

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載

【部門区分】第 3 部門第 2 区分

【発行日】令和 2 年 3 月 5 日 (2020.3.5)

【公表番号】特表 2017-533199 (P2017-533199A)

【公表日】平成 29 年 11 月 9 日 (2017.11.9)

【年通号数】公開・登録公報 2017-043

【出願番号】特願 2017-521188 (P2017-521188)

【国際特許分類】

C 0 7 C 1/20 (2006.01)

C 0 7 C 11/04 (2006.01)

C 0 7 C 11/06 (2006.01)

C 0 7 C 11/08 (2006.01)

B 0 1 J 38/12 (2006.01)

B 0 1 J 29/90 (2006.01)

B 0 1 J 29/85 (2006.01)

【 F I 】

C 0 7 C 1/20

C 0 7 C 11/04

C 0 7 C 11/06

C 0 7 C 11/08

B 0 1 J 38/12 B

B 0 1 J 29/90 Z

B 0 1 J 29/85 Z

【誤訳訂正書】

【提出日】令和 2 年 1 月 23 日 (2020.1.23)

【誤訳訂正 1】

【訂正対象書類名】特許請求の範囲

【訂正対象項目名】全文

【訂正方法】変更

【訂正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

軽オレフィンの製造方法であって、

脱水反応を行うために、酸素含有化合物供給原料および触媒を連続的に接触させることによる、上記軽オレフィンの製造方法であり、

上記脱水反応の反応圧力 P が、 $0.5 \sim 10 \text{ MPa}$ であり、

上記脱水反応の単位時間当たりの重量空間速度 H が、 $7 \sim 250 \text{ h}^{-1}$ であり、

軽オレフィンリッチ炭化水素および使用済み触媒を得る上記脱水反応を行うために、上記酸素含有化合物供給原料および上記触媒を連続的に接触させる工程、

再生された触媒を得るために、上記使用済み触媒の少なくとも一部を再生反応に搬送する工程、および、

上記脱水反応に、上記再生された触媒の少なくとも一部を循環させる工程を含み、

上記脱水反応の上記反応圧力 P が、上記再生反応の上記再生圧力よりも少なくとも 0.35 MPa 高く、

上記搬送および上記循環は、1 つまたはそれ以上の触媒ホッパー (9) を経由して行われる、製造方法。

【請求項 2】

上記脱水反応の間、H および P は、狭義増加関数である数学関数

$$H = f(P)$$

を満たし、

P (単位: MPa) は、 $[0.55, 10.0]$ の間隔であり、

H (単位: h^{-1}) は、 $[7, 250]$ の間隔である、請求項 1 に記載の製造方法。

【請求項 3】

上記脱水反応の上記反応圧力 P が、上記再生反応の上記再生圧力よりも少なくとも 2.0 MPa 高い、請求項 1 に記載の製造方法。

【請求項 4】

さらに、 C_4 + 炭化水素を得るために、上記軽オレフィンリッチ炭化水素を分離する工程を含み、

さらに、適宜、

さらなる軽オレフィンリッチ炭化水素およびさらなる使用済み触媒を作製するさらなる反応を行うために、上記 C_4 + 炭化水素およびさらなる触媒を連続的に接触させる工程と、

さらなる再生された触媒を得るために、上記さらなる使用済み触媒の一部を上記再生反応へ搬送する工程と、

上記脱水反応、および / または上記さらなる反応に、上記再生された触媒の少なくとも一部、および / または上記さらなる再生された触媒の少なくとも一部を循環させる工程と、を含む、請求項 1 に記載の製造方法。

【請求項 5】

流動床反応器、密集床反応器、ライザー反応器、沸騰床反応器、スラリー床反応器およびそれらの組み合わせからそれぞれ独立して選択される 1 つまたはそれ以上の反応器が、上記脱水反応 および / または上記さらなる反応 に使われる、請求項 1 または 4 に記載の製造方法。

【請求項 6】

上記酸素含有化合物供給原料は、アルコール、エーテル、およびエステルの少なくとも 1 つから選択される、請求項 1 に記載の製造方法。

【請求項 7】

上記触媒および上記さらなる触媒は、互いに同一または相違し、分子篩い触媒の少なくとも 1 つからそれぞれ独立して選択される、請求項 1 または 4 に記載の製造方法。

【請求項 8】

上記再生反応の反応条件は、

反応温度が $450 \sim 850$ 度 であり、

反応圧力が $0.1 \sim 0.5 \text{ MPa}$ 度 であり、

酸素含有雰囲気 下 である、請求項 1 に記載の製造方法。

【請求項 9】

上記使用済み触媒および / または上記さらなる使用済み触媒、および / または、上記再生された触媒および / または上記さらなる再生された触媒は、フィルターに通す分離によって回収される、請求項 1 または 4 に記載の製造方法。

【請求項 10】

上記搬送および上記循環は、1 つまたはそれ以上の触媒ホッパー (9) を経由して行われる、請求項 1 または 4 に記載の製造方法。

【請求項 11】

さらに、上記脱水反応および / または上記さらなる反応を行うために、上記使用済み触媒の少なくとも一部および / または上記さらなる使用済み触媒の少なくとも一部を循環させる工程を含む、請求項 1 または 4 に記載の製造方法。

【請求項 12】

上記触媒および / または上記さらなる触媒は、炭素の総含量が $3 \sim 25 \text{ wt } \%$ 度 である、請求項 1 または 4 に記載の製造方法。

【請求項 13】

上記脱水反応のための反応器の、大きさおよび量の上記条件は同一のままであり、軽オレフィンの生産量を、50%またはそれ以上、増大することが可能である、請求項1に記載の製造方法。

【請求項14】

さらに、上記脱水反応のために、不完全に反応した酸素含有化合物供給原料を循環させる工程を含む、請求項1に記載の製造方法。

【請求項15】

上記軽オレフィンリッチ炭化水素および使用済み触媒を製造する上記脱水反応を行うために、ライザー型反応器において、上記酸素含有化合物供給原料および上記触媒を連続的に接触させる工程、

炭化水素-触媒分離ゾーンにて上記軽オレフィンリッチ炭化水素と上記使用済み触媒とを分離し、分離された軽オレフィンリッチ炭化水素を生産物分離回収システムに導入し、上記ライザー型反応器のストリップング領域を通して上記使用済み触媒を剥がし、上記使用済み触媒を上記ライザー型反応器から回収し使用済み触媒の受け器へ搬送する工程、

上記使用済み触媒の受け器内の上記使用済み触媒を、触媒ホッパーを経由して、再生器へ搬送するか、あるいは、まず、上記使用済み触媒の受け器内の上記使用済み触媒を、触媒ホッパーを経由して、使用済み触媒の供給槽、そして、再生器へ搬送し、再生された触媒を得るために、上記再生器において、酸素含有雰囲気ですべて上記使用済み触媒を再生する工程、

再生された触媒を直接触媒ホッパーへ搬送するか、あるいは、まず、上記再生器から上記再生された触媒を回収し、再生された触媒の受け器へ、そして、触媒ホッパーへ搬送する工程、

上記触媒ホッパー内の上記再生された触媒を再生された触媒の供給槽へ搬送し、そして、上記ライザー型反応器へ返送する工程を含む、請求項1に記載の製造方法。

【請求項16】

上記脱水反応の反応圧力Pが1～2MPaであり、

上記脱水反応の単位時間当たりの重量空間速度Hが15～50h⁻¹である、請求項1に記載の製造方法。

【請求項17】

上記脱水反応の間、HおよびPは、狭義増加関数である数学関数

$$H = f(P)$$

を満たし、

P(単位:MPa)は、[1.0, 2.0]の間隔であり、

H(単位:h⁻¹)は、[15, 50]の間隔である、請求項1に記載の製造方法。

【請求項18】

等直径のライザー反応器、線速度が等しいライザー反応器、可変直径のライザー反応器、およびライザー-密集床ハイブリット反応器からそれぞれ独立して選択される、1つまたはそれ以上の反応器が、上記脱水反応および/または上記さらなる反応に使われる、請求項1または4に記載の製造方法。

【請求項19】

上記酸素含有化合物供給原料は、R1-O-R2、R1-OC(=O)O-R2、R1-C(=O)O-R2およびR1-C(=O)-R2の少なくとも1つから選択される(ここで、R1およびR2は、互いに同一または相違し、HおよびC1-6の分枝状または線状アルキルからそれぞれ独立して選択され、但し、R1およびR2のうち多くとも1つが水素である)、請求項1に記載の製造方法。

【請求項20】

上記酸素含有化合物供給原料は、メタノール、エタノール、ジメチルエーテル、ジエチルエーテル、メチル-エチルエーテル、メチレンカーボナート、蟻酸メチルの少なくとも1つから選択される、請求項1に記載の製造方法。

【請求項21】

上記触媒および上記さらなる触媒は、互いに同一または相違し、好ましくはアルミノケイリン酸塩分子篩い触媒およびアルミノケイ酸塩分子篩い触媒の少なくとも１つからそれぞれ独立して選択される、請求項１または４に記載の製造方法。

【請求項２２】

上記再生反応の反応条件は、

反応温度が５５０～７００であり、

反応圧力が０．１５～０．３ＭＰａであり、

空気雰囲気下または酸素雰囲気下である、請求項１に記載の製造方法。

【請求項２３】

上記触媒および／または上記さらなる触媒は、炭素の総含量が６～１５ｗｔ％である、請求項１または４に記載の製造方法。

【請求項２４】

上記脱水反応のための反応器の、大きさおよび量の上記条件は同一のままであり、軽オレフィンの生産量を、１０００％またはそれ以上、増大することが可能である、請求項１に記載の製造方法。

【誤訳訂正２】

【訂正対象書類名】明細書

【訂正対象項目名】全文

【訂正方法】変更

【訂正の内容】

【発明の詳細な説明】

【発明の名称】軽オレフィンの製造方法

【発明の詳細な説明】

【０００１】

〔技術分野〕

本発明は、酸素含有化合物供給原料から軽オレフィンを製造する方法に関する。具体的には、本発明は、酸素含有化合物供給原料から軽オレフィンを製造する方法において、軽オレフィンの生産量を増大するための製法に関する。

【０００２】

〔発明の背景〕

軽オレフィン（Ｃ２～Ｃ４オレフィン）は、有機化学産業の基本的な開始材料であり、現代の液化石油ガスおよび化学産業において、重要な役割を担う。全体として、軽オレフィンの製造方法は、２つの一般的な分類（すなわち、伝統的な石油法および新規な非石油法）に区分され得る。１９１０年代から、非石油資源（特に酸素含有化合物供給原料）から軽オレフィンを製造する方法が世界中で研究されはじめ、いくつか進歩している。

【０００３】

酸素含有化合物の脱水反応を介した軽オレフィンの製造方法により、例えば、メタノールから約４４％の炭化水素の産物が、また、エタノールから約４６％の炭化水素の産物が生成されるが、炭化水素の産物以外に、副産物として一定量の水が生成される。酸素含有化合物供給原料を用いて軽オレフィンを製造する反応は、分子の量が増大する反応であることが知られている。それゆえ、軽オレフィンの製造に進むための化学平衡のために、より低い反応圧力が好ましい。それゆえ、軽オレフィンの製造では、軽オレフィンの所望される収率を得るために、通常、従来技術では、より低い反応圧力が使われる。このより低い反応圧力（一般的に０．１～０．３ＭＰａ）により、直接的な結果として、軽オレフィンの生産量を増大させるために酸素含有化合物供給原料の処理量の増大を望む場合、先行技術では、それゆえに、軽オレフィンの収率を許容レベルに維持するように、反応器の大きさまたは量を増大させなければならない。当然ながら、これは、それ相応に、投資および工場の維持コストを増大させる。

【０００４】

先行技術によると、軽オレフィンの製造方法において、連続的な製造方法を確実にするために、触媒は、反応器と再生器との間で循環される。循環し易くするために、反応器および再生器は、一般的に、実質的に同じ圧力で作用される。この状況下で、反応器は、水素雰囲気の中にあり、再生器は、酸素含有雰囲気の中にある。反応器および再生器がよく分離されない場合、潜在的に安全上の大きな問題がある。

【0005】

さらに、先行技術において、触媒熱分解ユニットに使われるものと同様なサイクロンは、軽オレフィンの製造工場において、広く使われる。それゆえ、製造の間、触媒が自然に無くなることは避けられず、特に、触媒が、 $20\mu\text{m}$ 未満の粒子の大きさを有する細かい粉の触媒である場合にはますます生じることとなる。これは、その後の生成物分離に不利な影響を与え、再利用される触媒に不利である。

【0006】

〔発明の概要〕

本発明の目的は、軽オレフィンの製造方法を提供することである。上記方法は、前述した先行技術における不利な点を克服し、現存する反応器を直接利用でき、軽オレフィンの生産量を増大させる目的を容易に達成し得る。

【0007】

本発明の発明者は、驚いたことに、反応圧力を増大させ、同時におよび対応して、酸素含有化合物供給原料のWHSVを増大させる場合、軽オレフィンの収率は、先行技術で以前に予期されたように減少する代わりに、先行技術と同等に、または、先行技術よりもより高い水準で維持することができ、結果として、現存する反応器のための、本発明による反応器の反応圧力を増大させ、かつ、WHSVを増大させる技術的解決は、反応器の酸素含有化合物供給原料の処理量を著しく増大させ、かつ、それに相当する軽オレフィンの生産量を増大させる（即ち、軽オレフィンの生産量を増大させる）ことを、産業発明を通して見出した。本発明によって見出されたこの知見は、当業者の型にはまった知識を打破するため、本知見に基づき本発明を達成する。

【0008】

具体的には、本発明は以下に示す項目に関する。

【0009】

(1) 軽オレフィンの製造方法（または、軽オレフィンの生産量の増加）であって、脱水反応を行うために、酸素含有化合物供給原料および触媒を連続的に接触させることによる、上記軽オレフィンの製造方法であり、上記脱水反応の反応圧力 P が、 $0.5 \sim 10\text{MPa}$ 、好ましくは $0.75 \sim 3.5\text{MPa}$ 、より好ましくは $0.8 \sim 3\text{MPa}$ 、最も好ましくは $1 \sim 2\text{MPa}$ であり、上記脱水反応の単位時間当たりの重量空間速度 H が、 $7 \sim 250\text{h}^{-1}$ 、好ましくは $8 \sim 150\text{h}^{-1}$ 、より好ましくは $10 \sim 100\text{h}^{-1}$ 、さらに好ましくは $15 \sim 80\text{h}^{-1}$ 、最も好ましくは $15 \sim 50\text{h}^{-1}$ である製造方法。

【0010】

(2) 上記脱水反応の間、 H および P は、狭義増加関数である数学関数「 $H = f(P)$ 」を満たし、 P （単位： MPa ）は、 $[0.55, 10.0]$ の間隔、好ましくは $[0.75, 3.5]$ の間隔、より好ましくは $[0.8, 3.0]$ の間隔、最も好ましくは $[1.0, 2.0]$ の間隔であり、 H （単位： h^{-1} ）は、 $[7, 250]$ の間隔、好ましくは $[8, 150]$ の間隔、より好ましくは $[10, 100]$ の間隔、さらに好ましくは $[15, 80]$ の間隔、最も好ましくは $[15, 50]$ の間隔である、先の態様のいずれかに記載の製造方法。

【0011】

(3) 軽オレフィンリッチ炭化水素および使用済み触媒を得る上記脱水反応を行うために、上記酸素含有化合物供給原料および上記触媒を連続的に接触させる工程、

再生された触媒を得るために、上記使用済み触媒の少なくとも一部を再生反応に搬送する工程、および、

上記脱水反応に、上記再生された触媒の少なくとも一部を循環させる工程を含み、

上記脱水反応の上記反応圧力 P が、上記再生反応の上記再生圧力よりも、少なくとも 0.35 MPa 、好ましくは 0.4 MPa 、 0.5 MPa 、 0.6 MPa 、 0.7 MPa 、 0.8 MPa 、 0.9 MPa 、 1.0 MPa 、 1.1 MPa 、 1.2 MPa 、 1.3 MPa 、 1.4 MPa 、 1.5 MPa 、 1.6 MPa 、 1.7 MPa 、 1.8 MPa 、 1.9 MPa 、または 2.0 MPa 高い、先の態様のいずれかに記載の製造方法。

【0012】

(4) さらに、 C_4^+ 炭化水素を得るために、上記軽オレフィンリッチ炭化水素を分離する工程を含み、

さらに、適宜、

さらなる軽オレフィンリッチ炭化水素およびさらなる使用済み触媒を作製するさらなる反応を行うために、上記 C_4^+ 炭化水素およびさらなる触媒を連続的に接触させる工程と、

さらなる再生された触媒を得るために、上記さらなる使用済み触媒の一部を上記再生反応へ搬送する工程と、

上記脱水反応、および/または上記さらなる反応に、上記再生された触媒の少なくとも一部、および/または上記さらなる再生された触媒の少なくとも一部を循環させる工程と、を含む、先の態様のいずれかに記載の製造方法。

【0013】

(5) 流動床反応器、密集床反応器、ライザー反応器、沸騰床反応器、スラリー床反応器およびそれらの組み合わせからそれぞれ独立して選択される、より好ましくはライザー反応器から選択される、さらに好ましくは等直径のライザー反応器、線速度が等しいライザー反応器、可変直径のライザー反応器、およびライザー-密集床ハイブリット反応器からそれぞれ独立して選択される、1つまたはそれ以上の反応器が、上記脱水反応および/または上記さらなる反応に使われる、先の態様のいずれかに記載の製造方法。

【0014】

(6) 上記酸素含有化合物供給原料は、アルコール、エーテル、およびエステルの少なくとも1つから選択され、好ましくは R1-O-R2 、 R1-OC(=O)O-R2 、 R1-C(=O)O-R2 および R1-C(=O)-R2 の少なくとも1つから選択され(ここで、 R1 および R2 は、互いに同一または相違し、 H および C1-6 の分枝状または線状アルキルからそれぞれ独立して選択され、好ましくは H および C1-4 の分枝状または線状アルキルからそれぞれ独立して選択され、但し、 R1 および R2 のうち多くとも1つが水素である)、より好ましくはメタノール、エタノール、ジメチルエーテル、ジエチルエーテル、メチル-エチルエーテル、メチレンカーボナート、蟻酸メチルの少なくとも1つから選択される、先の態様のいずれかに記載の製造方法。

【0015】

(7) 上記触媒および上記さらなる触媒は、互いに同一または相違し、ゼオライト触媒の少なくとも1つからそれぞれ独立して選択され、好ましくはアルミノケイリン酸塩ゼオライト触媒およびアルミノケイ酸塩分子篩い(molecular sieve)触媒の少なくとも1つからそれぞれ独立して選択される、先の態様のいずれかに記載の製造方法。

【0016】

(8) 上記再生反応の反応条件は、反応温度が $450 \sim 850$ 、好ましくは $550 \sim 700$ であり、反応圧力が $0.1 \sim 0.5 \text{ MPa}$ 、好ましくは $0.15 \sim 0.3 \text{ MPa}$ であり、酸素含有雰囲気下、好ましくは空気雰囲気下または酸素雰囲気下である、先の態様のいずれかに記載の製造方法。

【0017】

(9) 上記使用済み触媒および/または上記さらなる使用済み触媒、および/または、上記再生された触媒および/または上記さらなる再生された触媒は、フィルターに通す分離によって回収される、先の態様のいずれかに記載の製造方法。

【0018】

(10) 上記搬送および上記循環は、1つまたはそれ以上(好ましくは1つまたは2つ

）の触媒ホッパー（９）を経由して行われる、先の態様のいずれかに記載の製造方法。

【００１９】

（１１）さらに、上記脱水反応および／または上記さらなる反応を行うために、上記使用済み触媒の少なくとも一部および／または上記さらなる使用済み触媒の少なくとも一部を循環させる工程を含む、先の態様のいずれかに記載の製造方法。

【００２０】

（１２）上記触媒および／または上記さらなる触媒は、炭素の総含量が３～２５ｗｔ％、最も好ましくは６～１５ｗｔ％である、先の態様のいずれかに記載の製造方法。

【００２１】

（１３）上記脱水反応のための反応器の、大きさおよび量の上記条件は同一のままであり、軽オレフィンの生産量を、５０％、好ましくは１００％、より好ましくは１５０％、２００％、５００％または７９０％、最も好ましくは１０００％またはそれ以上、増大することが可能である、先の態様のいずれかに記載の製造方法。

【００２２】

（１４）さらに、上記脱水反応のために、不完全に反応した酸素含有化合物供給原料を循環させる工程を含む、先の態様のいずれかに記載の製造方法。

【００２３】

（１５）上記軽オレフィンリッチ炭化水素および使用済み触媒を製造する上記脱水反応を行うために、ライザー型反応器において、上記酸素含有化合物供給原料および上記触媒を連続的に接触させる工程、

炭化水素－触媒分離ゾーンにて上記軽オレフィンリッチ炭化水素と上記使用済み触媒とを分離し、分離された軽オレフィンリッチ炭化水素を生産物分離回収システムに導入し、上記ライザー型反応器のストリップング領域を通して上記使用済み触媒を剥がし、上記使用済み触媒を上記ライザー型反応器から回収し使用済み触媒の受け器へ搬送する工程、

上記使用済み触媒の受け器内の上記使用済み触媒を、触媒ホッパーを経由して、再生器へ搬送するか、あるいは、まず、上記使用済み触媒の受け器内の上記使用済み触媒を、触媒ホッパーを経由して、使用済み触媒の供給槽、そして、再生器へ搬送し、再生された触媒を得るために、上記再生器において、酸素含有雰囲気ですべて使用済み触媒を再生する工程、

再生された触媒を直接触媒ホッパーへ搬送するか、あるいは、まず、上記再生器から上記再生された触媒を回収し、再生された触媒の受け器へ、そして、触媒ホッパーへ搬送する工程、

上記触媒ホッパー内の上記再生された触媒を再生された触媒の供給槽へ搬送し、そして、上記ライザー型反応器へ返送する工程を含む、先の態様のいずれかに記載の製造方法。

【００２４】

< 技術的效果 >

先行技術と比較すると、本発明による軽オレフィンの製造方法は、以下に示す利点を有する。

【００２５】

本発明による軽オレフィンの製造方法は、反応圧力を増大させ、同時におよび対応して、酸素含有化合物供給原料のＷＨＳＶを増大させることによって、現存する反応器または反応工場の、大きさおよび量等の条件下で、同じものが維持され、先行技術と同等に、または、先行技術よりもより高い水準で、軽オレフィンの収率を維持することができ、軽オレフィンの生産量を著しく増大させる（例えば、７９０％まで）。それゆえに、本発明の軽オレフィンの製造方法は、軽オレフィンの生産量を増大する方法であり、現存する軽オレフィンの製造工場を改築または改良して適用することができる。

【００２６】

本発明による軽オレフィンの製造方法は、予め決められた、軽オレフィンの生産量を達成することを確実にする条件で、先行技術と比較すると、反応器または反応工場の、大きさおよび量を著しく減少させることができ、それ相応に、軽オレフィン製造工場全体の規

模および投資コストを減少させる。それゆえに、本発明による軽オレフィンの製造方法は、高い製造能を有する、軽オレフィンを製造するための、新しい世代の方法であり、小規模で、より低い投資コストで、および、現存する軽オレフィン製造工場よりもより高い軽オレフィンの生産量で、新しい世代の軽オレフィン製造工場の建設に応用できる。

【0027】

本発明による軽オレフィンの製造方法は、より低い圧力下で再生器の操作を維持し、より高い圧力下で反応器の操作を維持するため、軽オレフィンの製造方法および製造工場の、全体の複雑さを低減する。

【0028】

本発明による軽オレフィンの製造方法は、再生器の反応圧力よりも著しくより高い、反応器の反応圧力を有するため、圧力変更装置（例えば、ロックホッパーまたは触媒ホッパー）を使用することにより、反応器の炭化水素雰囲気と再生器および触媒循環の酸素含有雰囲気との完全な分離を行うことができ、それ相応に、製造方法および製造工場の、全体の安全性を確実にする。

【0029】

本発明の、他の特徴および利点は、以下の発明の詳細な説明でさらに説明する。

【0030】

〔図面の簡単な説明〕

明細書の一部を構成する図面は、本発明のさらなる理解を与えるために使われ、以下の発明の詳細な説明と共に本発明を説明するのに役立つが、本発明を限定しようとするものではない。

【0031】

（図面について）

図1は、本発明の第1の特定の実施形態に係る酸素含有化合物供給原料から軽オレフィンを製造する方法のフローチャートである。

【0032】

図2は、本発明の第2の特定の実施形態に係る酸素含有化合物供給原料から軽オレフィンを製造する方法のフローチャートである。

【0033】

図3は、本発明の第3の特定の実施形態に係る酸素含有化合物供給原料から軽オレフィンを製造する方法のフローチャートである。

【0034】

図4は、本発明の第4の特定の実施形態に係る酸素含有化合物供給原料から軽オレフィンを製造する方法のフローチャートである。

【0035】

図5は、本発明の第5の特定の実施形態に係る酸素含有化合物供給原料から軽オレフィンを製造する方法のフローチャートである。

【0036】

図6は、本発明の第6の特定の実施形態に係る酸素含有化合物供給原料から軽オレフィンを製造する方法のフローチャートである。

【0037】

図7は、本発明の第7の特定の実施形態に係る酸素含有化合物供給原料から軽オレフィンを製造する方法のフローチャートである。

【0038】

本発明は、他の具体的な実施形態を含み得、上記7つの実施形態に限定されない。

【0039】

（図の付記番号）

1：ライザー反応器(riser reactor)、2：内部熱除去器、3：密集床反応器、4：ストリップング領域、5：沈降ゾーン、6：フィルター、7：再生器、8：使用済み触媒の受け器、9：触媒ホッパー、10：使用済み触媒の供給槽、11：再生された触媒の受け

器、12：再生された触媒の供給槽、13：外部熱除去器、14：内部熱除去器、15：内部熱除去器、16：パイプライン、17：パイプライン、18：パイプライン、19：パイプライン、20：パイプライン、21：パイプライン、22：パイプライン、23：パイプライン、24：供給ライン、25：反応産物ライン、26：燃焼排ガスライン、27：パイプライン、28：プレリフティングライン、201：ライザー反応器、202：内部ライザーおよび分配器、203：密集床反応器、204：ストリップング領域、205：沈降ゾーン、206：フィルター、207：再生器、208：使用済み触媒の受け器、209：触媒ホッパー、210：再生された触媒の受け器、211：触媒混合器、212：再生された触媒の供給槽、213：パイプライン、214：内部熱除去器、215：内部熱除去器、216：パイプライン、217：パイプライン、218：パイプライン、219：プレリフティングライン、220：急冷媒体ライン、221：パイプライン、222：パイプライン、223：パイプライン、224：供給ライン、225：反応産物ライン、226：燃焼排ガスライン、227：パイプライン、301：ライザー反応器、302：直径が拡大したライザー(diameter-expanded riser)、303：密集床反応器、304：ストリップング領域、305：沈降ゾーン、306：フィルター、307：再生器、308：使用済み触媒の受け器、309：触媒ホッパー、310：使用済み触媒の供給槽、311：再生された触媒の受け器、312：再生された触媒の供給槽、313：外部熱除去器、314：内部熱除去器、315：内部熱除去器、316：パイプライン、317：パイプライン、318：パイプライン、319：パイプライン、320：パイプライン、321：パイプライン、322：パイプライン、323：パイプライン、324：供給ライン、325：反応産物ライン、326：燃焼排ガスライン、327：パイプライン、328：プレリフティングライン、329：供給ライン、330：さらなるライザー型反応器(riser-type reactor)、331：パイプライン、332：パイプライン、401：ライザー反応器、402：内部ライザーおよび分配プレート、403：密集床反応器、404：ストリップング領域、405：沈降ゾーン、406：フィルター、407：再生器、408：使用済み触媒の受け器、409：触媒ホッパー、410：再生された触媒の受け器、411：触媒混合器、412：再生された触媒の供給槽、413：外部熱除去器、414：内部熱除去器、415：内部熱除去器、416：パイプライン、417：パイプライン、418：パイプライン、419：プレリフティングライン、420：急冷媒体ライン、421：パイプライン、422：パイプライン、423：パイプライン、424：供給ライン、425：反応産物ライン、426：燃焼排ガスライン、427：パイプライン、428：プレリフティングライン、429：供給ライン、430：パイプライン、431：第1反応ゾーン、432：第2反応ゾーン、433：引き上げ部(necking)および急速分離器、434：ストリップング領域、435：沈降ゾーン、436：フィルター、437：パイプライン、438：パイプライン、501：ライザー反応器、502：内部ライザーおよび急速分離器、503：密集床反応器、504：ストリップング領域、505：沈降ゾーン、506：フィルター、507：再生器、508：使用済み触媒の受け器、509：触媒ホッパー、510：使用済み触媒の供給槽、511：再生された触媒の受け器、512：触媒供給槽、513：外部熱除去器、514：内部熱除去器、515：内部熱除去器、516：パイプライン、517：パイプライン、518：パイプライン、519：パイプライン、520：パイプライン、521：パイプライン、522：パイプライン、523：パイプライン、524：供給ライン、525：反応産物ライン、526：燃焼排ガスライン、527：パイプライン、528：急冷媒体ライン、529：外部熱除去器、530：第1反応ゾーン、531：第2反応ゾーンおよび引き上げ部、532：プレリフティングライン、533：供給ライン、534：パイプライン、535：パイプライン、601：第1反応ゾーン、602：第2反応ゾーン、603：引き上げ部および急速分離器、604：ストリップング領域、605：沈降ゾーン、606：フィルター、607：再生器、608：使用済み触媒の受け器、609：触媒ホッパー、610：再生された触媒の受け器、611：触媒混合器、612：外部熱除去器、613：外部熱除去器、614：内部熱除去器、615：内部熱除去器、616：パイプライン、61

7 : パイプライン、618 : パイプライン、619 : プレリフティングライン、620 : 燃焼排ガスライン、621 : パイプライン、622 : パイプライン、623 : パイプライン、624 : 供給ライン、625 : 反応産物ライン、626 : プレリフティングライン、627 : さらなるライザー型反応器、628 : 急速分離器、629 : 沈降ゾーン、630 : ストリッピング領域、631 : フィルター、632 : 反応産物ライン、633 : パイプライン、634 : パイプライン、635 : 供給ライン、636 : 触媒供給槽、637 : パイプライン、701 : 流動床反応器、702 : 供給ライン、703 : 反応産物ライン、704 : 燃焼排ガスライン、705 : 沈降ゾーン、706 : フィルター、707 : 再生器、708 : 使用済み触媒の受け器、709 : 触媒ホッパー、710 : 使用済み触媒の供給槽、711 : 再生された触媒の受け器、712 : 再生された触媒の供給槽、713 : 内部熱除去器、714 : 内部熱除去器、715 : 外部熱除去器、716 : パイプライン、717 : パイプライン、718 : パイプライン、719 : パイプライン、720 : パイプライン、721 : パイプライン、722 : パイプライン、723 : パイプライン、724 : 主空気。

【0040】

(発明の詳細な説明)

以下に、本発明の特定の実施形態について、図面を参照して、詳細に説明する。ここで説明される特定の実施形態は、本発明を説明するためだけのつもりであることを理解されるべきであり、本発明は、何らかの方法で、それに限定されない。

【0041】

本明細書の文脈において、「反応器」および「さらなる反応器」は、互いに独立した2つの反応器である。本発明において、用語「 C_4^+ 炭化水素」は、4つ以上の炭素原子を含む炭化水素である。

【0042】

本明細書の文脈において、「軽オレフィン」は、エチレンおよびプロピレンである。

【0043】

本明細書の文脈において、「軽オレフィンの収率」は、軽オレフィンの貫流する(once through)収率であり、「軽オレフィンの生産量」は、単位時間における、反応器あたりの軽オレフィンの貫流する生産量であり、「単位時間当たりの重量空間速度」は、単位時間における、単位質量の触媒を通過する反応物の質量である。

収率 = (生産物の生産量 / 酸素含有化合物を除いた炭化水素産物の合計) × 100

酸素含有化合物を除いた炭化水素産物は、具体的には、水素、および酸素を含まず、1つ以上の炭素原子を有する炭化水素を包含する。

【0044】

本発明によれば、軽オレフィンの製造方法は、軽オレフィンを製造する脱水反応を行うために、酸素含有化合物供給原料および触媒を連続的に接触させる方法である。

【0045】

本発明による方法は、軽オレフィンリッチ炭化水素および使用済み触媒を得る脱水反応を行うために、酸素含有化合物供給原料および触媒を連続的に接触させる工程、再生された触媒を得るために、使用済み触媒の少なくとも一部を再生反応に搬送する工程、脱水反応に、上記再生された触媒の少なくとも一部を循環させる工程を含み得る。具体的に説明すれば、上記方法は、軽オレフィンリッチ炭化水素および使用済み触媒を得る脱水反応を行うために、酸素含有化合物供給原料および触媒を反応器(例えばライザー型反応器(airiser-type reactor))内で連続的に接触させる工程、炭化水素-触媒分離ゾーンにて軽オレフィンリッチ炭化水素および使用済み触媒を分離する工程、分離された軽オレフィンリッチ炭化水素を生産物分離回収システムに導入し、反応器のストリッピング領域を介して使用済み触媒を剥がし、上記反応器から上記使用済み触媒を回収し、使用済み触媒の受け器に搬送する工程、触媒ホッパーを経由して上記使用済み触媒の受け器内の上記使用済み触媒を直接再生器へ搬送するか、あるいは、まず触媒ホッパーを経由して上記使用済み触媒の受け器内の上記使用済み触媒を使用済み触媒の供給槽へ搬送した後、再生器へ搬送し

、再生された触媒を得るために、上記再生器で、酸素含有雰囲気下で上記使用済み触媒を再生する工程、上記再生された触媒を上記再生器から回収し、再生された触媒の受け器に搬送し、その後、触媒ホッパーを経由して再生された触媒の供給槽に搬送するか、あるいは、触媒ホッパーへ直接上記再生された触媒を搬送する工程、および、その後、上記反応器に戻って搬送する工程を含み得る。

【0046】

本発明による再生器は、当業者に知られた、その分野において一般的に使われる、いずれの種類の再生器であり得る。例えば、流動床再生器または沸騰床再生器が挙げられるが、これらに限定されない。

【0047】

本発明による方法はまた、反応器または使用済み触媒の受け器から使用済み触媒の一部を回収する工程、回収された使用済み触媒を上記反応器へ直接搬送するか、あるいは回収された使用済み触媒から熱を除去し冷却し、冷却された使用済み触媒を反応器へ搬送するか、あるいは回収された使用済み触媒を、反応器の下部分に配された触媒混合器へ搬送しそこで再生された触媒と混合し、混合された触媒を反応器へ搬送する工程、を含み得、上記回収された使用済み触媒は、再生された触媒の供給槽から触媒ホッパーを経由して搬送された再生された触媒と、反応器内で連続操作することを維持するのに十分な量がある。

【0048】

本発明による方法はまた、反応器または使用済み触媒の受け器から使用済み触媒の一部を回収する工程、回収された使用済み触媒を再生された触媒の供給槽へ直接搬送するか、あるいは、回収された使用済み触媒から熱を除去し冷却し、冷却された使用済み触媒を再生された触媒の供給槽へ搬送する工程、上記再生された触媒と混合後、混合された触媒を反応器へ搬送する工程を含み得、上記回収された使用済み触媒は、再生された触媒の供給槽から触媒ホッパーを経由して搬送された再生された触媒と、反応器内で連続操作することを維持するのに十分な量である。

【0049】

本発明によれば、上記酸素含有化合物供給原料は、当業者に知られており、アルコール、エーテル、およびエステルの少なくとも1つから選択され得るか、あるいは、他の産業または天然の資源である酸素含有化合物であり得る。本発明は、これに限定されない。酸素含有化合物供給原料は、 $R1-O-R2$ 、 $R1-OC(=O)-R2$ 、 $R1-C(=O)-R2$ および $R1-C(=O)-R2$ の少なくとも1つから選択されることが好ましい。ここで、 $R1$ および $R2$ は、互いに同一または相違し、 H および $C1-6$ の分枝状または線状アルキルからそれぞれ独立して選択され、好ましくは H および $C1-4$ の分枝状または線状アルキルからそれぞれ独立して選択され、但し、 $R1$ および $R2$ のうち多くとも1つが水素である。酸素含有化合物供給原料は、メタノール、エタノール、ジメチルエーテル、ジエチルエーテル、メチル-エチルエーテル、メチレンカーボナイト、蟻酸メチルの少なくとも1つから選択されることがより好ましく、特にメタノールが好ましい。

【0050】

本発明によれば、脱水反応において、希釈剤が必要となることがある。一般的に水蒸気が希釈剤として使用されるか、あるいは、水素、メタン、エタン、窒素、一酸化炭素等が希釈剤として使用され得る。使用する場合、希釈剤に対する酸素含有化合物供給原料のモル比は、一般的に、 $40:1 \sim 0.4:1$ であり、好ましくは $11:1 \sim 0.7:1$ であり、より好ましくは $7:1 \sim 1.3:1$ である。

【0051】

本発明によれば、使用される触媒は、当業者によく知られたものであり得る。例えば、上記触媒は、ゼオライト触媒であり得る。ゼオライトは、アルミノケイリン酸塩ゼオライトおよび/またはアルミノケイ酸塩ゼオライトであり得る。アルミノケイリン酸塩ゼオライトは、 SAP ゼオライトおよび SRM ゼオライトの1つ以上から選択され得、アルミノケイ酸塩ゼオライトは、 ZSM ゼオライトおよび ZRP ゼオライトの1つ以上から選択され得る。加えて、上記ゼオライトは、アルカリ土類金属、 K 、 Mg 、 Ca 、 Ba 、 Zr

、Ti、Co、Mo、Ni、Pt、Pd、La、Ce、Cu、Fe、B、Si、P、Sn、Pb、Ga、Cr、V、Sc、Ge、Mn、La、Al、Ni、およびFeの1つ以上の元素により支持され得る。

【0052】

本発明による方法はまた、 C_4^+ 炭化水素を得るために、軽オレフィンリッチ炭化水素を分離する工程を含み得る。

【0053】

本発明による方法は、適宜、さらなる軽オレフィンリッチ炭化水素およびさらなる使用済み触媒を得る、さらなる反応を行うために、 C_4^+ 炭化水素およびさらなる触媒を連続的に接触させる工程、さらなる再生された触媒を得る再生反応のために、さらなる使用済み触媒の少なくとも一部を再生反応に搬送する工程、並びに、脱水反応および/またはさらなる反応に、上記再生された触媒の少なくとも一部および/または上記さらなる再生された触媒の少なくとも一部を循環させる工程を含み得る。例えば、上記方法は、さらなる反応を行うために、生産物分離回収システムによる分離から得られた C_4^+ 炭化水素を、さらなる反応器（例えばライザー型反応器）へ搬送する工程を含み得る。

【0054】

本発明によれば、上記さらなる触媒および上記触媒は、同一であっても異なってもよく、上記さらなる触媒は、当業者に良く知られたものであり得る。例えば、上記さらなる触媒は、ゼオライト触媒であり得る。ゼオライトは、アルミノケイリン酸塩ゼオライトおよび/またはアルミノケイ酸塩ゼオライトであり得る。アルミノケイリン酸塩ゼオライトは、SAPOゼオライトおよびSRMゼオライトの1つ以上から選択され得、アルミノケイ酸塩ゼオライトは、ZSMゼオライトおよびZRPゼオライトの1つ以上から選択され得る。加えて、上記ゼオライトは、アルカリ土類金属、K、Mg、Ca、Ba、Zr、Ti、Co、Mo、Ni、Pt、Pd、La、Ce、Cu、Fe、B、Si、P、Sn、Pb、Ga、Cr、V、Sc、Ge、Mn、La、Al、Ni、およびFeの1つ以上の元素により支持され得る。

【0055】

本発明による方法は、 C_4^+ 炭化水素に接触させ、さらなる反応を行うために、再生された触媒の供給槽内の再生された触媒をさらなる反応器へ搬送する工程と、結果的に生じたさらなる C_4^+ 炭化水素、および結果的に生じたさらなる使用済み触媒を共に、反応器の炭化水素-触媒分離ゾーンへ搬送する工程と、を含み得る。

【0056】

本発明による方法はまた、 C_4^+ 炭化水素に接触させ、さらなる反応を行うために、反応器内の使用済み触媒をさらなる反応器へ搬送する工程と、結果的に生じたさらなる軽オレフィンリッチ炭化水素および結果的に生じた使用済み触媒を、さらなる反応器内で分離する工程と、分離されたさらなる軽オレフィンリッチ炭化水素を生産物分離回収システムへ搬送し、分離されたさらなる使用済み触媒を使用済み触媒の受け器へ搬送する工程と、を含み得る。

【0057】

本発明による方法はまた、 C_4^+ 炭化水素に接触させ、さらなる反応を行うために、反応器内の使用済み触媒をさらなる反応器へ搬送する工程と、結果的に生じたさらなる軽オレフィンリッチ炭化水素および結果的に生じた使用済み触媒を共に、反応器内の炭化水素-触媒分離ゾーンへ搬送する工程と、を含み得る。

【0058】

本発明による方法はまた、 C_4^+ 炭化水素に接触させさらなる反応を行いさらなる軽オレフィンリッチ炭化水素およびさらなる使用済み触媒を得るために、再生器内の再生された触媒をさらなる反応器へ直接搬送する工程と、さらなる反応器内でさらなる軽オレフィンリッチ炭化水素およびさらなる使用済み触媒を分離する工程と、分離されたさらなる軽オレフィンリッチ炭化水素を生産物分離回収システムへ搬送し、再生を行うためにさらなる使用済み触媒を直接再生器へ搬送する工程と、を含み得る。

【0059】

本発明によれば、上記反応器および／またはさらなる反応器の数は、1つ以上であり得、本発明は、これに限定されない。さらに、上記反応器および／またはさらなる反応器は、互いに同一であっても異なってもよく、流動床反応器、密集床反応器、ライザー反応器、沸騰反応器、スラリー床反応器、およびそれらの組み合わせからそれぞれ独立して選択される。上記反応器および／またはさらなる反応器は、互いに同一であっても異なってもよく、ライザー反応器からそれぞれ独立して選択されることが好ましく、より好ましくは、等直径のライザー反応器、線速度が等しいライザー反応器、可変直径のライザー反応器、およびライザー-密集床ハイブリット反応器からそれぞれ独立して選択される。加えて、底部から頂部への鉛直方向において、上記ライザー反応器は、プレリフティング領域、ライザー、急冷媒体ライン(a quenching medium line)、直径が拡大したライザー、引き上げ部(necking)、急速分離器、ストリップング領域、密集相領域、堆積ゾーン、沈降ゾーン、触媒混合器、およびフィルターが設けられ得、産業上一般的な装置である。それゆえに、上記反応器は、連続的に操作され得、当該反応器では、沈降ゾーン、フィルター等が上記炭化水素-触媒分離ゾーンを構成し得、炭化水素-触媒分離ゾーンはまた、使用済み触媒と炭化水素との分離に有用な他の装置を備え得る。本発明は、これに限定されるものではない。本発明によれば、ライザー型反応器の密集床部分は、密集床を形成し得ない、すなわち、「ゼロ床」操作モードである。

【0060】

酸素含有化合物供給原料からオレフィンを製造する方法が発熱反応であるため、本発明による反応器は、反応温度を制御するために、1つ以上の急冷媒体ラインが設けられている。本発明の特定の実施形態によれば、1つ以上の急冷媒体ラインは、急冷媒体が反応器に投入されるように、上記反応器の(反応物の方向に対して)中央寄りの下流に設けられ得る。ショック冷却媒体(shock chilling medium)は、急冷媒体または冷却された触媒であり得る。上記急冷媒体は、予備加熱されていない酸素含有化合物供給原料および／または水であり得る。

【0061】

本発明によれば、一般的に、脱水反応の反応温度は、 $200 \sim 700$ 、好ましくは $250 \sim 600$ である。特に、軽オレフィンの生産量を増大するという本発明の目的を達成するために、脱水反応の反応圧力 P は、 $0.5 \sim 10 \text{ MPa}$ 、好ましくは $0.75 \sim 3.5 \text{ MPa}$ 、より好ましくは $0.8 \sim 3 \text{ MPa}$ 、最も好ましくは $1 \sim 2 \text{ MPa}$ である。加えて、脱水反応の単位時間当たりの重量空間速度 H は、一般的に、 $7 \sim 250 \text{ h}^{-1}$ 、好ましくは $8 \sim 150 \text{ h}^{-1}$ 、より好ましくは $10 \sim 100 \text{ h}^{-1}$ であり、さらに好ましくは $15 \sim 80 \text{ h}^{-1}$ であり、最も好ましくは $15 \sim 50 \text{ h}^{-1}$ である。

【0062】

本発明の特に好ましい実施形態によれば、脱水反応において(言い換えると、現存する反応器または反応工場を基にして改良をするときに軽オレフィンの生産量を顕著に増加せたい場合)、 H および P は、狭義増加関数である数学関数「 $H = f(P)$ 」を満たす。特に、 P (単位: MPa)は、 $[0.55, 10.0]$ の間隔、好ましくは $[0.75, 3.5]$ の間隔、より好ましくは、 $[0.8, 3.0]$ の間隔、最も好ましくは $[1.0, 2.0]$ の間隔であり、 H (単位: h^{-1})は、 $[7, 250]$ の間隔、好ましくは $[8, 150]$ の間隔、より好ましくは $[10, 100]$ の間隔、さらに好ましくは $[15, 80]$ の間隔、最も好ましくは $[15, 50]$ の間隔である。この狭義増加関数において、脱水反応の反応圧力 P は、本発明によると、定義される特定数値間隔において高められ、脱水反応の単位時間当たりの重量空間速度は、本発明によると、定義される特定数値間隔に対応して高められるべきである。本発明は、当業者が通常の判断に基づいている限り、反応圧力 P および単位時間当たりの重量空間速度 H の増大方法および増大幅(amplitude)に限定はなく、数値はそれぞれ実際に増大し、数値が同じまたは減少した数値のままにできない。本発明の特定の実施形態によると、反応圧力 P および単位時間当たりの重量空間速度 H は、同じまたは異なる幅における割合の中で、ときには同じ規模または同時に

、軽オレフィンの生産を増大させる、期待される幅が達成されるまで、増大するのが好ましい。いくつかの場合、反応圧力 P が、本発明によると、先に定義されたある数値間隔の上限（例えば、 3 MPa ）に達したとき、単位時間当たりの重量空間速度 H が、本発明によると、先に定義されたある数値間隔の上限（例えば、 50 h^{-1} ）に達することも、一般的に好ましいが、それらに限定されない。

【0063】

特に注意されるべきであるのは、実施例に示すように、反応圧力 P および単位時間当たりの重量空間速度 H のうちのいずれか1つまたは両方が、ここで先に定義された数値範囲または数値間隔の中に無いとき、増大する反応圧力 P 、および、同時におよび対応して増大する単位時間当たりの重量空間速度 H は、本発明の軽オレフィンの製造を顕著に増大する効果が得られない。これは、当業者によって、全く予測されない。

【0064】

本発明によれば、上記さらなる反応の反応条件は、反応温度が $200 \sim 700$ 、好ましくは $300 \sim 600$ であり、反応圧が $0.1 \sim 6 \text{ MPa}$ 、好ましくは $0.8 \sim 2 \text{ MPa}$ である。

【0065】

本発明による方法はまた、上記再生器の再生圧力に対する上記反応器の反応圧力 P の比率を $3 \sim 100 : 1$ に制御することを含み得る。より具体的には、本発明によれば、反応圧力 P は、上記再生器の再生圧力よりも、少なくとも 0.35 MPa 、好ましくは、 0.4 MPa 、 0.5 MPa 、 0.6 MPa 、 0.7 MPa 、 0.8 MPa 、 0.9 MPa 、 1.0 MPa 、 1.1 MPa 、 1.2 MPa 、 1.3 MPa 、 1.4 MPa 、 1.5 MPa 、 1.6 MPa 、 1.7 MPa 、 1.8 MPa 、 1.9 MPa 、または 2.0 MPa 高い。あるいは、本発明によれば、反応圧力 P は、上記再生器の再生圧力よりも、多くて 5 MPa 、好ましくは、 4 MPa 、 3.5 MPa 、 3.3 MPa 、 3 MPa 、 2.5 MPa 、 2.3 MPa 、 2 MPa 、 1.5 MPa 、 1.3 MPa 、または 1 MPa 高い。

【0066】

本発明によれば、酸素含有化合物供給原料からオレフィンを製造し使用済み触媒を再生する方法が発熱反応であるため、上記反応器、上記再生器、上記再生された触媒の供給槽、または再生された触媒の受け器に、1つ以上の内部熱除去器が取り付けられ (installed) 得る。上記内部熱除去器は、コイルパイプ、エルボーパイプ等の形態であり得る。反応の熱は、内部熱除去器を流れる、水または四塩化炭素といった液体により除去され得る。産業上共通に使用される他の内部熱除去器は、本発明にも適用され得る。

【0067】

本発明者らは、酸素含有化合物供給原料を所定のコークス化された触媒に接触させることは反応を速く進めるために有利であり得ることを見出した。これは、触媒に付着したコークスが、アルキル基を導入するために、酸素含有化合物供給原料と活性中心として連続的に反応する一方、触媒に付着したコークスが、プロピレンおよびエチレンといった軽オレフィンを形成するために、連続的に脱アルキル化されるという理由である。これは、いわゆる「炭化水素プール」反応である。従って、本発明による方法はまた、上記脱水反応または上記反応器へ、使用済み触媒の少なくとも一部および/またはさらなる使用済み触媒の少なくとも一部を循環させる工程を含み得る。

【0068】

本発明の特定の実施形態によれば、上記使用済み触媒の一部は、上記反応器または使用済み触媒の受け器から回収され得、回収された使用済み触媒は、直接または温度を低減させる熱除去器を経由して、上記反応器へ返送されるか、あるいは、反応器の底部に配された、使用済み触媒と再生された触媒とが混合される触媒混合器へ搬送され、結果的に生じた混合された触媒は、反応のために反応器へ返送され得る。本発明の特定の実施形態によれば、上記使用済み触媒の一部は、上記反応器または使用済み触媒の受け器から回収され得、回収された使用済み触媒は、直接または温度を低減させる熱除去器を経由して、使用済み触媒と再生された触媒とが混合される再生された触媒の供給槽へ搬送され、結果的に

生じた混合された触媒は、反応のために反応器へ返送され得、上記回収された使用済み触媒は、再生された触媒の供給槽に存在し触媒ホッパーを経由して搬送された再生された触媒と、反応器内で触媒の連続操作することを維持するのに十分な量がある。

【0069】

本発明の特定の実施形態によれば、上記反応器または使用済み触媒の受け器から回収された使用済み触媒は、外部熱除去器を経由して搬送され得、外部熱除去器内では温度が低減するように上記熱が除去される。上記外部熱除去器は、当業者に公知であり得、流れる使用済み触媒の温度を低減させるために、コイルパイプおよびエルボーパイプといった熱除去装置が上記外部熱除去器に取り付けられ得る。

【0070】

本発明によれば、1つ以上の熱い再生された触媒、熱除去された再生された触媒、および上記反応器へ搬送された使用済み触媒を混合するための上記触媒混合器は、上記反応器に、好ましくは鉛直の様態で接続され得る。上記触媒混合器は、200～600、好ましくは300～500の温度、および0.5～10MPaの圧力を有する。

【0071】

本発明によれば、上記反応器（上記供給ゾーン）および/または上記さらなる反応器（上記供給ゾーン）へ搬送される触媒における炭素の総含量は、3～25wt%、好ましくは6～15wt%であり得る。ここで、上記反応器および/または上記さらなる反応器へ搬送される触媒は、再生された触媒の供給槽から提供され（be from）得るか、あるいは、使用済み触媒の受け器および/または上記反応器から提供され得、上記再生された触媒の供給槽からの触媒は、再生された触媒であり得るか、あるいは再生された触媒と使用済み触媒との混合触媒であり得る。

【0072】

本発明によれば、上記オレフィンリッチ炭化水素は、 C_4^+ 炭化水素留分を製造するために、上記生産物分離回収システムにより分離され得るということは当業者により理解され得る。軽オレフィンの生産量を増大させるために、 C_4^+ 炭化水素は、 C_4^+ 炭化水素を軽オレフィンへ分留するさらなる反応を行うために、さらなる反応器へ搬送され得る。

【0073】

本発明の特定の実施形態によれば、上記再生された触媒の供給槽内の再生された触媒は、 C_4^+ 炭化水素に接触させ、さらなる反応を行うために、さらなる反応器へ搬送され得、結果的に生じたさらなる軽オレフィンリッチ炭化水素および結果的に生じたさらなる使用済み触媒はともに、上記反応器の炭化水素-触媒分離ゾーンへ搬送され得、上記反応器の炭化水素-触媒分離ゾーンへ搬送された上記さらなる軽オレフィンリッチ炭化水素および上記さらなる使用済み触媒は、上記反応器にて製造された上記軽オレフィンリッチ炭化水素および上記使用済み触媒と混合され得、結果的に生じた混合物は、上記分離の対象となる。

【0074】

本発明のさらなる特定の実施形態によれば、上記反応器内の上記使用済み触媒は、 C_4^+ 炭化水素に接触させ、さらなる反応を行うために、さらなる反応器へ搬送され得、結果的に生じたさらなる軽オレフィンリッチ炭化水素および結果的に生じたさらなる使用済み触媒は上記さらなる反応器にて分離され得、上記分離された軽オレフィンリッチ炭化水素は、上記生産物分離回収システムへ搬送され得、上記分離された上記さらなる使用済み触媒は、上記使用済み触媒の受け器へ搬送される。

【0075】

本発明のさらなる特定の実施形態によれば、上記反応器の上記ストリッピング領域にて剥がされた使用済み触媒は、 C_4^+ 炭化水素に接触させ、さらなる反応を行うために、さらなる反応器へ搬送され得、結果的に生じたさらなる軽オレフィンリッチ炭化水素および結果的に生じたさらなる使用済み触媒は、上記反応器の炭化水素-触媒分離ゾーンへ搬送され得、上記反応器へ返送された上記さらなる軽オレフィンリッチ炭化水素および上記さらなる使用済み触媒は、上記反応器にて製造された上記軽オレフィンリッチ炭化水素およ

び上記使用済み触媒と混合され得、結果的に生じた混合物は、上記分離の対象となる。

【0076】

本発明のさらなる特定の実施形態によれば、上記再生器内の上記再生された触媒は、 C_4^+ 炭化水素に接触させさらなる反応を行い、さらなる軽オレフィンリッチ炭化水素を生産するために、上記さらなる反応器へ直接搬送され得、さらなる使用済み触媒は上記さらなる反応器にて分離されるとともに、上記さらなる軽オレフィンリッチ炭化水素および上記さらなる使用済み触媒は、上記さらなる反応器にて分離され、上記分離されたさらなる軽オレフィンリッチ炭化水素は、上記生産物分離回収システムへ搬送され得、上記分離されたさらなる使用済み触媒は、再生のための再生器へ直接搬送され得る。

【0077】

本発明によれば、当業者に知られた軽オレフィンを生産し得る反応条件が、上記反応器でのオレフィンを生産するための脱水反応、および上記さらなる反応器での上記さらなる反応に適用され得、略同一または異なる反応条件が上述した2つの反応に適用され得る。上記さらなる反応器での反応供給原料、および上記反応器での反応供給原料は完全に同一ではないので、上記さらなる反応器で供給原料に依存して、上記反応器での反応条件と異なる、当業者により理解できる反応条件が上記さらなる反応に適用され、上記さらなる反応は、主に C_4^+ 炭化水素の上記分留反応を含み得ることが好ましい。2つの反応器での上記反応条件は、例えば、次の範囲内で選択され得る。上記反応温度は、 $200 \sim 700$ 、好ましくは $250 \sim 600$ であり得、反応圧力は、 $0.5 \sim 10 \text{ MPa}$ 、好ましくは $1 \sim 3.5 \text{ MPa}$ であり得る。

【0078】

上記反応器または上記さらなる反応器での反応後に作製された、上記（さらなる）軽オレフィンリッチ炭化水素および上記（さらなる）使用済み触媒を分離するか、あるいは、上記再生器での再生後に作製された、上記再生された触媒および上記燃焼排ガスを分離するために、従来型のサイクロン分離器が使われ得る。当該サイクロン分離器は、当業者によってよく知られているため、ここでは詳細に説明しない。

【0079】

本発明の好ましい特定の実施形態によると、軽オレフィンリッチ炭化水素および使用済み触媒は、フィルターを用いて分離され得る。さらに、上記さらなる軽オレフィンリッチ炭化水素および上記さらなる使用済み触媒もまた、フィルターを用いて分離され得る。さらに、上記（さらなる）再生された触媒および上記燃焼排ガスもまた、フィルターを用いて分離され得る。触媒を分離するためのフィルターの使用は、触媒粉末、および、炭化水素または燃焼排ガスを含む粉塵を、効果的に除去し得る。先行技術で使われている従来型のサイクロン分離器と比較すると、フィルターの使用は、製造中の触媒の自然な損失を、最大限低減し得る。これは、本発明の注目すべき優位な点の1つである。

【0080】

本発明によれば、上記フィルターは、例えば、金属焼結多孔質材料および/またはセラミック多孔質材料から選択される多孔質材料で調製され得る。上記フィルターは、ろ過粉末度(a filter fineness)が $2 \mu\text{m}$ 粒子に対し99.9%に達し、好ましくは $1.2 \mu\text{m}$ 粒子に対し99.9%に達する。さらに、上記フィルターは、上記フィルターのケーキを落とすために、パージガスにより浄化され得る。ここで、上記パージガスは、炭化水素含有ガス、乾燥ガス、窒素、および水蒸気の1つ以上から選択され得る。

【0081】

本発明による方法はまた、反応供給原料の完全利用を達成するために、（上記脱水反応にて新たに形成された様々な酸素含有化合物、特にジメチルエーテルを含む）不完全に反応した酸素含有化合物供給原料を、脱水反応段階へ循環させる工程を含み得る。

【0082】

本発明によれば、上記使用済み触媒の少なくとも一部および/または上記さらなる使用済み触媒の一部を上記再生反応へ搬送すること、および/または、上記再生された触媒の少なくとも一部および/または上記さらなる再生された触媒の一部を上記脱水生反応およ

び／または上記さらなる反応へ搬送することは、１つ以上（好ましくは１つまたは２つ）の触媒ホッパーにより実現するのが都合がよい。ここで、上記触媒ホッパーは、しばしばロックホッパーとして知られている。本明細書の文脈、特に図面および実施例において、上記触媒ホッパーは、本発明の技術思想および種々の特定された実施形態を説明するための一例として解釈され、本発明はこれに限定されない。

【００８３】

本発明によれば、上記触媒ホッパーは、上記触媒を、上記反応器のより高圧の炭化水素環境から再生器のより低圧の酸素環境へ、および再生器のより低圧の酸素環境から上記反応器のより高圧の炭化水素環境へ、安全にかつ効率的に搬送し得る。

【００８４】

換言すれば、上記触媒ホッパーの使用は、上記再生器の上記反応器の上記炭化水素環境を上記再生器の再生的な酸素含有環境から隔離し得、本発明の方法の安全性を確実にする一方、上記反応器および上記再生器の操作圧力を柔軟に調整および制御することができ、特に、再生器の操作圧力を増大させない場合、反応器の操作圧力が増大し得るため、工場の処理量を増大させる。

【００８５】

例えば、反応器（より高圧の炭化水素環境）から、再生器（より低圧の酸素環境）へ、触媒ホッパーを経由して触媒を搬送する工程は、（１）残留酸素を再生器に搬送するために、高温の窒素で、退避させた触媒ホッパーをパージする、（２）窒素を追い出すために、乾燥ガスで、触媒ホッパーをパージする、（３）乾燥ガスで、退避させた触媒ホッパーを加圧する、（４）使用済み触媒の受け器から搬送された使用済み触媒で、退避させた触媒ホッパーを充填する、（５）加圧された触媒ホッパーにおいて、乾燥ガスを発散することによって、充填された触媒ホッパーを減圧する、（６）乾燥ガスを追い出すために、高温の窒素で、充填された触媒ホッパーをパージする、（７）充填された触媒ホッパーから、使用済み触媒の供給槽へ、使用済み触媒を放出する、を含み得る。再生器（より低圧の酸素環境）から、反応器（より高圧の炭化水素環境）へ、触媒ホッパーを通して触媒を循環する工程は、（１）酸素を再生器に搬送するために、高温の窒素で、再生された触媒が充填された触媒ホッパーをパージする、（２）窒素を追い出すために、乾燥ガスで、触媒ホッパーをパージする、（３）乾燥ガスで、充填されたロックホッパーを加圧する、（４）充填された触媒ホッパーから再生された触媒の供給槽へ再生された触媒を放出する、（５）加圧された触媒ホッパーにおいて、乾燥ガスを発散することによって、退避させた触媒ホッパーを減圧する、（６）乾燥ガスを追い出すために、高温の窒素で、退避させた触媒ホッパーをパージする、（７）再生された触媒の受け器から搬送された再生された触媒で、退避させた触媒ホッパーを充填する、を含み得る。

【００８６】

本発明によれば、触媒ホッパーで上記触媒がバッチ搬送されるため、上記再生された触媒の供給槽および使用済み触媒循環ラインの機能は、より連続的に触媒を反応器へ搬送することである。しかし、本発明者らは、使用済み触媒を再生器へ搬送すること、および再生された触媒を再生器から搬送することは、バッチで行うことができることを見出した。触媒ホッパーから再生器へ使用済み触媒を搬送する、あるいは再生器から触媒ホッパーへ再生された触媒を搬送するに際し、上記搬送は、使用済み触媒の供給槽または再生された触媒の受け器を取り付けることなく、再生器と触媒ホッパーとの間の重力、またはパイプライン間の圧力差により達成することができる。

【００８７】

本発明によれば、上記反応器と上記さらなる反応器とが互いに連通している場合、２つの反応器間で圧力が同一であることを当業者は理解し得る。すなわち、必要に応じて、上記触媒ホッパーもまた、上記さらなる反応器の触媒の搬送および循環を達成し得る。

【００８８】

本発明によれば、再生反応条件は、当業者によく知られた条件であり、例えば、再生反応の反応条件は、反応温度が４５０～８５０、好ましくは５５０～７００であり、反

応圧力が 0.1 ~ 0.5 MPa、好ましくは 0.15 ~ 0.3 MPa であり、例えば常圧であり、酸素含有雰囲気であり得る。酸素含有雰囲気は、流動溶媒として、空気、窒素希釈空気、酸素リッチガスであり得る。

【0089】

本発明によれば、脱水素反応のための反応器の、大きさおよび量等の上記条件は同一のままであり、言い換えると、現存する反応器または反応工場を基にして改良する場合、本発明により定義された特定の範囲における、反応器の増大する反応圧力および WHSV は、反応器の酸素含有化合物供給原料の処理量を著しく増大させることができ、それ相応に、軽オレフィンの生産量が増大し得る。この場合、軽オレフィンの生産量は、50%、好ましくは 100%、より好ましくは 150%、200%、500% または 790%、最も好ましくは 1000% またはそれ以上まで、増大され得る。

【0090】

本発明によれば、軽オレフィンの収率は、先行技術と実質的に同一の水準で、または、先行技術よりも少し高い水準で維持されることに基づいて、軽オレフィンの生産量を増大させる目的は、反応器または反応工場の、酸素含有化合物供給原料の処理量を増大させることによって成し遂げられるということは、強調されるべきである。それゆえに、本発明による軽オレフィンの生産量の増大幅は、反応器または反応工場の、軽オレフィンの収率を損なう犠牲を伴う、酸素含有化合物供給原料の処理量を単に増大させることによって軽オレフィンの生産量の増大を達成することと比較して、著しくより高くなる（例えば、減少幅 > 20%）。本発明によれば、軽オレフィンの収率は、先行技術と同等に、または、先行技術よりもより高い水準で維持され、例えば、一般的に 60% ~ 95%、好ましくは 78% ~ 95% である。

【0091】

他の観点からすると、軽オレフィンの予定された生産量を達成するという条件で、先行技術と比較すると、上記定義された本発明の方法による軽オレフィンの製造は、反応器または反応工場の大きさおよび量を、著しく減少させるため、軽オレフィンの製造工場の規模および投資コストを減少させる。

【0092】

本発明の特定の実施形態について、図面を参照してさらに説明するが、本発明はそれらに限定されない。本発明の説明に便利のため、ライザー型反応器は、例えば反応器として理解されるが、本発明はそれに限定されない。

【0093】

（第 1 の特定の実施形態）

図 1 は、本発明の第 1 の特定の実施形態に係る酸素含有化合物供給原料から軽オレフィンを製造する方法のフローチャートである。

【0094】

図 1 に示されるように、供給ライン 24 から酸素含有化合物供給原料は、ライザー型反応器のライザー反応器 1 へ搬送され、パイプライン 23 を経由した触媒と接触し、オレフィンを生産する脱水反応を行うために、プレリフティングライン 28 により持ち上げられる。反応後、結果的に生じた産物は、密集床反応器 3 に入る。内部熱除去器 2 により密集床反応器 3 から過剰な熱が除去される。炭化水素産物は、密集床反応器 3 にてさらに反応する。結果的に生じた軽オレフィンリッチ炭化水素および使用済み触媒は、沈降ゾーン 5 へ搬送される。沈降後、使用済み触媒は密集床反応器 3 へ戻る。軽オレフィンリッチ炭化水素および捕捉された使用済み触媒粉末はフィルター 6 で濾過される。軽オレフィンリッチ炭化水素は、パイプライン 2 を経由して、生産物分離回収システム（不示）へ搬送される。濾過後、使用済み触媒粉末は、降下し (settles)、密集床反応器 3 へ戻る。使用済み触媒は、ストリップング領域 4 にて剥がされる。剥がされた後、使用済み触媒の一部は、パイプライン 16 を経由して、使用済み触媒の受け器 8 へ搬送され、使用済み触媒の他の部分は、外部熱除去器 13 により除熱され、再生された触媒の供給槽 12 へ搬送される。

【 0 0 9 5 】

使用済み触媒の受け器 8 からの使用済み触媒は、パイプライン 1 7 を経由して触媒ホッパー 9 へ搬送され、圧力解放後、パイプライン 1 8 を経由して使用済み触媒の供給槽 1 0 へ搬送され、そして、パイプライン 1 9 を経由して再生器 7 へ搬送される。使用済み触媒は、パイプライン 2 7 から主空気と向流接触し、コークスの燃焼により再生される。内部熱除去器 1 5 により過剰な熱が除去される（除去された熱は、熱除去流の量および内部熱除去器 1 5 が密集床層内に埋め込まれる深さと共に制御され得る）。燃焼排ガスは、パイプライン 2 6 を経由して、次のエネルギー回収および精製システム（不示）へ搬送される。再生された触媒は、パイプライン 2 0 を経由して、再生された触媒の受け器 1 1 へ搬送される。内部熱除去器 1 4 により再生された触媒の過剰な熱が除去される。熱除去後、再生された触媒は、パイプライン 2 1 を経由して、触媒ホッパー 9 へ搬送される。圧力を増加させた後、再生された触媒は、パイプライン 2 2 を経由して、再生された触媒の供給槽 1 2 へ搬送され、熱除去器 1 3 からの使用済み触媒と混合される。混合された触媒は、パイプライン 2 3 を経由して、ライザー反応器 1 のプレリフティング領域へ搬送される。

【 0 0 9 6 】

（第 2 の特定の実施形態）

図 2 は、本発明の第 2 の特定の実施形態に係る酸素含有化合物供給原料から軽オレフィンを製造する方法のフローチャートである。

【 0 0 9 7 】

図 2 に示されるように、パイプライン 2 2 3 からの触媒およびパイプライン 2 1 3 からの使用済み触媒は、触媒混合器 2 1 1 にて混合される。混合された触媒は、プレリフティングライン 2 1 9 からのプレリフティングガスと共に持ち上げられ、ライザー型反応器のライザー反応器 2 0 1 へ搬送される。酸素含有化合物供給原料は、供給ライン 2 2 4 を経由して、ライザー反応器 2 0 1 へ搬送され、オレフィンを生産する脱水反応を行うために、混合器 2 1 1 からの触媒と接触する。反応後、結果的に生じた炭化水素産物は、内部ライザーおよび分配器 2 0 2 にて、さらに反応し、そして、密集床反応器 2 0 3 へ搬送される。反応温度を制御するために、急冷媒体ライン 2 2 0 からの急冷媒体は、ライザー反応器 2 0 1 へ搬送される。変化していない供給原料は、さらに触媒と接触し、密集床反応器 2 0 3 にて反応する。内部熱除去器 2 1 5 により過剰な熱が回収される。結果的に生じた軽オレフィンリッチ炭化水素および使用済み触媒は、沈降ゾーン 2 0 5 へ搬送される。沈降後、使用済み触媒は密集床反応器 2 0 3 へ戻る。軽オレフィンリッチ炭化水素および捕捉された使用済み触媒粉末はフィルター 2 0 6 で濾過される。軽オレフィンリッチ炭化水素は、パイプライン 2 2 5 を経由して、生産物分離回収システム（不示）へ搬送される。濾過後、使用済み触媒粉末は、降下し(settles)、密集床反応器 2 0 3 へ戻る。使用済み触媒は、ストIPPING領域 2 0 4 にて剥がされる。剥がされた後、使用済み触媒の一部は、パイプライン 2 1 3 を経由して、触媒混合器 2 1 1 へ返送され、使用済み触媒の他の部分は、パイプライン 2 1 6 を経由して、使用済み触媒の受け器 2 0 8 へ搬送される。

【 0 0 9 8 】

使用済み触媒の受け器 2 0 8 からの使用済み触媒は、パイプライン 2 1 7 を経由して、触媒ホッパー 2 0 9 へ搬送され、圧力解放後、パイプライン 2 2 1 を経由して、再生器 2 0 7 へ搬送される。使用済み触媒は、パイプライン 2 2 7 から主空気と向流接触し、コークスの燃焼により再生される。燃焼排ガスは、パイプライン 2 2 6 を経由して、次のエネルギー回収および精製システム（不示）へ搬送される。再生された触媒は、パイプライン 2 1 5 を経由して、再生された触媒の受け器 2 1 0 へ搬送される。内部熱除去器 2 1 4 により再生された触媒の過剰な熱が除去される。熱除去後、再生された触媒は、パイプライン 2 1 8 を経由して、触媒ホッパー 2 0 9 へ搬送される。圧力を増加させた後、再生された触媒は、パイプライン 2 2 2 を経由して、再生された触媒の供給槽 2 1 2 へ搬送され、パイプライン 2 2 3 を経由して、触媒混合器 2 1 1 へ搬送される。

【 0 0 9 9 】

（第 3 の特定の実施形態）

図 3 は、本発明の第 3 の特定の実施形態に係る酸素含有化合物供給原料から軽オレフィンを製造する方法のフローチャートである。

【 0 1 0 0 】

図 3 に示されるように、酸素含有化合物供給原料は、供給ライン 3 2 4 を経由して、ライザー型反応器のライザー反応器 3 0 1 へ搬送され、オレフィンを生産する脱水反応を行うために、パイプライン 3 2 3 からの触媒と接触する。反応後、結果的に生じた炭化水素産物は、直径が拡大したライザー 3 0 2 にて、さらに反応し、そして、密集床反応器 3 0 3 にてさらに反応する。結果的に生じた軽オレフィンリッチ炭化水素および使用済み触媒は、沈降ゾーン 3 0 5 へ搬送される。沈降後、使用済み触媒は密集床反応器へ戻る。軽オレフィンリッチ炭化水素および捕捉された使用済み触媒粉末は、フィルター 3 0 6 で濾過される。軽オレフィンリッチ炭化水素は、パイプライン 3 2 5 を経由して、生産物分離回収システム（不示）へ搬送される。濾過後、使用済み触媒粉末は、降下し(settles)、密集床反応器 2 0 3 のストリップング領域 3 0 4 へ戻る。剥がされた後、使用済み触媒の一部は、パイプライン 3 1 6 を経由して、使用済み触媒の受け器 3 0 8 へ返送され、使用済み触媒の他の部分は、外部熱除去器 3 1 3 へ搬送され、熱除去後、再生された触媒の供給槽 3 1 2 へ搬送される。

【 0 1 0 1 】

使用済み触媒の受け器 3 0 8 からの使用済み触媒は、パイプライン 3 1 7 を経由して、触媒ホッパー 3 0 9 へ搬送され、圧力解放後、パイプライン 3 1 8 を経由して、使用済み触媒の供給槽 3 1 0 へ搬送され、そして、パイプライン 3 1 9 を経由して再生器 3 0 7 へ搬送される。使用済み触媒は、パイプライン 3 2 7 から主空気と向流接触し、コークスの燃焼により再生される。内部熱除去器 3 1 5 により過剰な熱が除去される（除去された熱は、熱除去流の量および内部熱除去器 3 1 5 が密集床層内に埋め込まれる深さと共に制御され得る）。燃焼排ガスは、パイプライン 3 2 6 を経由して、次のエネルギー回収および精製システム（不示）へ搬送される。再生された触媒は、パイプライン 3 2 0 を経由して、再生された触媒の受け器 3 1 1 へ搬送される。内部熱除去器 3 1 4 により再生された触媒の過剰な熱が除去される。熱除去後、再生された触媒は、パイプライン 3 2 1 を経由して、触媒ホッパー 3 0 9 へ搬送される。圧力を増加させた後、再生された触媒は、パイプライン 3 2 2 を経由して、再生された触媒の供給槽 3 1 2 へ搬送され、外部熱除去器 3 1 3 からの使用済み触媒と混合される。混合された触媒は、パイプライン 3 2 3 および 3 3 2 を経由して、ライザー反応器 3 0 1 およびさらなるライザー型反応器 3 3 0 へ搬送される。

【 0 1 0 2 】

パイプライン 3 3 2 からの触媒は、さらなるライザー型反応器 3 3 0 のプレリフティング領域へ搬送され、プレリフティングライン 3 2 8 からのプレリフティング媒体と共に持ち上がることにより、さらなるライザー型反応器 3 3 0 へさらに搬送される。生産物分離回収システムの分離から得られた C_4^+ 炭化水素は、供給原料供給ライン 3 2 9 を経由して、さらなるライザー型反応器 3 3 0 へ搬送され、さらなる反応を行うために、触媒と接触する。結果的に生じた軽オレフィンリッチ炭化水素は、パイプライン 3 3 1 を経由して、密集床 - 流動床 3 0 3 へ搬送される。

【 0 1 0 3 】

（第 4 の特定の実施形態）

図 4 は、本発明の第 4 の特定の実施形態に係る酸素含有化合物供給原料から軽オレフィンを製造する方法のフローチャートである。

【 0 1 0 4 】

図 4 に示されるように、パイプライン 4 2 3 からの触媒および外部熱除去器 4 1 3 からの使用済み触媒は、触媒混合器 4 1 1 にて混合される。混合された触媒は、プレリフティングライン 4 1 9 からのプレリフティングガスと共に持ち上げられ、ライザー型反応器のライザー反応器 4 0 1 へ搬送される。酸素含有化合物供給原料は、供給ライン 4 2 4 を経由して、ライザー反応器 4 0 1 へ搬送され、オレフィンを生産する脱水反応を行うために

、触媒混合器 4 1 1 からの触媒と接触する。反応後、結果的に生じた炭化水素産物および触媒は、内部ライザーおよび分配プレート 4 0 2 を経由して、密集床反応器 4 0 3 へ搬送される。反応温度を制御するために、急冷媒体ライン 4 2 0 からの急冷媒体は、ライザー反応器 4 0 1 へ搬送される。変化していない供給原料は、さらに触媒と接触し、密集床反応器 4 0 3 にて反応する。内部熱除去器 4 1 5 により過剰な熱が回収される。結果的に生じた軽オレフィンリッチ炭化水素および使用済み触媒は、沈降ゾーン 2 0 5 へ搬送される。沈降後、使用済み触媒はストリッピング領域 4 0 4 へ搬送される。軽オレフィンリッチ炭化水素および捕捉された使用済み触媒粉末はフィルター 4 0 6 で濾過される。濾過後、軽オレフィンリッチ炭化水素は、パイプライン 4 2 5 を経由して、生産物分離回収システム（不示）へ搬送され、使用済み触媒粉末は、降下し(settles)、密集床反応器 4 0 3 へ戻る。使用済み触媒は、ストリッピング領域 4 0 4 にて剥がされる。剥がされた後、使用済み触媒の一部は、内部熱除去器 4 1 3 を経由して、触媒混合器 4 1 1 へ返送され、使用済み触媒の他の部分は、パイプライン 4 3 0 を経由して、さらなるライザー型反応器の第 1 反応ゾーン 4 3 1 へ搬送される。生産物分離回収システムの分離から得られた C_4^+ 炭化水素は、パイプライン 4 2 9 を経由して、さらなるライザー型反応器の第 1 反応ゾーン 4 3 1 へ搬送され、さらなる反応を行うために、パイプライン 4 3 0 からの触媒と接触する。結果的に生じた軽オレフィンリッチ炭化水素および結果的に生じた触媒は、反応を継続するために、引き上げ部で急速分離器 4 3 3 を経由して、第 2 反応ゾーン 4 3 2、そして沈降ゾーン 4 3 5 へ搬送される。軽オレフィンリッチ炭化水素および捕捉された使用済み触媒粉末は、フィルター 4 3 6 で濾過される。濾過後、軽オレフィンリッチ炭化水素は、パイプライン 4 3 7 を経由して、生産物分離回収システム（不示）へ搬送される。使用済み触媒粉末は、ストリッピング領域 4 3 4 で剥がされ、パイプライン 4 3 8 および 4 1 6 を経由して、触媒循環システムへ搬送される。

【0105】

使用済み触媒の受け器 4 0 8 からの使用済み触媒は、パイプライン 4 1 7 を経由して、触媒ホッパー 4 0 9 へ搬送され、圧力解放後、パイプライン 4 2 1 を経由して、再生器 4 0 7 へ搬送される。使用済み触媒は、パイプライン 2 2 7 から主空気と向流接触し、コークスの燃焼により再生される。燃焼排ガスは、パイプライン 4 2 6 を経由して、次のエネルギー回収および精製システム（不示）へ搬送される。再生された触媒は、パイプライン 4 1 5 を経由して、再生された触媒の受け器 4 1 0 へ搬送される。内部熱除去器 4 1 4 により再生された触媒の過剰な熱が除去される。熱除去後、再生された触媒は、パイプライン 4 1 8 を経由して、触媒ホッパー 4 0 9 へ搬送される。圧力を増加させた後、再生された触媒は、パイプライン 4 2 2 を経由して、再生された触媒の供給槽 4 1 2 へ搬送され、パイプライン 4 2 3 を経由して、触媒混合器 4 1 1 へ搬送される。

【0106】

（第 5 の特定の実施形態）

図 5 は、本発明の第 5 の特定の実施形態に係る酸素含有化合物供給原料から軽オレフィンを製造する方法のフローチャートである。

【0107】

図 5 に示されるように、酸素含有化合物供給原料は、供給ライン 5 2 4 を経由して、ライザー型反応器のライザー反応器 5 0 1 へ搬送され、オレフィンを生産する脱水反応を行うために、パイプライン 5 2 3 からの触媒と接触する。反応後、結果的に生じた炭化水素産物および触媒は、内部ライザーおよび急速分離器 5 0 2 を経由して、密集床反応器 5 0 3 へ搬送される。反応温度を制御するために、急冷媒体ライン 5 2 8 からの急冷媒体は、ライザー反応器 5 0 1 へ搬送される。変化していない供給原料は、さらに触媒と接触し、密集床反応器 5 0 3 にて反応する。結果的に生じた軽オレフィンリッチ炭化水素および使用済み触媒は、沈降ゾーン 5 0 5 へ搬送される。軽オレフィンリッチ炭化水素および捕捉された使用済み触媒粉末はフィルター 4 0 6 で濾過される。濾過後、軽オレフィンリッチ炭化水素は、パイプライン 5 2 5 を経由して、生産物分離回収システム（不示）へ搬送され、使用済み触媒粉末は、降下し(settles)、密集床反応器 5 0 3 へ戻る。使用済み触媒

は、ストリッピング領域 404 にて剥がされる。剥がされた後、使用済み触媒の一部は、パイプライン 516 を経由して、使用済み触媒の受け器 508 へ搬送され、使用済み触媒の他の部分は、パイプライン 535 を経由して、さらなるライザー型反応器の第 1 反応ゾーン 530 へ搬送され、使用済み触媒の残りの部分は、外部熱除去器 513、および熱除去後に内部ライザーおよび急速分離器 502 へ搬送される。生産物分離回収システムの分離から得られた C_4^+ 炭化水素は、パイプライン 533 を経由して、さらなるライザー型反応器の第 1 反応ゾーン 530 および引き上げ部 531 へ搬送され、さらなる反応を行うために、パイプライン 535 から提供される触媒と接触し、プレリフティングライン 532 を経由してプレリフティングガスと共に持ち上げられる。結果的に生じた軽オレフィンリッチ炭化水素および結果的に生じた触媒は、パイプライン 534 を経由して、密集床 503 へ搬送される。

【0108】

使用済み触媒の受け器 508 からの使用済み触媒の一部は、外部熱除去器 529、そして、熱除去後、再生された触媒の供給槽 512 へ搬送される。使用済み触媒の受け器 508 からの使用済み触媒の他の部分は、パイプライン 517 を経由して触媒ホッパー 509 へ、そして、圧力開放後、パイプライン 518 を経由して使用済み触媒の供給槽 510 へ、そして、パイプライン 519 を経由して再生器 507 へ搬送される。使用済み触媒は、パイプライン 527 から主空気と向流接触し、コークスの燃焼により再生される。内部熱除去器 515 により過剰な熱が除去される。燃焼排ガスは、パイプライン 526 を経由して、次のエネルギー回収および精製システム（不示）へ搬送される。再生された触媒は、パイプライン 520 を経由して、再生された触媒の受け器 511 へ搬送される。内部熱除去器 514 により再生された触媒の過剰な熱が除去される。熱除去後、再生された触媒は、パイプライン 521 を経由して、触媒ホッパー 509 へ搬送される。圧力を増加させた後、再生された触媒は、パイプライン 522 を経由して、再生された触媒の供給槽 512 へ搬送される。使用済み触媒の受け器 508 からの使用済み触媒は、熱除去器 529 による熱除去後、再生された触媒の供給槽 512 へ搬送され、再生された触媒と混合する。混合された触媒は、パイプライン 523 を経由して、ライザー反応器 501 へ搬送される。

【0109】

（第 6 の特定の実施形態）

図 6 に示されるように、パイプライン 637 からの触媒および外部熱除去器 613 からの使用済み触媒は、触媒混合器 611 にて混合される。混合された触媒は、プレリフティングライン 619 からのプレリフティングガスと共に持ち上げられ、ライザー型反応器の第 1 反応ゾーン 601 へ搬送される。供給原料は、供給ライン 624 を経由して、第 1 反応ゾーン 601 へ搬送され、オレフィンを生産する脱水反応を行うために、触媒混合器 611 からの触媒と接触する。反応後、産物および触媒は、第 2 反応ゾーン 602 へ搬送される。変化していない供給原料は、さらに触媒と接触し、第 2 反応ゾーン 602 にて反応する。結果的に生じた軽オレフィンリッチ炭化水素および使用済み触媒は、引き上げ部および急速分離器 603 を経由して、沈降ゾーン 605 へ搬送される。軽オレフィンリッチ炭化水素および捕捉された使用済み触媒粉末はフィルター 606 で濾過される。濾過後、軽オレフィンリッチ炭化水素は、パイプライン 625 を経由して、生産物分離回収システム（不示）へ搬送され、使用済み触媒粉末は、降下し(settles)、ストリッピング領域 604 へ戻る。使用済み触媒は、ストリッピング領域にて剥がされ、使用済み触媒の一部は、パイプライン 616 を経由して、使用済み触媒の受け器 608 へ搬送され、使用済み触媒の他の部分は、パイプライン 624 を経由して、外部熱除去器 613、そして、熱除去後、触媒混合器 611 へ搬送され、使用済み触媒の残りの部分は、熱除去後、外部熱除去器 612 を経由して、再生された触媒の供給槽 636 へ搬送される。

【0110】

使用済み触媒の受け器 608 からの使用済み触媒は、パイプライン 617 を経由して触媒ホッパー 609 へ搬送され、圧力解放後、パイプライン 621 を経由して再生器 607 へ搬送される。使用済み触媒は、パイプライン 622 から主空気と向流接触し、コークス

の燃焼により再生される。燃焼排ガスは、パイプライン 620 を経由して、次のエネルギー回収および精製システム（不示）へ搬送される。内部熱除去器 615 により過剰な熱が除去される。再生された触媒は、再生された触媒の受け器 610 へ搬送される。内部熱除去器 614 により再生された触媒の過剰な熱が除去される。熱除去後、再生された触媒は、パイプライン 618 を経由して、触媒ホッパー 609 へ搬送される。圧力を増加させた後、再生された触媒は、パイプライン 623 を経由して、再生された触媒の供給槽 636 へ搬送され、外部熱除去器 612 からの使用済み触媒と混合する。混合された触媒は、パイプライン 637 を経由して、触媒混合器 611 へ搬送される。

【0111】

パイプライン 633 からの再生された触媒は、プレリフティングガス 626 と共に事前に持ち上げられ、さらなるライザー型反応器 627 にてさらなる反応を行うために、供給ライン 635 からの C_4^+ オレフィンと接触する。炭化水素産物および触媒は、軽オレフィンリッチ炭化水素および使用済み触媒を作製するために、急速分離器 628 により分離される。分離された炭化水素産物は、沈降ゾーン 629 で沈降され、フィルター 631 で濾過される。濾過後、炭化水素産物は、パイプライン 632 を経由して、次の分離システム（不示）へ搬送される。使用済み触媒は、ストリップング領域 630 にて剥がされる。剥がされた後、使用済み触媒は、再生のために、パイプライン 634 を経由して、再生器 607 へ搬送される。

【0112】

（第 7 の特定の実施形態）

図 7 は、本発明の第 7 の特定の実施形態に係る酸素含有化合物供給原料から軽オレフィンを製造する方法のフローチャートである。

【0113】

図 7 に示されるように、供給ライン 702 からの酸素含有化合物供給原料および希釈剤は、流動床反応器 701 へ搬送され、オレフィンを生産する脱水反応を行うために、パイプライン 723 からの触媒と接触する。内部熱除去器 713 により、流動床反応器 701 から過剰な熱が除去される。結果的に生じた軽オレフィンリッチ炭化水素および結果的に生じた使用済み触媒の一部は、沈降ゾーン 5 へ搬送される。沈降後、使用済み触媒は流動床反応器 701 へ返送される。軽オレフィンリッチ炭化水素および捕捉された使用済み触媒粉末はフィルター 706 で濾過される。濾過後、軽オレフィンリッチ炭化水素は、パイプライン 703 を経由して、生産物分離回収システム（不示）へ搬送され、使用済み触媒粉末は、降下し(settles)、密集床反応器へ戻る。結果的に生じた触媒の他の部分は、パイプライン 716 を経由して、使用済み触媒の受け器 708 へ搬送され、剥がされる。

【0114】

使用済み触媒の受け器 708 からの使用済み触媒は、パイプライン 717 を経由して触媒ホッパー 709 へ搬送され、パイプライン 718 を経由して使用済み触媒の供給槽 710 へ、そして、パイプライン 719 を経由して再生器 707 へ搬送される。使用済み触媒は、パイプライン 724 から主空気と向流接触し、コークスの燃焼により再生される。内部熱除去器 715 により過剰な熱が除去される。燃焼排ガスは、パイプライン 704 を経由して、次のエネルギー回収および精製システム（不示）へ搬送される。再生された触媒は、パイプライン 720 を経由して、再生された触媒の受け器 711 へ搬送される。内部熱除去器 714 により再生された触媒の過剰な熱が除去される。熱除去後、再生された触媒は、パイプライン 721 を経由して、触媒ホッパー 709 へ搬送される。圧力を増加させた後、再生された触媒は、パイプライン 722 を経由して、再生された触媒の供給槽 712 へ搬送され、そして、剥がされた後、パイプライン 723 を経由して、流動床反応器 701 へ搬送される。

【0115】

（実施例）

以下に、実施例を用いて本発明を詳細に説明するが、本発明はこれら実施例に限定されない。

【0116】

<実施例1～6>

実施例1～6は、反応圧力および単位時間当たりの重量空間速度が異なる以外、図1に示すような方法（実施例および比較例にて図1に示すような方法に従って行った場合、同じ反応器を使用する）に従って、実質的に同じ反応条件で行った。反応供給原料、触媒、反応条件、および生産物収率を、表1に列挙した。

【0117】

実施例1～6から分かるように、本発明の技術的解決、すなわち、反応圧力を増加させ、それと同時に、かつ対応してWHSVを増加させ、実質的に同等の他の反応条件を維持することは、84.9%に達する軽オレフィンの収率により達成することができた。

【0118】

<実施例7～8>

実施例7～8は、図1に示すような方法に従って行った。実施例4と比較して、実施例7～8では、反応圧力を増加したとき、これにWHSVを増加させず、他の操作条件は、実質的に同じであるままだった。反応供給原料、触媒、反応条件、および生産物収率を、表2に列挙した。

【0119】

実施例4、実施例7、および実施例8から分かるように、実施例4と比較して、実質的に同じ他の反応条件下で、反応圧力を増加させ、これに対応してWHSVを増加させない場合にのみ、軽オレフィンの生産量および収率が減少した。軽オレフィンの収率は、実施例4の84.3%から実施例8の82.9%に減少した。軽オレフィンの生産量は、実施例4の3.73 kg/hから実施例8の2.64 kg/hに減少した。

【0120】

<実施例9>

実施例9は、図1に示すような方法に従って行った。実施例3と比較して、操作条件は実質的に同じままであり、反応器の入口での触媒の炭素含量のみ変化させた（反応器の入口での触媒の炭素含量は、供給原料に接触していない、反応器の入口での触媒の炭素含量のことである）。反応供給原料、触媒、反応条件、および生産物収率を、表2に列挙した。

【0121】

実施例3および実施例9から分かるように、実施例3と比較して、反応圧力および単位時間当たりの重量空間速度が実質的に同じであるままである場合、反応器の入口での触媒の炭素含量を7.3%から4.5%へ減少させると、軽オレフィンの生産量は、3.84 kg/hから3.58 kg/hに減少し、軽オレフィンの収率は、84.9%から84.3%に減少し、プロピレンに対するエチレンの質量比が増加した。

【0122】

<実施例10>

実施例10は、図3に示すような方法に従って行った。反応供給原料、触媒、反応条件、および生産物収率を、表2に列挙した。

【0123】

実施例10から分かるように、軽オレフィンの収率は93.3%であり、軽オレフィンの生産量は、4.03 kg/hであった。

【0124】

<実施例11>

実施例11は、図7に示すような方法に従って行った。反応供給原料（供給原料＝エタノール）、触媒、反応条件、および生産物収率を、表2に列挙した。実施例11から分かるように、軽オレフィンの収率は82.8%であり、軽オレフィンの生産量は、3.26 kg/hであった。

【0125】

<実施例12>

実施例 12 は、図 2 に示すような方法に従って行った。反応供給原料、触媒、反応条件、および生産物収率を、表 4 に列挙した。

【0126】

実施例 12 は、軽オレフィンの製造量とガソリンの製造量との両方が増加するということが技術的に解決された。実施例 12 から分かるように、プロピレンの収率が 65.9% であり、ガソリンの収率が 25.3% であり、プロピレンの生産量が 1.98 kg/h であり、ガソリンの生産量が 0.76 kg/h であった。

【0127】

< 比較例 1 ~ 6 >

比較例 1 ~ 6 は、実施例 1 ~ 10 と同じ反応器、供給原料、および触媒で行い、図 1 に示すような方法に従って行った。実施例 1 ~ 10 と比較して、比較例 1 では、メタノールから軽オレフィンを製造する従来の条件で行い、反応器の入口での触媒の炭素含量が本発明よりも著しく低く、反応圧力および単位時間当たりの重量空間速度が本発明よりも著しく低い。比較例 2 ~ 6 については、反応圧力および単位時間当たりの重量空間速度のみを変化させ、他の操作条件は実施例 1 ~ 10 と実質的に同じままである。比較例 1 ~ 6 における、反応供給原料、触媒、反応条件、および生産物収率を、表 3 に列挙した。

【0128】

比較例 1 は、メタノールから軽オレフィンを製造する従来の条件で行った。比較例 2 は、反応器の入口での触媒の炭素含量のみ比較例 1 と異なっていた。比較例 1 と比較して、反応器の入口での触媒の炭素含量は、比較例 1 の 1.5% から比較例 2 の 7.2% に増加し、軽オレフィンの生産量は、比較例 1 の 0.47 kg/h から比較例 2 の 0.43 kg/h に減少し、転換率は、比較例 1 の 100% から比較例 2 の 80.2% に減少した。

【0129】

反応圧力および単位時間当たりの重量空間速度を除き、比較例 2 は、反応器の入口での触媒の炭素含量が実施例 1 ~ 8 と実質的に同じであった。比較例 2 と比較して、実施例 1 ~ 8 は、軽オレフィンの収率が実質的に同じであるか、あるいは僅かに高く、軽オレフィンの生産量は、著しく高かった。例えば、軽オレフィンの収率は、比較例 2 の 79.2% から実施例 3 の 84.9% に増加し、軽オレフィンの生産量は、比較例 2 の 0.43 kg/h から実施例 3 の 3.84 kg/h に増加し、増大幅は、793.02% に達した。

【0130】

比較例 3 および実施例 3 について、単位時間当たりの重量空間速度を除き、他の反応条件は、同じであるままだった。比較例 3 は、単位時間当たりの重量空間速度が実施例 3 よりも著しく高かった。比較例 3 と比較して、本発明を用いた後、軽オレフィンの生産量は、比較例 3 の 0.46 kg/h から実施例 3 の 3.84 kg/h に増加し、増大幅は、734.78% に達した。軽オレフィンの収率は、比較例 3 の 82.9% から実施例 3 の 84.9% に増加した。

【0131】

比較例 4 および実施例 2 について、反応圧力を除き、他の反応条件は、同じであるままだった。比較例 4 は、反応圧力が実施例 2 よりも著しく低かった。比較例 4 と比較して、本発明を用いた後、軽オレフィンの生産量は、比較例 4 の 0.44 kg/h から実施例 2 の 2.54 kg/h に増加し、増大幅は、477.27% に達した。軽オレフィンの収率は、比較例 4 の 79.4% から実施例 2 の 84.4% に増加した。

【0132】

比較例 5 および実施例 2 について、単位時間当たりの重量空間速度を除き、他の反応条件は、同じであるままだった。比較例 5 は、単位時間当たりの重量空間速度が実施例 2 よりも著しく低かった。比較例 5 と比較して、本発明を用いた後、軽オレフィンの生産量は、比較例 5 の 0.43 kg/h から実施例 2 の 2.54 kg/h に増加し、増大幅は、490.70% に達した。軽オレフィンの収率は、比較例 5 の 75.3% から実施例 2 の 84.4% に増加した。

【0133】

比較例 6 および実施例 1 について、反応圧力を除き、他の反応条件は、同じであるままだった。比較例 6 は、単位時間当たりの重量空間速度が実施例 1 よりも著しく高かった。比較例 6 と比較して、本発明を用いた後、軽オレフィンの生産量は、比較例 6 の 0.33 kg/h から実施例 1 の 1.11 kg/h に増加し、増大幅は、 236.36% に達した。軽オレフィンの収率は、比較例 6 の 33.4% から実施例 1 の 83.7% に増加した。

【0134】

【表 1】

表 1

	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4	実施例 5	実施例 6
反応供給原料（酸素含有化合物の質量画分 $> 98 \text{ wt}\%$ ）	メタノール	メタノール	メタノール	メタノール	メタノール	メタノール
触媒（Sinopec Catalyst Co., Ltd. Qilu Division）	SAP0-34 ゼオライト触媒	SAP0-34 ゼオライト触媒	SAP0-34 ゼオライト触媒	SAP0-34 ゼオライト触媒	SAP0-34 ゼオライト触媒	SAP0-34 ゼオライト触媒
反応条件						
反応温度, $^{\circ}\text{C}$	450	450	450	450	450	450
反応圧力, MPa	0.7	0.8	1.2	2.5	5.0	7
WHSV, h^{-1}	10	22	30	41	93	163
反応器の入口での触媒の炭素含量, $\text{wt}\%$	7.2	7.2	7.3	7.3	7.2	7.3
再生条件						
再生温度, $^{\circ}\text{C}$	580	580	570	570	580	580
再生圧力, MPa	0.4	0.4	0.4	0.4	0.6	0.4
供給原料量（純粋なものとして）, kg/h	3.02	6.90	10.35	17.97	43.14	65.43
Mol （供給原料）/ mol （希釈剤）	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1
供給原料の転換率, $\text{wt}\%$	100	100	100	56.3	23.2	14.7
軽オレフィンの生産量 , kg/h						
エチレン	0.56	1.27	1.89	1.75	1.57	1.48

【0135】

表 1 の続き

プロピレン	0. 5 5	1. 2 7	1. 9 5	1. 9 8	2. 0 9	1. 9 5
ブチレン	0. 1 1	0. 2 5	0. 3 9	0. 3 8	0. 3 8	0. 3 9
エチレン+プロピレン	1. 1 1	2. 5 4	3. 8 4	3. 7 3	3. 6 6	3. 4 3
軽オレフィンの収率* , w t %						
エチレン	4 2. 3	4 2. 1	4 1. 8	3 9. 6	3 5. 8	3 5. 2
プロピレン	4 1. 4	4 2. 3	4 3. 1	4 4. 7	4 7. 8	4 6. 3
ブチレン	8. 1	8. 4	8. 6	8. 7	8. 6	9. 3
エチレン+プロピレン	8 3. 7	8 4. 4	8 4. 9	8 4. 3	8 3. 6	8 1. 5

収率＝（生産物の生産量／酸素含有化合物を除く炭化水素産物の総生産量）× 1 0 0

【 0 1 3 6 】

【表 2】

表 2

	実施例 7	実施例 8	実施例 9	実施例 10	実施例 11
反応供給原料（酸素含有化合物の質量画分＞98 wt %）	メタノール	メタノール	メタノール	メタノール	メタノール
触媒（Sinopec Catalyst Co., Ltd. Qilu Division）	SAP0-34 ゼオライト触媒	SAP0-34 ゼオライト触媒	SAP0-34 ゼオライト触媒	SAP0-34 ゼオライト触媒	SAP0-34 ゼオライト触媒
反応条件					
反応温度, °C	450	450	430	450	470
反応圧力, MPa	2.8	3.2	1.5	2.3	1
WHSV, h ⁻¹	36	26	26	40	25
反応器の入口での触媒の炭素含量, wt %	7.3	7.2	4.5	10.2	8.2
再生条件					
再生温度, °C	590	590	550	650	600
再生圧力, MPa	0.4	0.4	0.3	0.6	0.3
供給原料量（純粋なものとして）, kg/h	16.10	11.50	9.71	16.54	8.63
MoI（供給原料）/moI（希釈剤）	5.1	5.1	5.1	5.1	3.5
供給原料の転換率, wt %	58.7	63.4	100	59.9	100
軽オレフィンの生産量, kg/h					
エチレン	1.60	1.20	2.10	2.26	1.36
プロピレン	1.86	1.44	1.48	1.77	1.90
ブチレン	0.37	0.29	0.36	0.00	0.35

【0137】

表 2 の続き

エチレン+プロピレン	3.46	2.64	3.58	4.03	3.26
軽オレフィンの収率*, wt %					
エチレン	38.7	37.7	49.5	52.3	34.6
プロピレン	45.0	45.2	34.8	41.0	48.2
ブチレン	8.9	9.2	8.6	0	9
エチレン+プロピレン	83.7	82.9	84.3	93.3	82.8

*収率＝（生産物の生産量／酸素含有化合物を除く炭化水素産物の総生産量）×100

【 0 1 3 8 】

【 表 3 】

表 3

	比較例 1	比較例 2	比較例 3	比較例 4	比較例 5	比較例 6
反応供給原料（酸素含有化合物の質量百分＞98wt%）	メタノール	メタノール	メタノール	メタノール	メタノール	メタノール
触媒（Sinopec Catalyst Co., Ltd. Qilu Division）	SAP0-34 ゼオライト触媒	SAP0-34 ゼオライト触媒	SAP0-34 ゼオライト触媒	SAP0-34 ゼオライト触媒	SAP0-34 ゼオライト触媒	SAP0-34 ゼオライト触媒
反応条件						
反応温度, °C	450	450	450	450	450	450
反応圧力, MPa	0.12	0.12	1.5	0.12	0.9	12
WHSV, h ⁻¹	5	5	352	22	1	8
反応器の入口での触媒の炭素含量, wt%	1.2	7.2	7.2	7.2	7.3	7.2
再生条件						
再生温度, °C	580	580	570	570	580	570
再生圧力, MPa	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
供給原料量（純粋なものとして）, kg/h	1.38	1.55	34.5 1	4.31	1.29	12.9 4
mol（供給原料） ／mol（希釈剤）	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1
供給原料の転換率, wt%	100	80.2	3.7	29.5	100	17.3
軽オレフィンの生産 量, kg/h						
エチレン	0.24	0.20	0.20	0.20	0.19	0.12
プロピレン	0.23	0.23	0.26	0.24	0.24	0.21

【 0 1 3 9 】

表3の続き

ブチレン	0. 0 5	0. 0 5	0. 0 5	0. 0 5	0. 0 5	0. 1 6
エチレン+プロピレン	0. 4 7	0. 4 3	0. 4 6	0. 4 4	0. 4 3	0. 3 3
軽オレフィンの収率* , w t %						
エチレン	4 0. 5	3 6. 6	3 6. 7	3 6. 6	3 3. 7	1 2. 3
プロピレン	3 8. 1	4 2. 6	4 6. 2	4 2. 8	4 1. 6	2 1. 1
ブチレン	8. 6	8. 6	8. 2	8. 4	9. 2	1 6. 0
エチレン+プロピレン	7 8. 6	7 9. 2	8 2. 9	7 9. 4	7 5. 3	3 3. 4

*収率＝（生産物の生産量／酸素含有化合物を除く炭化水素産物の総生産量）×１００

【 0 1 4 0 】

【表 4】

表 4

	実施例 1 2
反応供給原料（酸素含有化合物の質量画分＞98wt%）	ジメチルエーテル
触媒(Sinopec Catalyst Co., Ltd. Qilu Division)	ZSM-5 ゼオライト触媒
反応条件	
反応温度, °C	500
反応圧力, MPa	1.5
WHSV, h ⁻¹	19
反応器の入口での触媒の炭素含量, wt%	10.2
再生条件	
再生温度, °C	650
再生圧力, MPa	0.2
供給原料量(純粋なものとして), kg/h	6.56
Mol (供給原料) / mol (希釈剤)	1.6
供給原料の転換率, wt%	100
主生産物の生産量, kg/h	
エチレン	0.12
プロピレン	1.98
ガソリン	0.76
エチレン+プロピレン	2.10
主生産物の収率*, wt%	
エチレン	4.1
プロピレン	65.9
ガソリン	25.3

収率＝（生産物の生産量／酸素含有化合物を除く炭化水素産物の総生産量）×100

【0141】

< 実施例 I >

実施例 I は、図 1 に示すような方法に従って行い、反応供給原料、触媒、反応条件、および生産物収率を、表 I に列挙した。

【0142】

< 実施例 II >

実施例 II は、図 3 に示すような方法に従って行い、反応供給原料、触媒、反応条件、および生産物収率を、表 I に列挙した。

【0143】

< 実施例 III >

実施例 III は、図 2 に示すような方法に従って行い、反応供給原料、触媒、反応条件、および生産物収率を、表 II に列挙した。

【0144】

表 I から分かるように、本方法は、エチレンおよびプロピレンの収率が従来技術よりも

高くなった。表 I I から分かるように、本方法は、プロピレンおよびガソリンの収率が 65.9%および 25.3%であり、従来技術よりも高くなった。本発明の反応システムは、現存する産業工場よりも圧力が高いので、それゆえに、本発明の反応システムは、同じ他の反応条件下で、現存する産業工場よりも供給原料の処理量が高くなる。

【 0 1 4 5 】

【 表 5 】

表 I

	実施例 I	実施例 I I
反応供給原料（酸素含有化合物の質量画分>98 wt %）	産業用メタノール	産業用メタノール
触媒(Sinopec Catalyst Co., Ltd. Qilu Division)	SAP0-34 ゼオライト触媒	SAP0-34 ゼオライト触媒
ライザー型反応器の反応条件		
温度, °C	430	450
圧力, MP a	1.5	2.3
再生器の再生条件		
再生圧力, MP a	0.3	0.6
再生温度, °C	550	650
再生された触媒の量（前もってセット）, wt %	0.2	0.4
さらなるライザー型反応器の反応条件		
温度, °C	—	450
圧力, MP a	—	2.3
生産物の収率		
エチレン, %	49.5	52.3
プロピレン, %	34.8	41.0
ブチレン, %	8.6	0.0

【 0 1 4 6 】

【表 6】

表 I I

	実施例 I I I
反応供給原料（酸素含有化合物の質量画分＞98wt%）	産業用ジメチルエーテル
触媒(Sinopec Catalyst Co., Ltd. Qilu Division)	ZSM-5 ゼオライト触媒
ライザー型反応器の反応条件	
温度, °C	500
圧力, MPa	1.5
再生器の再生条件	
再生圧力, MPa	0.2
再生温度, °C	650
再生された触媒の量（前もってセット）, wt%	0.4
生産物の収率	
エチレン, %	4.1
プロピレン, %	65.9
ガソリン, %	25.3

【図面の簡単な説明】

【0147】

【図1】本発明の第1の特定の実施形態に係る酸素含有化合物供給原料から軽オレフィンを製造する方法のフローチャートである。

【図2】本発明の第2の特定の実施形態に係る酸素含有化合物供給原料から軽オレフィンを製造する方法のフローチャートである。

【図3】本発明の第3の特定の実施形態に係る酸素含有化合物供給原料から軽オレフィンを製造する方法のフローチャートである。

【図4】本発明の第4の特定の実施形態に係る酸素含有化合物供給原料から軽オレフィンを製造する方法のフローチャートである。

【図5】本発明の第5の特定の実施形態に係る酸素含有化合物供給原料から軽オレフィンを製造する方法のフローチャートである。

【図6】本発明の第6の特定の実施形態に係る酸素含有化合物供給原料から軽オレフィンを製造する方法のフローチャートである。

【図7】本発明の第7の特定の実施形態に係る酸素含有化合物供給原料から軽オレフィンを製造する方法のフローチャートである。