム温度コントローラ１８０が存在してもよい。したがって、トリム温度コントローラ１８０は、必要に応じて、供給物予熱ユニット１１０、第１の炭化水素加熱ユニット１２０、希釈蒸気加熱ユニット１３０、又は第２の炭化水素加熱ユニット１４０のいずれかに接続されていてもよく、又は接続されていなくてもよいことが理解されるべきである。実施形態では、トリム温度コントローラ１８０は、必要に応じて、供給物予熱ユニット１１０、第１の炭化水素加熱ユニット１２０、希釈蒸気加熱ユニット１３０、又は第２の炭化水素加熱ユニット１４０のうちの少なくとも１つを加熱又は冷却するように構成されたトリムヒーター又はトリムクーラーであってよい。実施形態では、トリム温度コントローラ１８０は、他の手段によって電気的に加熱及び冷却されてもよい。トリム温度コントローラ１８０は、供給物予熱ユニット１１０、第１の炭化水素加熱ユニット１２０、希釈蒸気加熱ユニット１３０、又は第２の炭化水素加熱ユニット１４０のいずれかを加熱又は冷却して、システム内の加熱及び冷却効率を最適化するように動作する。

【００２０】

１つ以上の実施形態によれば、図１の実施形態に示されているシステム１００を使用する、炭化水素系組成物２４０を、例えば、水素、オレフィン、又は芳香族炭化水素のうちの少なくとも１つを含む生成物流３１０などの所望の生成物に変換するためのプロセスについて次に説明する。炭化水素系組成物２４０が反応ゾーン１６０に導入される。炭化水素系組成物２４０は、様々な実施形態によれば、ナフサ又はより重質の炭化水素混合物、メタン、エタン、プロパン、ブタン、ペンタン、水、並びに低レベルのCO_2、ＣＯ、N_2、及びH_2のうちの少なくとも１つを含み得ることが理解されるべきである。実施形態では、ナフサは、非限定的な例として、常圧軽油、減圧軽油、又はその両方を含んでいてよい。実施形態では、ブタンは、非限定的な例として、ｎ－ブタン、ｉ－ブタン、又はその両方を含んでいてよい。いくつかの実施形態では、炭化水素系組成物２４０は、C_1～C_5炭化水素を含む。他の実施形態では、炭化水素系組成物２４０は、C_1～C_{20}炭化水素を含む。さらに別の実施形態では、炭化水素系組成物２４０は、C_1～C_{50}炭化水素を含む。

【００２１】

反応ゾーン１６０が動作する温度は、炭化水素系組成物２４０を、例えば、水素、オレフィン、芳香族炭化水素、又はそれらの組み合わせなどの所望の生成物に変換するための反応を駆動することができる限り、特に限定されない。実施形態では、反応ゾーン１６０は、少なくともC_2炭化水素を含む炭化水素系組成物２４０を、少なくともC_2オレフィンを含む生成物流３１０に変換することができる。１つ以上の実施形態では、反応ゾーン１６０は、摂氏６００度（℃）～８５０℃、例えば８２５℃～８４５℃、又は約８４０℃の温度で動作する。同様に、反応ゾーン１６０が動作する圧力は、上記の反応を駆動することができる限り特に限定されず、１つ以上の実施形態では、反応ゾーン１６０は、０．３～３ｂａｒ（ｇ）（３０～３００ｋＰａ）、１～３ｂａｒ（ｇ）（１００～３００ｋＰａ）、２～３ｂａｒ（ｇ）（２００～３００ｋＰａ）、０．５～２ｂａｒ（ｇ）（５０～２００ｋＰａ）、１～２ｂａｒ（ｇ）（１００～２００ｋＰａ）、又は０．５～１ｂａｒ（ｇ）（５０～１００ｋＰａ）の圧力で動作する。

【００２２】
最後に、プロセスは、炭化水素系組成物２４０を反応ゾーン１６０内で生成物流３１０に変換することと、生成物流３１０を反応ゾーン１６０から取り出すこととを含む。炭化水素系組成物２４０を生成物流３１０に変換することは、炭化水素系組成物２４０の温度を上昇させ、それによって生成物流３１０を生成する化学反応を引き起こすことを含み得る。炭化水素系組成物２４０は、生成物流３１０を形成するのに十分な反応条件下で電気ヒーター１５０によって加熱することができる。反応条件は、摂氏６００度（℃）～８５０℃、例えば８２５℃～８４５℃、又は約８４０℃の温度、及び０．３～３ｂａｒ（３０～３００ｋＰａ）、１～３ｂａｒ（１００～３００ｋＰａ）、２～３ｂａｒ（２００～３００ｋＰａ）、０．５～２ｂａｒ（５０～２００ｋＰａ）、１～２ｂａｒ（１００～２００ｋＰａ）、又は０．５～１ｂａｒ（５０～１００ｋＰａ）の圧力を含み得る。いくつかの実施形態では、電気ヒーター１５０は、５００℃超、６００℃超、７００℃超、７５０℃超、８００℃超、８５０℃超、９００℃超、９５０℃超、又は１０００℃超の温度に加熱される。反応ゾーン１６０で起こる反応は、生成物流３１０を生成する。いくつかの実施形態では、生じる反応は、ＣＯ、CO_2、H_2、H_2O、CH_4、C_2H_6、C_2H_2、C_3H_6、C_3H_8、及びC_3H_4のうちの１つ以上を含む副生成物をさらに生成する。反応ゾーン１６０を出る生成物流３１０の温度は、７５０℃～９００℃、７８０℃～９００℃、８００℃～９００℃、８５０℃～９００℃、８６０℃～９００℃、８７０℃～９００℃、８８０℃～９００℃、８９０℃～９００℃、７５０℃～８９０℃、７８０℃～８９０℃、８００℃～８９０℃、８５０℃～８９０℃、８６０℃～８９０℃、８７０℃～８９０℃、８８０℃～８９０℃、７５０℃～８８０℃、７８０℃～８８０℃、８００℃～８８０℃、８５０℃～８８０℃、８６０℃～８８０℃、８７０℃～８８０℃、７５０℃～８７０℃、７８０℃～８７０℃、８００℃～８７０℃、８５０℃～８７０℃、８６０℃～８７０℃、又はおよそ８６０℃であってよい。

【００２３】
生成物流３１０は、水素、オレフィン、及び芳香族炭化水素のうちの少なくとも１つを含む。１つ以上の実施形態では、生成物流３１０は、水素、オレフィン、及び芳香族炭化水素のうちの少なくとも１つから本質的になるか、又はからなる。実施形態では、オレフィンは、例えば、エチレン（C_2H_4）、プロピレン（C_3H_6）、ブチレン（C_4H_8）、ブタジエン（C_4H_6）、又はそれらの組み合わせなどのC_2～C_5オレフィンを含む。実施形態では、ブチレンは、非限定的な例として、１－ブチレン、２－ブチレン、ｉ－ブチレン、又はこれらの組み合わせを含み得る。他の実施形態では、オレフィンは、C_2～C_{10}オレフィンを含む。オレフィンは、C_2～C_{20}オレフィンを含み得る。さらに別の実施形態では、オレフィンは、C_2～C_{50}オレフィンを含み得る。芳香族炭化水素は、ベンゼン及びその誘導体、例えば、トルエン、エチルベンゼン、ｏ－キシレン、ｐ－キシレン、ｍ－キシレン、メシチレン、ジュレン、２－フェニルヘキサン、及びビフェニルを含み得る。生成物流３１０を収集し、様々な他のプロセスで分離又は精製して、所望の中間体及び最終生成物を作製する。

【００２４】
プロセスは、炭化水素系組成物２４０を反応ゾーン１６０に導入する前に炭化水素系組成物２４０を予熱することを更に含んでもよい。前述したように、従来の燃焼反応から生成された煙道ガスが、従来、反応前に炭化水素系組成物を加熱するために使用される。しかしながら、本開示のシステム及びプロセスは、反応ゾーン１６０を加熱するために従来の燃焼反応を使用しないので、本明細書に開示されるシステム及びプロセスには煙道ガスが存在しない。したがって、煙道ガスが存在しないことは、反応前に炭化水素系組成物を加熱するための新たなプロセス設計の道を開く。供給物予熱ユニット１１０、第１の炭化水素加熱ユニット１２０、希釈蒸気加熱ユニット１３０、及び第２の炭化水素加熱ユニット１４０などの１つ以上の熱交換器が存在してもよく、当該生成物流３１０（炭化水素系組成物２４０が反応ゾーン１６０に入る前に炭化水素系組成物２４０よりも高い温度を有する）は、供給物予熱ユニット１１０、第１の炭化水素加熱ユニット１２０、希釈蒸気加

熱ユニット１３０、及び第２の炭化水素加熱ユニット１４０（これについては、以下でより詳細に説明する）のうちの１つ以上を通過して、炭化水素系組成物２４０、炭化水素系組成物の任意の流れ前駆体、希釈蒸気流４１０、又はそれらの組み合わせを加熱し得る。加熱カラム１０４内の他の流れを加熱するために生成物流３１０の熱を使用することによって、反応のエネルギーを再利用することによりプロセスの全体効率が増大する。実施形態では、本開示のシステム及びプロセスは、従来のガス燃焼反応を使用する従来の炭化水素の品質向上システム及びプロセスの電力の９９％未満、９５％未満、９０％未満、８５％未満、８０％未満、７５％未満、７０％未満、６５％未満、又は６２％未満しか必要としない場合がある。このように熱を使用することによって、従来のガス燃焼炉からのスタック損失を排除し、その結果、エネルギーをおよそ１０％節約することができる。高圧蒸気の生成が排除された結果、炉のエネルギー入力が４０％まで節約される。高圧蒸気の生成が必要になったときには、下流のプロセス圧縮機を蒸気タービン駆動から電気モータ駆動に切り替えてもよい。実施形態では、本開示のシステム及びプロセスは、従来のガス燃焼反応を用いる従来の炭化水素品質向上システム及びプロセスの電力の５０％～９９％、５０％～９５％、５０％～９０％、５０％～８５％、５０％～８０％、５０％～７５％、５０％～７０％、５０％～６５％、５０％～６２％、５５％～９９％、５５％～９５％、５５％～９０％、５５％～８５％、５５％～８０％、５５％～７５％、５５％～７０％、５５％～６５％、５５％～６２％、６０％～９９％、６０％～９５％、６０％～９０％、６０％～８５％、６０％～８０％、６０％～７５％、６０％～７０％、６０％～６５％、又は６０％～６２％しか必要としない場合がある。

【００２５】

実施形態では、プロセスは、供給物流２１０を供給物予熱ユニット１１０に通して、予熱された炭化水素系組成物２２０を生成することを含む。供給物予熱ユニット１１０に導入される前の供給物流２１０の温度は、５０℃～１１０℃、６０℃～１１０℃、７０℃～１１０℃、８０℃～１１０℃、９０℃～１１０℃、１００℃～１１０℃、５０℃～１００℃、６０℃～１００℃、７０℃～１００℃、８０℃～１００℃、９０℃～１００℃、５０℃～９０℃、６０℃～９０℃、７０℃～９０℃、８０℃～９０℃、５０℃～８０℃、６０℃～８０℃、７０℃～８０℃、５０℃～７０℃、６０℃～７０℃、又は５０℃～６０℃であってよい。供給物予熱ユニット１１０からの予熱された炭化水素系組成物２２０の出口温度は、反応ゾーン１６０の動作温度未満であってよい。供給物予熱ユニット１１０からの予熱された炭化水素系組成物２２０の出口温度は、１５０℃～３００℃、１５０℃～２７５℃、１５０℃～２５０℃、１５０℃～２２５℃、１５０℃～２２０℃、１５０℃～２００℃、１５０℃～１７５℃、１７５℃～３００℃、１７５℃～２７５℃、１７５℃～２５０℃、１７５℃～２２５℃、１７５℃～２２０℃、１７５℃～２００℃、２００℃～３００℃、２００℃～２７５℃、２００℃～２５０℃、２００℃～２２５℃、２００℃～２２０℃、２２０℃～３００℃、２２０℃～２７５℃、２２０℃～２５０℃、２２０℃～２２５℃、２２５℃～３００℃、２２５℃～２７５℃、２２５℃～２５０℃、２５０℃～３００℃、２５０℃～２７５℃、又は２７５℃～３００℃であってよい。供給物予熱ユニット１１０を使用して生成物流３１０から熱を除去することができ、生成物流３１０から除去された熱を使用して、炭化水素系組成物２４０を予熱することができる。供給物予熱ユニット１１０は、生成物流３１０を反応温度未満に冷却することができる。生成物流３１０を反応温度未満に冷却することにより、生成物流３１０のさらなる反応又は変換が防止される。供給物予熱ユニット１１０は、生成物流３１０を３００℃～５００℃、３００℃～４５０℃、３００℃～４２５℃、３００℃～４０５℃、３００℃～４００℃、３００℃～３７５℃、３００℃～３５０℃、３５０℃～５００℃、３５０℃～４５０℃、３５０℃～４２５℃、３５０℃～４０５℃、３５０℃～４００℃、３５０℃～３７５℃、３７５℃～５００℃、３７５℃～４５０℃、３７５℃～４２５℃、３７５℃～４０５℃、３７５℃～４００℃、４００℃～５００℃、４００℃～４５０℃、４００℃～４２５℃、４００℃～４０５℃、４２５℃～５００℃、４２５℃～４５０℃、又は４５０℃～５００℃に冷却することができる。炭化水素系組成物２４０が蒸気流である場合、炭化水素系組成物２４

０を電気ヒーター１５０又は反応ゾーン１６０に導入する前に炭化水素系組成物２４０を予熱する必要がないので、これは、本明細書に開示されるシステム及びプロセスにおける任意選択の構成要素であり得る。

【００２６】

実施形態では、プロセスは、希釈蒸気加熱ユニット１３０からの加熱された希釈蒸気４１０を供給物予熱器１１０からの予熱された組成物２２０と混合して、混合炭化水素系組成物２２５を得、続いて混合炭化水素系組成物２２５を第１の炭化水素加熱ユニット１２０に導入することによって混合炭化水素系組成物２２５を加熱して、加熱された炭化水素系組成物２３０を生成することをさらに含み得る。加熱された希釈蒸気４１０を予熱された組成物２２０と混合しない実施形態では、プロセスは、予熱された組成物２２０を第１の炭化水素加熱ユニット１２０に導入することによって予熱された組成物２２０を加熱して、加熱された炭化水素系組成物２３０を生成することを含み得る。第１の炭化水素加熱ユニット１２０からの加熱された炭化水素系組成物２３０の出口温度は、反応ゾーン１６０の動作温度未満であってよい。第１の炭化水素加熱ユニット１２０からの加熱された炭化水素系組成物２３０の出口温度は、３００℃～５００℃、３００℃～４５０℃、３００℃～４２５℃、３００℃～４００℃、３００℃～３７５℃、３００℃～３５０℃、３００℃～３２５℃、３２５℃～５００℃、３２５℃～４５０℃、３２５℃～４２５℃、３２５℃～４００℃、３２５℃～３７５℃、３２５℃～３５０℃、３５０℃～５００℃、３５０℃～４５０℃、３５０℃～４２５℃、３５０℃～４００℃、３５０℃～３７５℃、３７５℃～５００℃、３７５℃～４５０℃、３７５℃～４２５℃、３７５℃～４００℃、４００℃～５００℃、４００℃～４５０℃、４００℃～４２５℃、４２５℃～５００℃、４２５℃～４５０℃、又は４５０℃～５００℃であってよい。第１の炭化水素加熱ユニット１２０を使用して生成物流３１０から熱を除去することができ、生成物流３１０から除去された熱を使用して、予熱された炭化水素系組成物２４０を加熱することができる。第１の炭化水素加熱ユニット１２０は、生成物流３１０を反応温度未満に冷却することができる。生成物流３１０を反応温度未満に冷却することにより、生成物流３１０のさらなる反応又は変換が防止される。第１の炭化水素加熱ユニット１２０は、生成物流３１０を４５０℃～６００℃、４５０℃～５７５℃、４５０℃～５５０℃、４５０℃～５２５℃、４５０℃～５００℃、４５０℃～４７５℃、４７５℃～６００℃、４７５℃～５７５℃、４７５℃～５５０℃、４７５℃～５２５℃、４７５℃～５００℃、５００℃～６００℃、５００℃～５７５℃、５００℃～５５０℃、５００℃～５２５℃、５２５℃～６００℃、５２５℃～５７５℃、５２５℃～５５０℃、５５０℃～６００℃、５５０℃～５７５℃、又は５７５℃～６００℃に冷却することができる。これは、同様に、本明細書に開示されるシステム及びプロセスにおける任意選択の構成要素であり得る。

【００２７】

プロセスは、予熱された炭化水素系組成物２２０を第２の炭化水素加熱ユニット１４０に導入することによって加熱された炭化水素系組成物２３０を加熱して、炭化水素系組成物２４０を生成することを更に含み得る。第２の炭化水素加熱ユニット１４０からの炭化水素系組成物２４０の出口温度は、反応ゾーン１６０の動作温度未満であってよい。第２の炭化水素加熱ユニット１４０からの炭化水素系組成物２４０の出口温度は、４５０℃～６００℃、４５０℃～５７５℃、４５０℃～５５０℃、４５０℃～５２５℃、４５０℃～５００℃、４５０℃～４７５℃、４７５℃～６００℃、４７５℃～５７５℃、４７５℃～５５０℃、４７５℃～５２５℃、４７５℃～５００℃、５００℃～６００℃、５００℃～５７５℃、５００℃～５５０℃、５００℃～５２５℃、５２５℃～６００℃、５２５℃～５７５℃、５２５℃～５５０℃、５５０℃～６００℃、５５０℃～５７５℃、又は５７５℃～６００℃であってよい。第２の炭化水素加熱ユニット１４０を使用して生成物流３１０から熱を除去することができ、生成物流３１０から除去された熱を使用して、加熱された炭化水素系組成物２４０を加熱することができる。第２の炭化水素加熱ユニット１４０は、生成物流３１０を反応温度未満に急速に冷却することができる。生成物流３１０を反応温度未満に冷却することにより、生成物流３１０のさらなる反応又は変換が防止される

。第２の炭化水素加熱ユニット１４０は、生成物流３１０を６００℃～８００℃、６００℃～７５０℃、６００℃～７２５℃、６００℃～７００℃、６００℃～６７５℃、６００℃～６５０℃、６００℃～６２５℃、６２５℃～８００℃、６２５℃～７５０℃、６２５℃～７２５℃、６２５℃～７００℃、６２５℃～６７５℃、６２５℃～６５０℃、６５０℃～８００℃、６５０℃～７５０℃、６５０℃～７２５℃、６５０℃～７００℃、６５０℃～６７５℃、６７５℃～８００℃、６７５℃～７５０℃、６７５℃～７２５℃、６７５℃～７００℃、７００℃～８００℃、７００℃～７５０℃、７００℃～７２５℃、７２５℃～８００℃、７２５℃～７５０℃、又は７５０℃～８００℃に冷却することができる。いくつかの実施形態では、第２の炭化水素加熱ユニット１４０は、１０００ミリ秒、５００ミリ秒、２００ミリ秒、１００ミリ秒、又は５０ミリ秒以内に、生成物流３１０を８００℃未満、７００℃未満、６００℃未満、又は５００℃未満に冷却する。これは、同様に、本明細書に開示されるシステム及びプロセスにおける任意選択の構成要素であり得る。

【００２８】

いくつかの実施形態では、プロセスは、生成物流３１０を反応ゾーン１６０から取り出した後に、生成物流３１０を希釈蒸気加熱ユニット１３０に通すことによって、生成物流３１０から熱を除去することをさらに含む。希釈蒸気加熱ユニット１３０は、生成物流３１０を反応温度未満に冷却することができる。生成物流３１０を反応温度未満に急速に冷却することにより、生成物流３１０のさらなる反応又は変換が防止される。いくつかの実施形態では、希釈蒸気加熱ユニット１３０は、生成物流３１０を６００℃未満又は５００℃未満に冷却する。プロセスは、希釈蒸気流４１０を希釈蒸気加熱ユニット１３０に通すことを更に含んでいてもよい。希釈蒸気加熱ユニット１３０に導入される前の希釈水蒸気流４１０の温度は、１５０℃～２００℃、１６０℃～２００℃、１７０℃～２００℃、１８０℃～２００℃、１９０℃～２００℃、１５０℃～１９０℃、１６０℃～１９０℃、１７０℃～１９０℃、１８０℃～１９０℃、１５０℃～１８０℃、１６０℃～１８０℃、１７０℃～１８０℃、１５０℃～１７０℃、１６０℃～１７０℃、１５０℃～１６０℃、又はおよそ１７５℃であってよい。プロセスは、希釈蒸気加熱ユニット１３０内の生成物流３１０を希釈蒸気流４１０で冷却することを含み得る。実施形態では、プロセスは、希釈蒸気加熱ユニット１３０からの希釈蒸気流４１０を通過させて、予熱された炭化水素系組成物２２０と混合し、それによって、希釈蒸気流４１０から予熱された炭化水素系組成物２２０に熱を伝達することを更に含んでいてもよい。希釈蒸気流４１０を通過させることにより、システム１００のエネルギー効率を高めることができる。加えて、予熱された炭化水素系組成物２２０を第１の炭化水素加熱ユニット１２０に導入する前に希釈蒸気流４１０を予熱された炭化水素系組成物２２０と混合することは、凝縮を防止し得ることが企図される。生成物流３１０は当該技術分野において既知の他の方法に従って冷却され得るので、これらは、本明細書に開示されるシステム及びプロセスの任意選択の構成要素である。

【００２９】

実施形態では、プロセスは、熱回収交換器１７０において生成物流３１０を冷却することをさらに含んでいてもよい。熱回収交換器１７０は、伝熱媒体として溶融塩、溶融金属、有機流体、又は水を有する熱交換器、噴霧ノズル、急冷カラム、直接伝熱、又はそれらの組み合わせを含み得る。実施形態では、生成物流３１０は、熱回収交換器１７０に導入される前に、反応温度未満に冷却されていてもよい。実施形態では、生成物流３１０は、熱回収交換器１７０に導入される前に反応温度未満に冷却されていなくてもよく、これは急冷工程として機能し得る。生成物流３１０を反応温度未満に急冷すると、生成物流３１０のさらなる反応又は変換が防止されて、生成物流中のそのような反応及び変換を急速に停止させる。「冷却」という用語は、本明細書に記載の流れが冷却される様々な工程を説明するために本開示全体を通して使用され、流れが急冷される工程を包含し得ることが理解されるべきである。「冷却」という用語は、限定することを意味するものではなく、その代わりに、流れを急冷して流れ内の反応又は変換を停止させる実施形態を包含することを意味する。冷却工程が直接伝熱を含む場合、プロセスは、低温冷却剤流（図示せず）を

冷却剤ドラム（図示せず）に通し、次いで熱回収交換器１７０に移動させることをさらに含み得る。プロセスは、熱回収交換器１７０内の生成物流３１０を低温冷却剤流で冷却することを含み得る。

【００３０】

加えて、いくつかの実施形態では、本明細書で特許請求されるシステム及びプロセスは、加熱プロセスからCO_2排出物を生成しない。具体的には、本明細書のシステム及びプロセスは、電気加熱システム及びプロセスを利用し、その結果、熱を発生させるために燃焼反応を利用する従来のシステムと比較して、加熱システム及びプロセスからの直接的なCO_2生成が生じない。これらの燃焼反応システム及びプロセスは、従来、メタン又は他のガスを燃焼させ、これによってCO_2排出が生じる。生成物流３１０はCO_2を含み得るが、本明細書で特許請求されるシステム及びプロセスは、加熱プロセスからCO_2排出が生じない。

【実施例】

【００３１】

以下の実施例は、既に論じた本開示の１つ以上の実施形態を例示する。さらに、比較例を実施した。

【００３２】

比較例Ａ

供給原料を９０℃の予熱器に導入し、１４９℃に加熱する従来の品質向上プロセスを決定した。希釈蒸気流を希釈蒸気加熱ユニットに導入し、そこで希釈蒸気流を初期の１７５℃から４６５℃に加熱した。次いで、希釈蒸気流を供給原料と混合した後、供給原料を第１の炭化水素加熱ユニットに送り、供給原料を２０５℃に加熱した。次いで、供給原料を第１の炭化水素加熱ユニットに導入し、３８５℃に加熱した。次いで、供給原料を第２の炭化水素加熱ユニットに送り、５９７℃に加熱し、反応ゾーンに送り、そこで加熱及び変換して、プロピレン／エチレン比が０．５１の生成物流を形成し、その結果出口温度は８６１℃となった。次いで、生成物流を直列の２つの移送ライン交換器に送り、第１の移送ライン交換器において８５５℃から４６９℃に冷却し、次いで、第２の移送ライン交換器において４６９℃から３５３℃に冷却した。移送ライン交換器において、３１０℃の温度を有する高圧蒸気を発生させた。次いで、生成物流を熱回収交換器に送った。従来の燃焼反応ゾーンからの煙道ガスを使用して、蒸気過熱器ユニット１及び２において蒸気を３１１℃から４３３℃及び３９１℃から４９０℃に過熱した。蒸気ドラムに送られるボイラ給水を、エコノマイザ内で１２０℃から２０２℃に予熱する。このシミュレーションにおける煙道ガスを、１１８７℃から１３６℃に冷却する。このシミュレーションの結果を、以下の表１及び２にまとめる。

【００３３】

【表１】

表１：従来の品質向上プロセスにおける生成物流温度、流量、及びデューティ。

	入口温度	出口温度	流量	デューティ
	C	C	MT／時	Gcal／時
予熱器	90	149	46．0	2．51
エコノマイザ	120	202	57．7	4．91
第1の炭化水素加熱ユニット	205	385	73．6	7．67
希釈蒸気ユニット	175	465	27．6	4．05
蒸気過熱器ユニット1	310	433	56．6	6．36
蒸気過熱器ユニット2	391	490	59．3	3．91
第2の炭化水素加熱ユニット	385	597	73．6	10．87
				吸収熱
反応ゾーン	588	861	73．6	31．49
移送ライン交換器1	855	469	73．6	20．08
移送ライン交換器2	469	353	73．6	5．21
高圧蒸気			59．298	

【００３４】

【表２】

表２：従来の品質向上プロセスにおける煙道ガス／蒸気温度、流量、及びデューティ。

	入口温度	出口温度	dT	デューティ
	C	C	C	Gcal／時
予熱器	208	136	72	2．51
エコノマイザ	346	208	138	4．91
第1の炭化水素加熱ユニット	554	346	208	7．67
希釈蒸気ユニット	659	554	105	4．05
蒸気過熱器ユニット1	820	659	161	6．36
蒸気過熱器ユニット2	917	820	97	3．91
第2の炭化水素加熱ユニット	1178	917	261	10．87
				燃焼デューティ:
反応ゾーン				77．42
移送ライン交換器1	310	310		20．08
移送ライン交換器2	310	310		5．21

【００３５】

実施例１

本開示による品質向上プロセスを決定した。比較例Ａと同様の手順を行ったが、（比較例Ａの従来の燃焼反応ゾーンとは対照的に）電気的に加熱された反応ゾーンを使用したので、実施例１には煙道ガスが存在せず、実施例１では煙道ガスが生成されなかったので、その代わりに電気ヒーターを使用して蒸気を加熱した。供給原料を９０℃の予熱器に導入し、１４９℃に加熱した。希釈蒸気流を希釈蒸気加熱ユニットに導入し、そこで希釈蒸気流を初期の１７５℃から４６５℃に加熱した。次いで、希釈蒸気流を供給原料と混合した後、供給原料を第１の炭化水素加熱ユニットに送り、供給原料を２０５℃に加熱した。次いで、供給原料を第１の炭化水素加熱ユニットに導入し、３８５℃に加熱した。次いで、供給原料を第２の炭化水素加熱ユニットに送り、５９７℃に加熱し、反応ゾーンに送り、そこで８６１℃に加熱して生成物流を形成した。次いで、生成物流を直列の２つの移送ライン交換器に送り、第１の移送ライン交換器において８５５℃から４６９℃に冷却し、次いで、第２の移送ライン交換器において４６９℃から３５３℃に冷却した。３１０℃の温

度を有する高圧蒸気を移送ライン交換器において使用した。次いで、生成物流を熱回収交換器に送った。このシミュレーションの結果を下の表３にまとめる。

【００３６】

【表３】

表３：実施例１についての供給原料温度、流量、及びデューティ。

	生成物供給			
	入口温度	出口温度	流量	E－熱入力
	C	C	MT／時	Gcal／時
予熱器	90	149	46	2．51
エコノマイザ	120	202	57．7	4．91
第1の炭化水素加熱ユニット	205	385	73．6	7．67
希釈蒸気加熱ユニット	175	465	27．6	4．05
蒸気過熱器ユニット1	310	433	56．6	6．36
蒸気過熱器ユニット2	391	490	59．3	3．91
第2の炭化水素加熱ユニット	385	597	73．6	10．87
				吸収熱
反応ゾーン	588	861	73．6	31．49
移送ライン交換器1	855	469	73．6	20．08
移送ライン交換器2	469	353	73．6	5．21
高圧蒸気			59．298	

【００３７】

実施例２

本開示による品質向上プロセスを決定した。実施例１と同様に反応ゾーンを電気的に加熱したが、実施例２では、供給物流を加熱してプロセス効率を最大化するために生成物流をさらに利用した。この変化の結果として、供給物流及び生成物流の中間温度がさらに最適化された。実施例２では、比較例Ａ及び実施例１とは対照的に、高圧蒸気は生成されなかった。比較のためだけに、生成された高圧蒸気１トン当たりの等価な軸動力を凝縮蒸気タービンへの９０ｂａｒに対して計算した。実施例１から計算された蒸気生成を使用して、電気モータのための等価電力要件を計算し、表４に示すように、電力の形態で「タービンのための高圧蒸気クレジット」として含めた。供給原料流２１０を９０℃の予熱器１１０に導入し、２２４℃に加熱して、予熱された炭化水素系組成物２２０を形成した。希釈蒸気流４１０を希釈蒸気加熱ユニット１３０に導入し、ここで希釈蒸気流４１０を初期の１７５℃から４６５℃に加熱した。次いで、混合炭化水素系組成物２２５が第１の炭化水素ユニット１２０に送られる前に、希釈蒸気流４１０を予熱された炭化水素系組成物２２０と混合した。次いで、混合炭化水素系組成物２２５を第１の炭化水素加熱ユニット１２０に導入し、３８５℃に加熱して、加熱された炭化水素系組成物２３０を生成した。次いで、加熱された炭化水素系組成物２３０を第２の炭化水素加熱ユニット１４０に送り、５５０℃に加熱して、炭化水素系組成物２４０を形成し、電気ヒーター１５０に送り、５９７℃に加熱した。次いで、炭化水素系組成物２４０を反応ゾーン１６０に送り、そこで８６１℃に加熱して生成物流３１０を形成した。次いで、生成物流３１０を第２の炭化水素加熱ユニット１４０に移動させ、そこで、生成物流は前述のように加熱された炭化水素系組成物２３０を加熱し、それによって８５５℃から６９２℃に冷却された。次いで、生成物流３１０を希釈蒸気加熱ユニット１３０に移動させ、そこで、前述のように生成物流３１０は希釈水蒸気流４１０を加熱し、それによって６１５℃に冷却された。次いで、生成物流３１０を第１の炭化水素加熱ユニット１２０に送り、そこで、前述のように生成物流３１０は予熱された炭化水素系組成物２２０を加熱し、それによって５２８℃に冷却された。次いで、生成物流３１０を予熱器１１０に移動させ、そこで前述のように生成物流３１０は供給物流２１０を加熱し、それによって４０１℃に冷却された。このシミュレーシ

ョンの結果を、以下の表４及び５にまとめる。

【００３８】

【表４】

表４：実施例２についての供給原料温度、流量、及びデューティ。

	入口温度	出口温度	流量	デューティ
	C	C	MT／時	Gcal／時
予熱器	90	224	46．0	5．70
第1の炭化水素加熱ユニット	280	385	57．7	4．48
希釈蒸気加熱ユニット	175	465	73．6	4．05
第2の炭化水素加熱ユニット	385	550	73．6	8．46
電気ヒータ	550	597	73．6	2．41
反応ゾーン	588	861	73．6	31．49
直接電力				33．90
タービン用高圧蒸気クレジット				9．80
総所要電力				43．70

【００３９】

【表５】

表５：実施例２についての生成物流温度、流量、及びデューティ。

	入口温度	出口温度	流量	デューティ	ピンチ温度	塩温度
	C	C	MT／時	Gcal／時	C	C
予熱器	528	401	73．6	5．70	177	264
第1の炭化水素加熱ユニット	615	528	73．6	4．48	143	425
希釈蒸気加熱ユニット	692	615	73．6	4．05	150	505
第2の炭化水素加熱ユニット	855	692	73．6	8．46	142	590

【００４０】

ピンチ分析は、熱力学的に実現可能なエネルギー目標（又は最小エネルギー消費）を計算し、熱回収システム、エネルギー供給方法、及びプロセス動作条件を最適化することによってそれを達成することによって、化学プロセスのエネルギー消費を最小化するための方法論である。ピンチ温度は、供給原料と生成物流との間の最小温度差（ΔＴ）である。塩温度は、塩浴の温度である（これは、供給原料出口温度にオフセットを加えたものに等しい）。オフセットは、塩浴の温度と入口供給原料温度との差である。このエネルギー収支は、伝熱流体（塩浴）についての等温温度の最悪の場合の仮定に基づき、他の実施形態では、伝熱流体の温度プロファイルを達成することができ、その結果、供給原料と生成物流との間の最小温度差（ΔＴ）がより大きくなる。

【００４１】

比較例Ａ、実施例１、及び実施例２のそれぞれのエネルギー消費を下の表６に示す。

【００４２】

【表６】

表６：比較例Ａ、実施例１、及び実施例２のエネルギー消費の比較。

比較	燃焼デューティ	発生した高圧蒸気	電気加熱電力	電気モータ電力		総電力
	Gcal／時	メートルトン／時	Gcal／時	Gcal／時		Gcal／時
比較例Ａ	77．42	59．298	0	0		0．00
実施例1	0	59．298	71．77	0		71．77
実施例2	0	0	33．90	9．80		43．70
実施例2の実施例1との比較		47%				61%

【００４３】

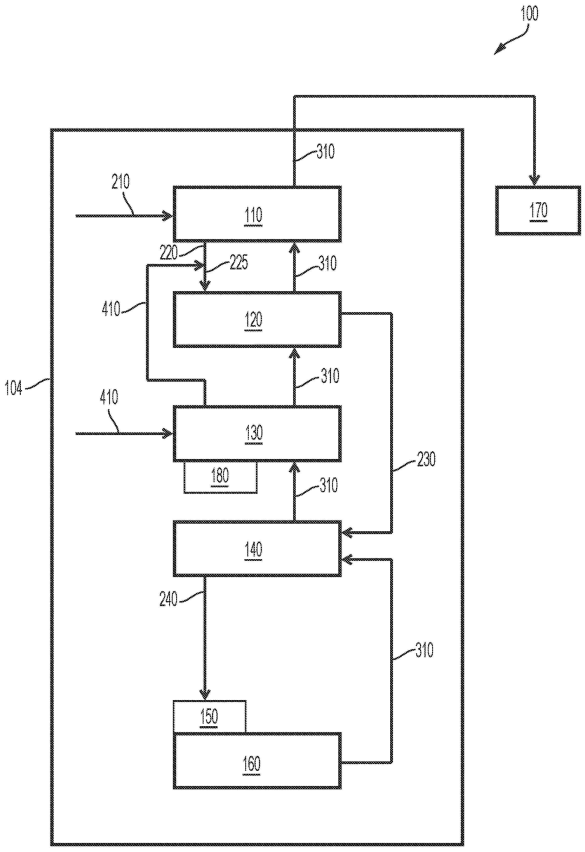
比較例Ａは、従来の燃焼反応ゾーンを利用し、反応を操作するために７７．４２Ｇｃａｌ／時間の燃焼デューティ（電力）を必要とした。比較例Ａでは、従来の燃焼炉から残留熱を回収することによって高圧蒸気を発生させた。前述のように、全ての加熱を電気的に行った実施例１は、７１．７７Ｇｃａｌ／時の電力を必要とし、これはスタック損失が排除されたことにより比較例Ａよりもわずかに少なかった。実施例１では、電気加熱からの残留熱を回収することによって高圧蒸気を発生させた。実施例２は、供給物流を加熱するために生成物流を使用することによって残留熱が存在しなかったので、高圧蒸気流を含んでいなかった。実施例２は、実施例１と比較して電力使用量の６１％の低減を示し、これは、生成物流を利用して供給物流を加熱して、システムを動作させるのに必要な電力を７１．７７Ｇｃａｌ／時から４３．８Ｇｃａｌ／時に減少させたことを示す（換言すれば、実施例２は、比較例Ａ及び実施例１によって必要とされる電力の６１％しか必要とせず、比較例Ａ及び実施例１と比較して電力消費を３９％低減する）。

【００４４】

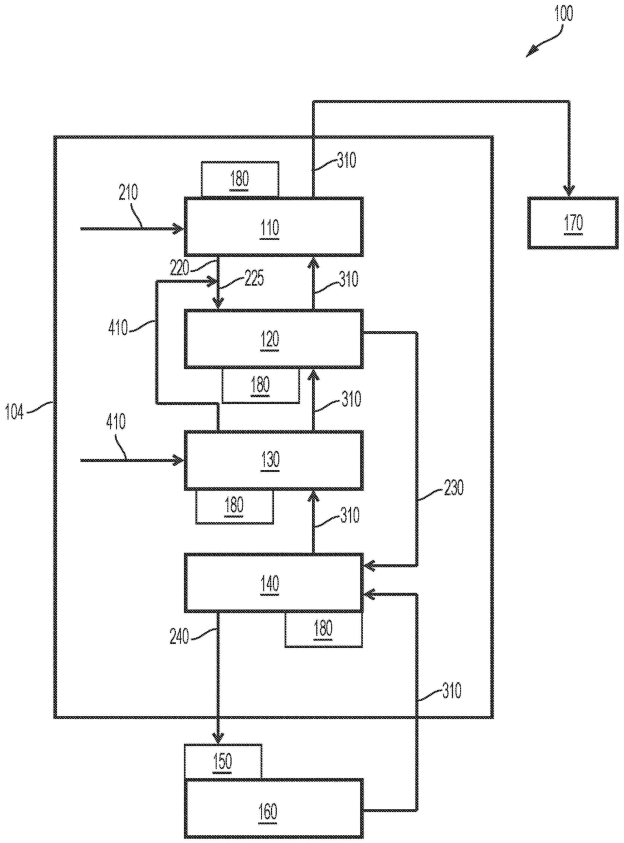
特許請求される主題の趣旨及び範囲から逸脱することなく、本明細書で記載される実施形態に様々な修正及び変更を加え得ることが当業者には明らかであろう。したがって、そのような修正及び変更が添付の特許請求の範囲及びそれらの同等物の範囲内に入る限り、本明細書は、本明細書に記載される様々な実施形態の修正及び変更を包含することが意図される。

【図面】

【図１】


100
310
210
110
170
220
225
310
410
120
104
310
410
130
230
180
310
140
240
310
150
160

【図２】


100
180
310
210
110
170
220
225
310
410
120
180
104
310
410
130
230
180
310
140
180
240
310
150
160

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/US2022/081615

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. C10G31/06 C10G9/24 B01J10/00 B01J19/00 B01J19/08
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)
C10G 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, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2021/316267 A1 (BIESHEUVEL CORNELIS [NL] ET AL) 14 October 2021 (2021-10-14) paragraphs [0016], [0018], [0020], [0021], [0028], [0029], [0036], [0045], [0048] figure 1 claims 1, 9-11	1-6, 8-11,13
X	EP 3 730 592 A1 (SABIC GLOBAL TECHNOLOGIES BV [NL]) 28 October 2020 (2020-10-28) claims 1, 3, 4 paragraphs [0052], [0053], [0057], [0059], [0105]	1-13

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ 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
3 April 2023	13/04/2023

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	Pardo Torre, J

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

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/US2022/081615

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2021316267 A1	14-10-2021	AR 115969 A1	17-03-2021
		BR 112021001523 A2	20-04-2021
		CA 3109494 A1	05-03-2020
		CN 112533693 A	19-03-2021
		EP 3843892 A1	07-07-2021
		US 2021316267 A1	14-10-2021
		WO 2020046639 A1	05-03-2020
EP 3730592 A1	28-10-2020	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,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RU,RW,SA,SC,SD,SE,SG,SK,SL,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,WS,ZA,ZM,ZW

オランダ国 ４５４２ エヌエム テルネーゼン ハーバート エイチ．ダウヴェーク ５ ダウ ベネルクス ベー．フェー．内

(72)発明者 ビーシェーヴェル、コルネリス
オランダ国 ４５４２ エヌエム テルネーゼン ハーバート エイチ．ダウヴェーク ５ ダウ ベネルクス ベー．フェー．内

(72)発明者 コッリピオ、ベルナルド エム．
アメリカ合衆国 ７０８１７ ルイジアナ州 バトン ルージュ チョウサー ドライブ ６３１２

(72)発明者 ジョンソン、ライアン シー．
アメリカ合衆国 ９１７３０ カリフォルニア州 ランチョ クカモンガ チャーチ ストリート １１６６０ アパートメント ７５９

Ｆターム（参考） 4H129 AA02 CA04 CA07 CA09 DA03 FA02 NA20 NA43