

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7649426号
(P7649426)

(45)発行日 令和7年3月19日(2025.3.19)

(24)登録日 令和7年3月11日(2025.3.11)

(51)国際特許分類		F I	
B 0 1 J	35/51 (2024.01)	B 0 1 J	35/51
B 0 1 J	23/888 (2006.01)	B 0 1 J	23/888 Z
B 0 1 J	23/887 (2006.01)	B 0 1 J	23/887 Z
C 0 7 C	45/35 (2006.01)	C 0 7 C	45/35
C 0 7 C	47/22 (2006.01)	C 0 7 C	47/22 A
請求項の数 6 (全25頁) 最終頁に続く			
(21)出願番号	特願2024-521354(P2024-521354)	(73)特許権者	000004086 日本化薬株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目1番1号
(86)(22)出願日	令和5年12月13日(2023.12.13)	(72)発明者	保田 将吾 日本国山口県山陽小野田市大字郡230 0 日本化薬株式会社内
(86)国際出願番号	PCT/JP2023/044644	(72)発明者	香川 主 日本国山口県山陽小野田市大字郡230 0 日本化薬株式会社内
(87)国際公開番号	WO2024/135496	(72)発明者	奥村 成喜 日本国東京都千代田区丸の内二丁目1番 1号 日本化薬株式会社内
(87)国際公開日	令和6年6月27日(2024.6.27)	審査官	駒木 亮一
審査請求日	令和6年4月9日(2024.4.9)	最終頁に続く	
(31)優先権主張番号	特願2022-202842(P2022-202842)		
(32)優先日	令和4年12月20日(2022.12.20)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		
早期審査対象出願			

(54)【発明の名称】 触媒及びそれを用いた化合物の製造方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項1】

動的画像解析法による粒子形状測定によって得られる球形度パラメータSPHT3の値が0.9000以上0.9820以下であり、触媒活性成分が下記式(1)で表される球状触媒。

ただし、前記球形度パラメータSPHT3は下記式(I)により得られる値である。

(Mo)₁₂(V)_a(W)_b(Cu)_c(Sb)_d(X)_e(Y)_f(Z)_g(O)_h (1)

(式中、Mo、V、W、Cu、Sb、およびOはそれぞれ、モリブデン、バナジウム、タングステン、銅、アンチモンおよび酸素を示し、Xはアルカリ金属、およびタリウムからなる群より選ばれた少なくとも一種の元素を、Yはマグネシウム、カルシウム、ストロンチウム、バリウムおよび亜鉛からなる群より選ばれた少なくとも一種の元素を、Zはビスマス、テルル、銀、セレン、ケイ素、アルミニウム、ホウ素、ニオブ、セリウム、すず、クロム、マンガン、鉄、コバルト、ニッケル、サマリウム、ゲルマニウム、ジルコニウム、チタン、タンタル、鉛、インジウム、硫黄、パラジウム、ガリウム、ランタン、および砒素からなる群より選ばれた少なくとも一種の元素をそれぞれ示す。またa、b、c、d、e、f、gおよびhは各元素の原子比を示し、モリブデン原子12に対して、aは1.0 ≤ a ≤ 5.0、bは0.50 ≤ b ≤ 3.0、cは0.50 ≤ c ≤ 3.0、dは0 < d ≤ 2.0、eは0 ≤ e ≤ 0.50、fは0 ≤ f ≤ 1.0、gは0 ≤ g < 6.0を表す。また、hは前記各成分の原子価を満足するのに必要な酸素原子数である。)

$$SPHT3 = 4\pi A \div P^2 \cdots (I)$$

上記式 (I) において、A は動的画像解析法で撮影された粒子の面積であり、P は前記粒子の外周長さである。

【請求項 2】

動的画像解析法による粒子形状測定によって得られる球形度パラメータ SPHT3 の値が 0.9000 以上 0.9820 以下 であり、触媒活性成分が下記式 (2) で表される球状触媒。

ただし、前記球形度パラメータ SPHT3 は下記式 (I) により得られる値である。

$$Mo_{12}Bi_{b1}Ni_{c1}Co_{d1}Fe_{e1}X_{f1}Y_{g1}Z_{h1}O_{i1} \cdots (2)$$

(式中、Mo、Bi、Ni、Co および Fe はそれぞれモリブデン、ビスマス、ニッケル、コバルトおよび鉄を表し、X はタングステン、アンチモン、錫、亜鉛、クロム、マンガン、マグネシウム、カルシウム、ケイ素、アルミニウム、セリウムおよびチタンから選ばれる少なくとも一種の元素、Y はナトリウム、カリウム、セシウム、ルビジウム、およびタリウムから選ばれる少なくとも一種の元素、Z は周期表の第 1 族から第 16 族に属し、上記 Mo、Bi、Ni、Co、Fe、X、および Y 以外の元素から選ばれる少なくとも一種の元素を意味するものであり、b1、c1、d1、e1、f1、g1、h1、および i1 はそれぞれモリブデン、ビスマス、ニッケル、コバルト、鉄、X、Y、Z および酸素の原子数を表し、 $0.50 \leq b1 \leq 1.7$ 、 $1.0 \leq c1 \leq 3.3$ 、 $5.0 \leq d1 \leq 6.8$ 、 $0 < c1 + d1 \leq 20.0$ 、 $1.0 \leq e1 \leq 3.0$ 、 $0 \leq f1 \leq 2.0$ 、 $0 \leq g1 \leq 3.0$ 、 $0 \leq h1 \leq 5.0$ を満たし、i1 は各元素の酸化状態によって決まる値である。)

$$SPHT3 = 4\pi A \div P^2 \cdots (I)$$

上記式 (I) において、A は動的画像解析法で撮影された粒子の面積であり、P は前記粒子の外周長さである。

【請求項 3】

不活性担体に触媒活性成分が担持された触媒である、請求項 1 又は 2 に記載の触媒。

【請求項 4】

前記不活性担体がシリカ、アルミナまたはその組み合わせである請求項 3 に記載の触媒。

【請求項 5】

不飽和アルデヒド、不飽和カルボン酸、又は共役ジエン化合物製造用である請求項 1 又は 2 に記載の触媒。

【請求項 6】

請求項 1 又は 2 に記載の触媒を用いた不飽和アルデヒド、不飽和カルボン酸、又は共役ジエン化合物の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本願発明は、高活性であり、高収率で目的物を得られる新規触媒に関するものであり、特に不飽和アルデヒド、不飽和カルボン酸、又は共役ジエンを酸化的に製造する際に、安定して高収率な製造を可能とする触媒に関する。

【背景技術】

【0002】

プロピレン、イソブチレン、ｾｰﾌﾞﾁﾙｱﾙｺｰﾙ等を原料にして対応する不飽和アルデヒド、不飽和カルボン酸を製造する方法や、ブテン類から 1, 3-ブタジエンを製造する気相接触酸化方法は工業的に広く実施されている。特に、プロピレン、イソブチレン、ｾｰﾌﾞﾁﾙｱﾙｺｰﾙ等を原料にして対応する不飽和アルデヒド、不飽和カルボン酸を製造する方法に関しては、その収率を向上する手段として多くの報告がなされている。

【0003】

特にアクリル酸について言えば、吸水性樹脂、接着剤等の原料としてその重要性がますます高まっている。そのため、近年ではアクロレインを原料とし気相接触酸化反応させてアクリル酸を製造するための触媒の性能向上が求められている。そこで、各社はアクリル

酸を高収率かつ長期安定的に製造することができる触媒に関して様々な改良を行っており、例えば、以下のような提案がされている。

【0004】

特許文献1～3では、触媒活性成分のX線回折ピークに着目した、触媒組成等の改良について開示されている。これらの触媒は、高活性、高収率を実現する触媒として提案がなされている。また特許文献4、5では機械的強度向上を目的とした改良指針が示されており、充填時の粉化防止を通して、触媒性能向上が図られている。特許文献6においては触媒の粒径の標準偏差を特定の範囲にすることにより、触媒反応の長期的な安定性の向上が図られている。特許文献7には転動造粒機を用いて成型する際の相対遠心加速度を制御することによって高い触媒性能と機械的強度を兼ね備えた触媒を作製することが提案されている。

10

【0005】

しかし、特に不飽和カルボン酸製造においては、触媒活性の向上が重要な課題である。これは単に収率の向上に寄与するのみでない。例えば触媒を使用するプラントにおいて反応初期の反応浴温度が下がれば、加温するためのエネルギーコストが下がるだけでなく、触媒にとっても熱的な悪影響が軽減されることから長期的な視点で見て劣化が少なく、長期にわたって安定した運転と高い収率を実現することができる。

上記特許文献1～6も含め、十分な触媒活性を実現する技術は、今のところ存在しない。

【先行技術文献】

【特許文献】

20

【0006】

【文献】日本国特開平8-299797号公報

【文献】日本国特開2003-251184号公報

【文献】日本国特開2015-120133号公報

【文献】日本国特開2001-79408号公報

【文献】国際公開第2012/073584号

【文献】日本国特開2009-214105号公報

【文献】日本国特開2015-96497号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

30

【0007】

上記の状況に鑑み、本願発明はプロピレン、イソブチレン、セーブチルアルコール等を原料にして対応する不飽和アルデヒド、不飽和カルボン酸を製造する方法や、ブテン類から1,3-ブタジエンを製造する気相接触酸化方法における触媒活性を向上することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本願の発明者らは、これら上記の現状と課題に対して鋭意検討の結果、特定の触媒形状パラメータが、活性向上に寄与することを見出し、本願発明をなしたものである。

【0009】

40

即ち、本発明は、以下1)～9)に関する。

1)

動的画像解析法による粒子形状測定によって得られる球形度パラメータSPHT3の値が0.9820以下である触媒。

ただし前記球形度パラメータSPHT3は下記式(I)により得られる値である：

$$SPHT3 = 4\pi A \div P^2 \quad \dots (I)$$

上記式(I)において、Aは動的画像解析法で撮影された粒子の面積であり、Pは前記粒子の外周長さである。

2)

触媒活性成分が下記式(1)で表される上記1)に記載の触媒。

50

(M o)₁₂ (V)_a (W)_b (C u)_c (S b)_d (X)_e (Y)_f (Z)_g (O)_h (1)

(式中、M o、V、W、C u、S b、およびOはそれぞれ、モリブデン、バナジウム、タングステン、銅、アンチモンおよび酸素を示し、Xはアルカリ金属、およびタリウムからなる群より選ばれた少なくとも一種の元素を、Yはマグネシウム、カルシウム、ストロンチウム、バリウムおよび亜鉛からなる群より選ばれた少なくとも一種の元素を、Zはビスマス、テルル、銀、セレン、ケイ素、アルミニウム、ホウ素、ニオブ、セリウム、すず、クロム、マンガン、鉄、コバルト、ニッケル、サマリウム、ゲルマニウム、ジルコニウム、チタン、タンタル、鉛、インジウム、硫黄、パラジウム、ガリウム、ランタン、および砒素からなる群より選ばれた少なくとも一種の元素をそれぞれ示す。またa、b、c、d、e、f、gおよびhは各元素の原子比を示し、モリブデン原子12に対して、aは $0 < a \leq 10.0$ 、bは $0 \leq b \leq 10.0$ 、cは $0 < c \leq 6.0$ 、dは $0 \leq d \leq 10.0$ 、eは $0 \leq e \leq 0.50$ 、fは $0 \leq f \leq 1.0$ 、gは $0 \leq g < 6.0$ を表す。また、hは前記各成分の原子価を満足するのに必要な酸素原子数である。)

10

3)

上記式(1)において、 $1.0 \leq a \leq 5.0$ 、 $0.50 \leq b \leq 3.0$ 、 $0.50 \leq c \leq 3.0$ 、 $0 < d \leq 2.0$ である上記2)に記載の触媒。

4)

触媒活性成分が下記式(2)で表される上記1)に記載の触媒。

$M o_{12} B i_{b1} N i_{c1} C o_{d1} F e_{e1} X_{f1} Y_{g1} Z_{h1} O_{i1} \cdots$ (2)

20

(式中、M o、B i、N i、C oおよびF eはそれぞれモリブデン、ビスマス、ニッケル、コバルトおよび鉄を表し、Xはタングステン、アンチモン、錫、亜鉛、クロム、マンガン、マグネシウム、カルシウム、ケイ素、アルミニウム、セリウムおよびチタンから選ばれる少なくとも一種の元素、Yはナトリウム、カリウム、セシウム、ルビジウム、およびタリウムから選ばれる少なくとも一種の元素、Zは周期表の第1族から第16族に属し、上記M o、B i、N i、C o、F e、X、およびY以外の元素から選ばれる少なくとも一種の元素を意味するものであり、b1、c1、d1、e1、f1、g1、h1、およびi1はそれぞれモリブデン、ビスマス、ニッケル、コバルト、鉄、X、Y、Zおよび酸素の原子数を表し、 $0 < b1 \leq 7$ 、 $0 \leq c1 \leq 10$ 、 $0 < d1 \leq 10$ 、 $0 < c1 + d1 \leq 20$ 、 $0 < e1 \leq 5$ 、 $0 \leq f1 \leq 2$ 、 $0 \leq g1 \leq 3$ 、 $0 \leq h1 \leq 5$ を満たし、i1は各元素の酸化状態によって決まる値である。)

30

5)

上記式(2)において、 $0.50 \leq b1 \leq 1.7$ 、 $1.0 \leq c1 \leq 3.3$ 、 $5.0 \leq d1 \leq 6.8$ 、 $1.0 \leq e1 \leq 3.0$ である上記4)に記載の触媒。

6)

不活性担体に触媒活性成分が担持された触媒である、上記1)～5)のいずれか一項に記載の触媒。

7)

上記不活性担体がシリカ、アルミナまたはその組み合わせである上記6)に記載の触媒。

8)

40

不飽和アルデヒド、不飽和カルボン酸、又は共役ジエン化合物製造用である上記1)～7)のいずれか一項に記載の触媒。

9)

上記1)～8)のいずれか一項に記載の触媒を用いた不飽和アルデヒド、不飽和カルボン酸、又は共役ジエン化合物の製造方法。

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、プロピレン、イソブチレン、ｔ-ブチルアルコール等を原料にして対応する不飽和アルデヒド、不飽和カルボン酸を製造する方法や、ブテン類から1, 3-ブタジエンを製造する気相接触酸化方法において、触媒活性を高く維持できるものである。

50

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】図1は、実施例1におけるバインダーの添加方法を示す模式図である。

【図2】図2は、実施例2におけるバインダーの添加方法を示す模式図である。

【図3】図3は、実施例4におけるバインダーの添加方法を示す模式図である。

【図4】図4は、実施例6におけるバインダーの添加方法を示す模式図である。

【図5】図5は、比較例1におけるバインダーの添加方法を示す模式図である。

【図6】図6は、比較例2におけるバインダーの添加方法を示す模式図である。

【図7】図7は、実施例7におけるバインダーの添加方法を示す模式図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

〔動的画像解析法による粒子形状〕

本発明の触媒は、動的画像解析法による粒子形状測定によって得られるSPHT3（球形度パラメータ）の値が0.9820以下である。

動的画像解析法とは、流体（溶媒や空気等）に分散させた粒子を連続撮影し、計測・二値化・解析を行うことで、粒度分布や形状分布（アスペクト比、球形度等）を求める方法である。動的画像解析法を実施するための実用化されている装置としては、例えばCAM SIZER X2（マイクロトラック・ベル社製）等を挙げることができる。

本明細書では球形度と球形度パラメータ（SPHT3）は同義とする。

球形度SPHT3は連続撮影した粒子画像から解析される。各粒子について撮影された画像の外周長さPと面積Aを下記式（I）にあてはめ計算することができる。完全な球体ならSPHT3が1となり、他のすべての形状の粒子はSPHT3が1未満0より大きい値となる。

$$SPHT3 = 4\pi A \div P^2 \quad \dots (I)$$

なお、本発明において触媒のSPHT3の値がある範囲内であるというときは、100個～200個程度の当該触媒の粒子について測定したSPHT3の平均値が当該範囲内であることを意味する。上記SPHT3の上限として、さらに好ましくは、順に0.9810、0.9805、0.9800、0.9770、0.9765であり、特に好ましくは0.9760である。また下限としては0.8000程度であり、さらに好ましくは、順に0.8500、0.9000、0.9200、0.9310であり、特に好ましくは0.9320である。従って、SPHT3の範囲としては、0.8000以上0.9810以下が好ましく、0.8500以上0.9805以下がより好ましく、0.9000以上0.9800以下がより好ましく、0.9200以上0.9770以下がより好ましく、0.9310以上0.9765以下がより好ましく、最も好ましくは、0.9320以上0.9760以下である。

【0013】

本発明の発明者らは、触媒の形状が完全な球形状から外れる（すなわち、SPHT3が1より小さい値となる）ほど高活性を示すものであることを見出した。これは触媒が充填された反応管にガスを流し触媒反応を行った際、触媒の形状が完全な球形状から外れるほどガスの流れが乱れ触媒層内で滞留することにより触媒との接触時間が増え、結果として原料転化率の向上がみられたものと考えている。別の要因として、触媒の形状が完全な球形状から外れるということは、球状触媒の細孔分布および／または活性成分の厚みが不均一であり、局所的な反応熱の蓄熱が生じているものとも考えられる。

【0014】

〔Symm3（対称性）〕

本発明におけるSymm3とは動的画像解析法にて連続撮影した画像から解析される、幾何学的対称性を示すパラメータであり、その算出方法は次の通りである。

まず、各粒子について撮影された画像の重心を通り、粒子の外周と交差する直線を任意の方向に引く。重心から粒子の外周までの距離をr1、r2とする。当該直線の変化したとき、r1／r2として最も小さいものをmin（r1／r2）とし、下記式（

10

20

30

40

50

ⅠⅠ) にあてはめて計算したものを $Sym m 3$ (対称性) と定義する。本発明の触媒は、この $Sym m 3$ が 0.9860 以下である場合が、触媒活性の観点で、さらに好ましい。 $Sym m 3$ の上限として、さらに好ましくは、順に 0.9800 、 0.9770 、 0.9760 であり、特に好ましくは 0.9750 である。また下限としては 0.9600 程度であり、さらに好ましくは、 0.9650 であり、特に好ましくは 0.9715 である。従って、 $Sym m 3$ の範囲としては、 0.9600 以上 0.9800 以下がより好ましく、 0.9600 以上 0.9770 以下がより好ましく、 0.9650 以上 0.9760 以下がより好ましく、最も好ましくは、 0.9715 以上 0.9750 以下である。

$$Sym m 3 = \{1 + \min(r1/r2)\} / 2 \quad \dots (I I)$$

【0015】

[アスペクト比]

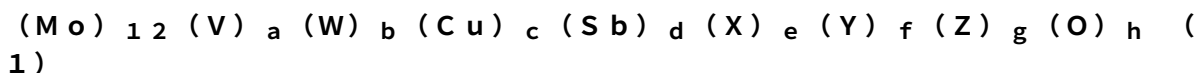
本発明におけるアスペクト比 $b/I3$ は、動的画像解析法にて連続撮像した各粒子の形状を示すパラメータであり、その算出方法は次の通りである。撮影された粒子の外周上の任意の点を P としたとき、点 P から該粒子の内部を通り点 P とは異なる外周上の点 Q と交わるように直線を引き、点 Q を外周に沿って移動させたときの線分 PQ の長さの最大値をコード径 X_c とする。点 P を外周に沿って移動させたとき計測されるコード径 X_c の最小値を最小コード径 X_{cmin} とする。次に、各粒子をはさむ平行な2つの接線を引いたとき、その接線間の距離をフェレー径 X_{Fe} とする。接線の変化させたときのフェレー径 X_{Fe} の最大値を最大フェレー径 X_{FeMAX} とする。アスペクト比 $b/I3$ は下記式 (ⅠⅠⅠ) にて計算される。本発明の触媒はアスペクト比 $b/I3$ が 0.9540 以下である場合が活性の点で、さらに好ましい。アスペクト比の上限として、さらに好ましくは、順に 0.9500 、 0.9400 、 0.9300 であり、特に好ましくは 0.9280 である。また下限としては 0.9200 程度であり、さらに好ましくは、 0.9250 である。従って、アスペクト比の範囲としては、 0.9200 以上 0.9540 以下がより好ましく、 0.9200 以上 0.9500 以下がより好ましく、 0.9200 以上 0.9400 以下がより好ましく、 0.9200 以上 0.9300 以下がより好ましく、最も好ましくは、 0.9250 以上 0.9280 以下である。

$$b/I3 = X_{cmin}/X_{FeMAX} \quad \dots (I I I)$$

【0016】

[不飽和カルボン酸製造用触媒の触媒組成]

本発明の触媒を不飽和カルボン酸製造用触媒として用いる場合、触媒活性成分が以下式 (1) で表される組成を有することが好ましい。



(式中、 Mo 、 V 、 W 、 Cu 、 Sb 、および O はそれぞれ、モリブデン、バナジウム、タングステン、銅、アンチモンおよび酸素を示し、 X はアルカリ金属、およびタリウムからなる群より選ばれた少なくとも一種の元素を、 Y はマグネシウム、カルシウム、ストロンチウム、バリウムおよび亜鉛からなる群より選ばれた少なくとも一種の元素を、 Z はビスマス、テルル、銀、セレン、ケイ素、アルミニウム、ホウ素、ニオブ、セリウム、すず、クロム、マンガン、鉄、コバルト、ニッケル、サマリウム、ゲルマニウム、ジルコニウム、チタン、タンタル、鉛、インジウム、硫黄、パラジウム、ガリウム、ランタン、および砒素からなる群より選ばれた少なくとも一種の元素をそれぞれ示す。また a 、 b 、 c 、 d 、 e 、 f 、 g および h は各元素の原子比を示し、モリブデン原子 12 に対して、 a は $0 < a \leq 10.0$ 、 b は $0 \leq b \leq 10.0$ 、 c は $0 < c \leq 6.0$ 、 d は $0 \leq d \leq 10.0$ 、 e は $0 \leq e \leq 0.50$ 、 f は $0 \leq f \leq 1.0$ 、 g は $0 \leq g < 6.0$ を表す。また、 h は前記各成分の原子価を満足するのに必要な酸素原子数である。)

【0017】

上記式 (1) において、 $a \sim g$ の好ましい範囲は以下の通りである。

a の下限は望ましい順に、 0.20 、 0.50 、 0.80 、 1.0 、 1.5 、 2.0 、 2.2 、 2.5 であり、最も望ましくは 2.8 であり、 a の上限は望ましい順に、 9.0

10

20

30

40

50

、8.0、7.0、6.0、5.0、4.5、4.0、3.5であり、最も望ましくは3.2である。すなわちaの範囲としては、 $0.20 \leq a \leq 9.0$ が好ましく、 $0.50 \leq a \leq 8.0$ がより好ましく、 $0.80 \leq a \leq 7.0$ がより好ましく、 $1.0 \leq a \leq 6.0$ がより好ましく、 $1.5 \leq a \leq 5.0$ がより好ましく、 $2.0 \leq a \leq 4.5$ がより好ましく、 $2.2 \leq a \leq 4.0$ がより好ましく、 $2.5 \leq a \leq 3.5$ がより好ましく、最も好ましくは、 $2.8 \leq a \leq 3.2$ である。

bの下限は望ましい順に、0.10、0.20、0.30、0.40、0.50、0.60、0.70、0.80、0.90であり、最も望ましくは1.0であり、bの上限は望ましい順に、9.0、8.0、7.0、6.0、5.0、4.0、3.0、2.5、2.0、1.5であり、最も望ましくは1.4である。すなわちbの範囲としては、 $0.10 \leq b \leq 9.0$ が好ましく、 $0.10 \leq b \leq 8.0$ がより好ましく、 $0.20 \leq b \leq 7.0$ がより好ましく、 $0.30 \leq b \leq 6.0$ がより好ましく、 $0.40 \leq b \leq 5.0$ がより好ましく、 $0.50 \leq b \leq 4.0$ がより好ましく、 $0.60 \leq b \leq 3.0$ がより好ましく、 $0.70 \leq b \leq 2.5$ がより好ましく、 $0.80 \leq b \leq 2.0$ がより好ましく、 $0.90 \leq b \leq 1.5$ がより好ましく、最も好ましくは、 $1.0 \leq b \leq 1.4$ である。

cの下限は望ましい順に、0.10、0.20、0.30、0.40、0.50、0.60、0.70、0.80、0.90であり、最も望ましくは1.0であり、cの上限は望ましい順に、5.0、4.0、3.0、2.5、2.0、1.5であり、最も望ましくは1.4である。すなわちcの範囲としては、 $0.10 \leq c \leq 5.0$ が好ましく、 $0.20 \leq c \leq 5.0$ がより好ましく、 $0.30 \leq c \leq 5.0$ がより好ましく、 $0.40 \leq c \leq 5.0$ がより好ましく、 $0.50 \leq c \leq 4.0$ がより好ましく、 $0.60 \leq c \leq 3.0$ がより好ましく、 $0.70 \leq c \leq 2.5$ がより好ましく、 $0.80 \leq c \leq 2.0$ がより好ましく、 $0.90 \leq c \leq 1.5$ がより好ましく、最も好ましくは、 $1.0 \leq c \leq 1.4$ である。

dの下限は望ましい順に、0.11、0.15、0.18、0.20、0.25、0.30、0.35であり、最も望ましくは0.40であり、dの上限は望ましい順に、9.0、8.0、7.0、6.0、5.0、4.0、3.0、2.5、2.0、1.5、1.0であり、最も望ましくは0.70である。すなわちdの範囲としては、 $0.11 \leq d \leq 9.0$ が好ましく、 $0.11 \leq d \leq 8.0$ がより好ましく、 $0.11 \leq d \leq 7.0$ がより好ましく、 $0.11 \leq d \leq 6.0$ がより好ましく、 $0.11 \leq d \leq 5.0$ がより好ましく、 $0.15 \leq d \leq 4.0$ がより好ましく、 $0.18 \leq d \leq 3.0$ がより好ましく、 $0.20 \leq d \leq 2.5$ がより好ましく、 $0.25 \leq d \leq 2.0$ がより好ましく、 $0.30 \leq d \leq 1.5$ がより好ましく、 $0.35 \leq d \leq 1.0$ がより好ましく、最も好ましくは、 $0.40 \leq d \leq 0.70$ である。

eの上限は望ましい順に、0.40、0.30、0.20、0.10である。すなわちeの範囲としては好ましい順に $0 \leq e \leq 0.40$ 、 $0 \leq e \leq 0.30$ 、 $0 \leq e \leq 0.20$ であり、最も好ましい範囲は、 $0 \leq e \leq 0.10$ である。

fの上限は望ましい順に、0.80、0.50、0.20、0.15であり、最も望ましくは0.10である。すなわちfの範囲としては好ましい順に $0 \leq f \leq 0.80$ 、 $0 \leq f \leq 0.50$ 、 $0 \leq f \leq 0.20$ 、 $0 \leq f \leq 0.15$ であり、最も好ましい範囲は、 $0 \leq f \leq 0.10$ である。

gの上限は望ましい順に、5.0、4.0、3.0、2.0、1.0である。すなわちgの範囲としては好ましい順に $0 \leq g \leq 5.0$ 、 $0 \leq g \leq 4.0$ 、 $0 \leq g \leq 3.0$ 、 $0 \leq g \leq 2.0$ であり、最も好ましい範囲は、 $0 \leq g \leq 1.0$ である。

なお、e、f、gは0である場合が特に好ましい態様である。

【0018】

[担持について]

触媒活性成分の調製後に予備焼成を行った予備焼成体、もしくは予備焼成体をさらに粉碎工程にかけた粉碎後の予備焼成粉体を不活性担体に担持させた触媒は、特に効果の優れたものである。

10

20

30

40

50

不活性担体の材質としてはアルミナ、シリカ、チタニア、ジルコニア、ニオブ、シリカアルミナ、炭化ケイ素、炭化物、およびこれらの混合物など公知の物を使用できる。不活性担体の粒径、吸水率、機械的強度、各結晶相の結晶化度や混合割合なども特に制限はなく、最終的な触媒の性能、成型性や生産効率等を考慮して適切な範囲を選択されるべきである。担体と予備焼成粉体の混合の割合は、各原料の仕込み質量により、一般的には下記式より担持率として算出される。なお、使用する成型助剤、強度向上剤等の添加剤が本焼成後も触媒中に残存することが明らかな場合には、総量（分母）に算入する。

担持率（質量％）＝（成型に使用した予備焼成粉体の質量）／{（成型に使用した予備焼成粉体の質量）＋（成型に使用した担体の質量）} × 100

上記担持率としての好ましい上限は、80質量％であり、さらに好ましい順として70、60、55、50、45、40、47、45、43、40、38、37、36、35質量％である。

また好ましい下限は、10質量％であり、さらに好ましい順として15、18、20、23、25、28、30、31、32、33質量％である。すなわち担持率は10質量％以上80質量％以下が好ましく、最も好ましい範囲は、33質量％以上35質量％以下である。

なお不活性担体としては、シリカ及び／又はアルミナが好ましく、シリカとアルミナの混合物が特に好ましい。

なお、担持に際して、バインダーを使用するのが好ましい。使用できるバインダーの具体例としては、水やエタノール、メタノール、プロパノール、多価アルコール、高分子系バインダーのポリビニルアルコール、無機系バインダーのシリカゾル水溶液等が挙げられるが、エタノール、メタノール、プロパノール、多価アルコールが好ましく、エチレングリコール等のジオールやグリセリン等のトリオール等が好ましく、グリセリンの濃度5質量％以上の水溶液が好ましい。グリセリン水溶液を適量使用することにより成型性が良好となり、機械的強度の高い、高性能な触媒が得られる。これらバインダーの使用量は、予備焼成粉末100質量部に対して通常2～60質量部であるが、グリセリン水溶液の場合は10～30質量部が好ましい。担持に際してバインダーと予備焼成粉末は成型機に交互に供給しても、同時に供給してもよい。

【0019】

前記のようにして得られた担持触媒はそのまま触媒として気相接触酸化反応に供することができるが、焼成すると触媒活性が向上する場合があり好ましい。焼成方法や焼成条件は特に限定されず、公知の処理方法および条件を適用することができる。焼成の最適条件は、使用する触媒原料、触媒組成、調製法等によって異なるが、焼成温度は通常100～450℃、好ましくは270～420℃、特に好ましくは350～390℃、焼成時間は1～20時間である。なお、焼成は、通常空気雰囲気下に行われるが、窒素、炭酸ガス、ヘリウム、アルゴン等の不活性ガス雰囲気下で行ってもよいし、不活性ガス雰囲気下での焼成後に必要に応じて更に空気雰囲気下で焼成を行ってもよい。

【0020】

本発明の触媒を、アクロレイン、メタクロレイン等の不飽和アルデヒドを原料にして対応する不飽和カルボン酸を製造する反応、特にアクロレインを分子状酸素又は分子状酸素含有ガスにより気相接触酸化してアクリル酸を製造する反応に使用する場合において、触媒活性の向上、および差圧の低下を実現することができ、公知の方法と比較して非常に有効である。また、発熱を伴う部分酸化反応のプロセスにおいても、ホットスポット温度の低減などによる安定性の向上効果が期待できる。更に、本発明の触媒は、環境や最終製品の品質に悪影響を及ぼす副生成物、たとえば一酸化炭素（CO）や二酸化炭素（CO₂）、アセトアルデヒドや酢酸、ホルムアルデヒドの低減にも有効である。

【0021】

本発明の不飽和カルボン酸の製造方法において、原料ガスの流通方法は、通常の単流通法でもあるいはリサイクル法でもよく、一般に用いられている条件下で実施することができ特に限定されない。たとえば出発原料物質としての不飽和アルデヒドが常温で1～10

10

20

30

40

50

容量%、好ましくは4～9容量%、分子状酸素が3～20容量%、好ましくは4～18容量%、水蒸気が0～60容量%、好ましくは4～50容量%、二酸化炭素、窒素等の不活性ガスが20～80容量%、好ましくは30～60容量%からなる混合ガスを反応管中に充填した本発明の触媒上に240～450℃で、常圧～10気圧の圧力で、空間速度300～5000 h⁻¹で導入し反応を行う。

【0022】

〔無機繊維について〕

本発明の触媒は、機械強度向上等の目的のために無機繊維を含有する場合が好ましい。無機繊維はその材質は特に限定されず、例えば、ガラス繊維（ガラスファイバー）、セラミック繊維、金属繊維、鈳物繊維、炭素繊維、各種ウスカなどが使用可能である。このうち、シラン系の化学品によって処理されたガラス繊維が特に好ましい。

またその繊維長も、本発明の効果を阻害しない限り特に制限はないが、平均繊維長として1～1000 μm程度、より好ましくは10～500 μm程度が好ましい。

さらにこの無機繊維は2種以上を併用することも可能であり、材質の異なる2種以上でも、同一の材質で平均繊維長の異なる2種であっても良い。

【0023】

〔不飽和カルボン酸製造用触媒の製造方法等〕

本発明の不飽和カルボン酸製造用触媒を得る具体的工程について以下に例を示す。

工程 a) 調合

一般に触媒を構成する各元素の原料は、モリブデン成分原料としてはモリブデン酸アンモニウムを使用した場合に高性能触媒が得られる。

タングステン、バナジウム、アンチモン、銅及びその他の元素の原料としては通常は酸化物あるいは強熱することにより酸化物になり得るアンモニウム塩、炭酸塩、有機酸塩、水酸化物等又はそれらの混合物を用いることができる。例えば、バナジウム成分原料とモリブデン成分原料及びアンチモン成分原料を所望の比率で、20～95℃の条件下にて別途調合されたタングステン成分原料およびZ成分原料水溶液もしくはスラリーと混合し、20～90℃の条件下にて1時間程度加熱攪拌した後、銅成分原料を溶解した水溶液と、必要に応じX成分原料、Y成分原料とを添加して触媒成分を含有する水溶液またはスラリーを得る。以降、このようにして得た水溶液またはスラリーをまとめて調合液（A）と称する。ここで、調合液（A）は必ずしもすべての触媒構成元素を含有する必要は無く、その一部の元素または一部の量を以降の工程で添加してもよい。また、調合液（A）を調合する際に各成分原料を溶解する水の量や、溶解のために硫酸や硝酸、塩酸、酒石酸、酢酸などの酸を加える場合には、原料が溶解するのに十分な水溶液中の酸濃度が例えば5質量%～99質量%の範囲の中で適していないと調合液（A）の形態が粘土状の塊となる場合があり、これは優れた触媒にはならない。よって得られる調合液（A）の形態としては水溶液またはスラリーであることが、優れた触媒が得られる点で好ましい。

【0024】

工程 b) 乾燥

次いで上記で得られた調合液（A）を乾燥し、乾燥粉体とする。乾燥方法は、調合液（A）を完全に乾燥できる方法であれば特に制限はないが、例えばドラム乾燥、凍結乾燥、噴霧乾燥、蒸発乾固等が挙げられる。これらのうち本発明においては、スラリーから短時間に粉体又は顆粒に乾燥することができる噴霧乾燥が特に好ましい。噴霧乾燥の乾燥温度はスラリーの濃度、送液速度等によって異なるが概ね乾燥機の出口における温度が70～150℃である。また、この際得られる乾燥粉体の平均粒径が20～700 μmとなるよう乾燥することが好ましい。こうして乾燥粉体（B）を得る。

【0025】

工程 c) 予備焼成

得られた乾燥粉体（B）は空気流通下で200℃から500℃で、好ましくは300℃から400℃で焼成することで触媒の成型性、機械的強度、触媒性能が向上する傾向がある。焼成時間は1時間から12時間が好ましい。こうして予備焼成体（C）を得る。

【0026】

工程d) 粉碎

得られた予備焼成体(C)は予備焼成により乾燥粉体(B)が凝集した固形物(D)として得られる場合がある。次の成型工程で必要となる予備焼成粉体(E)を得るため、固形物(D)を粉碎する。粉碎方法は、特に制限はないが、例えば、ローラーミル、ジェットミル、ハンマーミル、回転ミル、振動ミル等が挙げられる。この際得られる予備焼成粉体(E)の平均粒子径(予焼メジアン径)が $50\text{ }\mu\text{m}$ 以下であることが好ましく、 $40\text{ }\mu\text{m}$ 以下がより好ましく、 $30\text{ }\mu\text{m}$ 以下であることが更に好ましく、 $25\text{ }\mu\text{m}$ 以下であることが特に好ましい。

なお、本願明細書においては、粉碎後の予備焼成粉体(E)を触媒前駆体として記載するが、予備焼成体(C)の段階において、凝集がなく、粉碎工程を経なくても使用可能である場合には、予備焼成体(C)を触媒前駆体として用いてもよい。

【0027】

工程e) 成型

成型方法に特に制限はなく、成型機で予備焼成粉体(E)を球形に成型しても良いが、予備焼成粉体(E)(必要により成型助剤、強度向上剤を含む)を不活性なセラミック等の担体に担持させる方法が好ましい。ここで担持方法としては転動造粒法、遠心流動コーティング装置を用いる方法、ウォッシュコート方法等が広く知られており、予備焼成粉体(E)が担体に均一に担持できる方法で有れば特に限定されないが、触媒の製造効率や調製される触媒の性能を考慮した場合、より好ましくは固定円筒容器の底部に、平らな、あるいは凹凸のある円盤を有する装置で、円盤を高速で回転させることにより、容器内にチャージされた担体を、担体自体の自転運動と公転運動により激しく攪拌させ、ここに予備焼成粉体(E)並びに必要により、成型助剤および／または強度向上剤、細孔形成剤を添加することにより粉体成分を担体に担持させる方法が好ましい。尚、担持に際して、バインダーを使用するのが好ましい。用いるバインダーの具体例としては、水やエタノール、メタノール、プロパノール、多価アルコール、高分子系バインダーのポリビニルアルコール、無機系バインダーのシリカゾル水溶液等が挙げられるが、エタノール、メタノール、プロパノール、多価アルコールが好ましく、グリセリン水溶液等のジオールやグリセリン等のトリオール等がより好ましい。グリセリン水溶液を適量使用することにより成型性が良好となり、機械的強度の高い、高性能触媒が得られ、具体的にはグリセリンの濃度5質量%以上の水溶液を使用した場合に特に高性能触媒が得られる。これらバインダーの使用量は、予備焼成粉体(E)100質量部に対して通常2~80質量部である。不活性担体は、通常2~8mm程度のものを使用し、これに予備焼成粉体(E)を担持させる。担持率は触媒使用条件、たとえば反応原料の空間速度、原料濃度などの反応条件を考慮して決定され、通常20質量%から80質量%である。ここで担持率は、成型に使用した成型助剤や強度向上剤等がある場合、以下の式(4)のように表記される。こうして成型体(F)を得る。

また、本発明者らによって見出されたことであるが、本発明は機械的強度の維持が難しい。そこで担持成型時に不活性な無機繊維を強度向上剤として添加することが好ましく、ガラスファイバーを用いることが特に好ましい。強度向上剤として繊維を用いる場合には、これら繊維の使用量は、触媒活性成分固体100質量部に対して通常1~30質量部であり、好ましくは2~10質量部、より好ましくは3~5質量部である。

なお不活性担体の材質としてはアルミナ、シリカ、チタニア、ジルコニア、ニオブア、シリカアルミナ、炭化ケイ素、炭化物、およびこれらの混合物など公知の物を使用できる。不活性担体の粒径、吸水率、機械的強度、各結晶相の結晶化度や混合割合なども特に制限はなく、最終的な触媒の性能、成形性や生産効率等を考慮して適切な範囲が選択されるべきである。

【0028】

[式(4)]

担持率(質量%)

$= 100 \times \left[\text{成型に使用した予備焼成粉体 (E) の質量} / (\text{成型に使用した予備焼成粉体 (E) の質量} + \text{成型に使用した不活性担体の質量}) \right]$

なお、使用する成型助剤、強度向上剤等の添加剤が本焼成後も触媒中に残存することが明らかな場合には、総量（分母）に算入する。

【0029】

工程 f) 本焼成

成型体 (F) は 100～450℃の温度で 1～12 時間程度焼成することで触媒活性、有効収率が向上する傾向にある。焼成温度は 270℃以上 420℃以下が好ましく、350℃以上 400℃以下がより好ましい。流通させるガスとしては空気が簡便で好ましいが、その他に不活性ガスとして窒素、二酸化炭素、還元雰囲気にするための窒素酸化物含有ガス、アンモニア含有ガス、水素ガスおよびそれらの混合物を使用することも可能である。こうして触媒 (G) を得る。

【0030】

[S P H T 3 の調整方法]

上記 S P H T 3 の値は、上記 a) 工程における使用原料、b) 工程における噴霧乾燥条件、c) 工程における焼成温度と時間、d) 工程における粉碎方法と粉碎後のメジアン径、e) 工程における相対遠心加速度、担持率、バインダーの種類、バインダーの添加位置等を変更することで調整することができるが、単独の条件変更では大きく変化させることが難しく、2 以上の条件を最適化することで実現できる。以下幾つか例示する。

【0031】

< c) 工程における焼成温度と時間 >

焼成温度は上記の通り 200℃～500℃が好ましいが、高くすると S P H T 3 は高くなる傾向にある。従って、S P H T 3 の調整上、好ましくは 380℃未満である。また、焼成時間が長くなると S P H T 3 が高くなりうる為、5 時間未満とする方が好ましい。

< d) 工程における粉碎方法とメジアン径 >

d) 工程の方法によっても S P H T 3 を制御することができる。振動ミルを使用した場合 S P H T 3 を調整し易い。予備焼成粉体のメジアン径を一定以下にすることで S P H T 3 を調整できる。

< e) 工程における相対遠心加速度と担持率 >

e) 工程における相対遠心加速度を変化させることで S P H T 3 の値を調整することができる。相対遠心加速度としては、2.0 G 以上 30 G 以下程度が良いが、高くすると S P H T 3 が高くなり易く、2.0 G 以上 6.0 G 以下程度が最適である。ただし担体とそれに担持される予備焼成粉体の量関係（担持率）によっても異なる。

< d) 工程におけるメジアン径と e) 工程におけるバインダーの添加位置 >

d) 工程の方法によって予備焼成粉体のメジアン径を一定以下にすることで S P H T 3 を制御することができるが、e) 工程におけるバインダーの添加位置を変更することによっても S P H T 3 を調整できる。バインダーは顆粒の添加位置から離れた位置に添加すると良く、転動造粒機の底盤が回転したときに生じるドーナツ状の触媒の帯の中央にバインダー添加位置を設けるか動径方向に複数のバインダー添加箇所を設け均一な流量で添加すると良い。

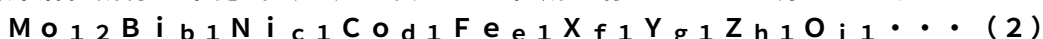
【0032】

上記 S P H T 3 の調整方法は、S y m m 3 やアスペクト比の調整においても同様のことが言える。すなわち、S y m m 3 やアスペクト比は、a) ～ f) の条件のうち、2 つ以上を変更して調整することができる。

【0033】

[不飽和アルデヒド又は共役ジエン化合物製造用触媒の触媒組成]

本発明の触媒を不飽和アルデヒド又は共役ジエン化合物製造用触媒として用いる場合、触媒活性成分が下記式 (2) で表される組成を有することが好ましい。



(式中、M o、B i、N i、C o および F e はそれぞれモリブデン、ビスマス、ニッケル

10

20

30

40

50

、コバルトおよび鉄を表し、Xはタングステン、アンチモン、錫、亜鉛、クロム、マンガン、マグネシウム、カルシウム、ケイ素、アルミニウム、セリウムおよびチタンから選ばれる少なくとも一種の元素、Yはナトリウム、カリウム、セシウム、ルビジウム、およびタリウムから選ばれる少なくとも一種の元素、Zは周期表の第1族から第16族に属し、上記Mo、Bi、Ni、Co、Fe、X、およびY以外の元素から選ばれる少なくとも一種の元素を意味するものであり、 b_1 、 c_1 、 d_1 、 e_1 、 f_1 、 g_1 、 h_1 、および i_1 はそれぞれモリブデン、ビスマス、ニッケル、コバルト、鉄、X、Y、Zおよび酸素の原子数を表し、 $0 < b_1 \leq 7$ 、 $0 \leq c_1 \leq 10$ 、 $0 < d_1 \leq 10$ 、 $0 < c_1 + d_1 \leq 20$ 、 $0 < e_1 \leq 5$ 、 $0 \leq f_1 \leq 2$ 、 $0 \leq g_1 \leq 3$ 、 $0 \leq h_1 \leq 5$ を満たし、 i_1 は各元素の酸化状態によって決まる値である。)

【0034】

上記式(2)において、 $b_1 \sim h_1$ の好ましい範囲は以下である。

b_1 の下限としては好ましい順に、0.1、0.2、0.3、0.4、0.5、0.6、0.7であり、上限としては好ましい順に、6.0、5.0、4.0、3.0、2.0、1.8、1.5、1.2、1.0である。すなわち b_1 の範囲としては、0.1以上6.0以下が好ましく、0.1以上5.0以下がより好ましく、0.1以上4.0以下がより好ましく、0.2以上3.0以下がより好ましく、0.3以上2.0以下がより好ましく、0.4以上1.8以下がより好ましく、0.5以上1.5以下がより好ましく、0.6以上1.2以下がより好ましく、最も好ましくは、0.7以上1.0以下である。

c_1 の下限としては好ましい順に、0.2、0.5、0.8、1.0、1.5、1.7であり、上限としては好ましい順に、8.0、7.0、6.0、5.0、4.0、3.5、3.3、3.0、2.7、2.5である。すなわち c_1 の範囲としては、0.2以上8.0以下が好ましく、0.2以上7.0以下がより好ましく、0.2以上6.0以下がより好ましく、0.2以上5.0以下がより好ましく、0.2以上4.0以下がより好ましく、0.5以上3.5以下がより好ましく、0.8以上3.3以下がより好ましく、1.0以上3.0以下がより好ましく、1.5以上2.7以下がより好ましく、最も好ましくは、1.7以上2.5以下である。

d_1 の下限としては好ましい順に、1.0、2.0、3.0、4.0、5.0、5.5、5.8であり、上限としては好ましい順に、9.5、9.0、8.5、8.0、7.5、7.0、6.8、6.6である。すなわち d_1 の範囲としては1.0以上9.5以下が好ましく、1.0以上9.0以下がより好ましく、2.0以上8.5以下がより好ましく、4.0以上8.0以下がより好ましく、5.0以上7.0以下がより好ましく、5.5以上6.8以下がより好ましく、最も好ましくは、5.8以上6.6以下である。

$c_1 + d_1$ の下限としては好ましい順に、1.2、2.0、4.0、6.0、8.0、8.3であり、上限としては好ましい順に、20.0、15.0、12.5、11.0、10.0、9.0である。すなわち、 $c_1 + d_1$ の範囲としては、1.2以上20.0以下が好ましく、2.0以上15.0以下がより好ましく、4.0以上12.5以下がより好ましく、6.0以上11.0以下がより好ましく、8.0以上10.0以下がより好ましく、最も好ましくは、8.3以上9.0以下である。

e_1 の下限としては好ましい順に、0.1、0.2、0.5、0.8、1.0、1.5、1.6であり、上限としては好ましい順に、4.5、4.0、3.5、3.0、2.5、2.3である。すなわち e_1 の範囲としては、0.1以上4.5以下が好ましく、0.2以上4.5以下がより好ましく、0.5以上3.5以下がより好ましく、0.8以上3.0以下がより好ましく、1.0以上2.5以下がより好ましく、1.5以上2.5以下がより好ましく、最も好ましくは、1.6以上2.3以下である。

f_1 の上限としては好ましい順に、1.8、1.5、1.0、0.8、0.5であり、下限としては、0が好ましい。すなわち f_1 の範囲としては好ましい順に0以上1.8以下、0以上1.5以下、0以上1.0以下、0以上0.8以下、0以上0.5以下であり、最も好ましくは f_1 が0である。

g_1 の下限としては好ましい順に、0.010、0.020、0.030であり、上限

10

20

30

40

50

としては好ましい順に、2、1、0.5、0.4、0.3、0.2、0.15、0.10、0.075、0.050である。すなわちg1の範囲としては0.010以上2以下が好ましく、0.010以上1以下がより好ましく、0.010以上0.5以下がより好ましく、0.010以上0.4以下がより好ましく、0.010以上0.3以下がより好ましく、0.010以上0.2以下がより好ましく、0.010以上0.15以下がより好ましく、0.010以上0.10以下がより好ましく、0.020以上0.075以下がより好ましく、最も好ましくは、0.030以上0.050以下である。

h1の上限としては好ましい順に、4.0、3.0、2.0、1.8、1.5、1.0、0.8、0.5であり、下限としては、0が好ましい。すなわちh1の範囲としては好ましい順に0以上4.0以下、0以上3.0以下、0以上2.0以下、0以上1.8以下、0以上1.5以下、0以上1.0以下、0以上0.8以下、0以上0.5以下であり、最も好ましくはh1が0である。

10

【0035】

式(2)におけるXとしては、タングステン、アンチモン、亜鉛、マグネシウム、セリウムが好ましく、アンチモン、亜鉛が特に好ましい。

式(2)におけるYとしては、ナトリウム、カリウム、セシウムが好ましく、カリウム、セシウムが更に好ましく、セシウムが特に好ましい。

式(2)におけるZとしては、バナジウム、銅、ニオブ、ジルコニウム、カルシウム、ベリリウム、ストロンチウム、バリウム、鉛、リンが好ましい。

【0036】

20

【不飽和アルデヒド及び共役ジエン化合物製造用触媒の製造方法等】

上記式(2)で表される触媒を構成する各元素の出発原料としては特に制限されるものではないが、例えばモリブデン成分の原料としては三酸化モリブデンのようなモリブデン酸化物、モリブデン酸、パラモリブデン酸アンモニウム、メタモリブデン酸アンモニウムのようなモリブデン酸またはその塩、リンモリブデン酸、ケイモリブデン酸のようなモリブデンを含むヘテロポリ酸またはその塩などを用いることができる。

【0037】

ビスマス成分の原料としては硝酸ビスマス、炭酸ビスマス、硫酸ビスマス、酢酸ビスマスのようなビスマス塩、三酸化ビスマス、金属ビスマスなどを用いることができる。これらの原料は固体のままあるいは水溶液や硝酸溶液、それらの水溶液から生じるビスマス化合物のスラリーとして用いることができるが、硝酸塩、あるいはその溶液、またはその溶液から生じるスラリーを用いることが好ましい。

30

【0038】

その他の成分元素の出発原料としては、一般にこの種の触媒に使用される金属元素のアンモニウム塩、硝酸塩、亜硝酸塩、炭酸塩、次炭酸塩、酢酸塩、塩化物、無機酸、無機酸の塩、ヘテロポリ酸、ヘテロポリ酸の塩、硫酸塩、水酸化物、有機酸塩、酸化物またはこれらの混合物を組み合わせ用いればよいが、アンモニウム塩および硝酸塩が好適に用いられる。

【0039】

これら活性成分を含む化合物は単独で使用してもよいし、2種以上を混合して使用してもよい。スラリー液は、各活性成分含有化合物と水とを均一に混合して得ることができる。スラリー液における水の使用量は、用いる化合物の全量を完全に溶解できるか、または均一に混合できる量であれば特に制限はない。乾燥方法や乾燥条件を勘案して、水の使用量を適宜決定すれば良い。通常、水の使用量は、スラリー調製用化合物の合計質量100質量部に対して、100質量部以上2000質量部以下である。水の量は多くてもよいが、多過ぎると乾燥工程のエネルギーコストが高くなり、又完全に乾燥できない場合が生ずるおそれがある。

40

【0040】

上記各成分元素の供給源化合物のスラリー液は、上記の各供給源化合物を、(i)一括して混合する方法、(ii)一括して混合後、熟成処理する方法、(iii)段階的に混

50

合する方法、(i v) 段階的に混合・熟成処理を繰り返す方法、および(i)～(i v)を組み合わせた方法により調製することが好ましい。ここで、上記熟成とは、「工業原料もしくは半製品を、一定時間、一定温度などの特定条件のもとに処理して、必要とする物理性、化学性の取得、上昇あるいは所定反応の進行などを図る操作」のことをいう。なお、本発明において、上記の一定時間とは、5分以上24時間以下の範囲をいい、上記の一定温度とは室温以上かつ水溶液または水分散液の沸点以下の範囲をいう。このうち最終的に得られる触媒の活性及び収率の面で好ましいのは(i i i)段階的に混合する方法であり、更に好ましいのは段階的に母液に混合する各原料は全溶した溶液とする方法であり、最も好ましいのはモリブデン原料を調合液またはスラリーとした母液に、アルカリ金属溶液、硝酸塩の各種混合液を混合する方法である。ただし、この工程で必ずしもすべての触媒構成元素を混合する必要はなく、その一部の元素または一部の量を以降の工程で添加してもよい。

【0041】

本発明において、必須活性成分を混合する際に用いられる攪拌機の攪拌翼の形状は特に制約はなく、プロペラ翼、タービン翼、パドル翼、傾斜パドル翼、スクリュウ翼、アンカー翼、リボン翼、大型格子翼などの任意の攪拌翼を1段あるいは上下方向に同一翼または異種翼を2段以上で使用することができる。また、反応槽内には必要に応じてバッフル（邪魔板）を設置しても良い。

【0042】

次いで、このようにして得られたスラリー液を乾燥する。乾燥方法は、スラリー液が完全に乾燥できる方法であれば特に制約はないが、例えばドラム乾燥、凍結乾燥、噴霧乾燥、蒸発乾固などが挙げられる。これらのうち本発明においては、スラリー液を短時間に粉末又は顆粒に乾燥することができる噴霧乾燥が特に好ましい。噴霧乾燥の乾燥温度はスラリー液の濃度、送液速度等によって異なるが、概ね乾燥機の出口における温度が70℃以上150℃以下である。

【0043】

上記のようにして得られた触媒前駆体は予備焼成し、成形を経て、本焼成することで、成形形状を制御、保持することが可能となり、工業用途として特に機械的強度が優れた触媒が得られ、安定した触媒性能を発現できる。

【0044】

成形は、シリカ等の不活性担体に担持する担持成形と、担体を使用しない非担持成形のいずれの成形方法も採用できる。具体的な成形方法としては、例えば、造粒成形が挙げられる。成形品の形状としては、例えば、球状、楕円体状等が運転条件を考慮して適宜選択可能であるが、球状担体、特にシリカやアルミナ等の不活性担体に触媒前駆体を担持した、平均粒径3.0mm以上10.0mm以下、好ましくは平均粒径3.0mm以上8.0mm以下の担持触媒であるとよい。すなわち、平均粒径3.0mm以上8.0mm以下の球状担持触媒である場合が最も好ましい。担持方法としては転動造粒法、遠心流動コーティング装置を用いる方法、ウォッシュコート方法等が広く知られており、予備焼成粉体が担体に均一に担持できる方法で有れば特に限定されないが、触媒の製造効率等を考慮した場合、転動造粒法が好ましい。具体的には、固定円筒容器の底部に、平らな、あるいは凹凸のある円盤を有する装置で、円盤を高速で回転させることにより、容器内にチャージされた担体を、担体自体の自転運動と公転運動の繰り返しにより激しく攪拌させ、ここに予備焼成粉体を添加することにより粉体成分を担体に担持させる方法である。なお、担持に際して、バインダーを使用するのが好ましい。使用できるバインダーの具体例としては、水やエタノール、メタノール、プロパノール、多価アルコール、高分子系バインダーのポリビニルアルコール、無機系バインダーのシリカゾル水溶液等が挙げられるが、エタノール、メタノール、プロパノール、多価アルコールが好ましく、エチレングリコール等のジオールやグリセリン等のトリオール等がより好ましく、グリセリンの濃度5質量%以上の水溶液がさらに好ましい。グリセリン水溶液を適量使用することにより成型性が良好となり、機械的強度の高い、高性能な触媒が得られる。これらバインダーの使用量は、予備焼

成粉体 100 質量部に対して通常 2～60 質量部であるが、グリセリン水溶液の場合は 15～50 質量部が好ましい。担持に際してバインダーと予備焼成粉体は成型機に交互に供給しても、同時に供給してもよい。また、成形に際しては、公知の添加剤、例えば、グラファイト、タルク等を少量添加してもよい。なお、成形において添加される成形助剤、細孔形成剤、担体はいずれも、原料を何らかの別の生成物に転換する意味での活性の有無にかかわらず、本発明における活性成分の構成元素として考慮しないものとする。

【0045】

予備焼成方法や予備焼成条件または本焼成方法や本焼成条件は特に限定されず、公知の処理方法および条件を適用することができる。予備焼成や本焼成は、通常、空気等の酸素含有ガス流通下または不活性ガス流通下で、200℃以上600℃以下、好ましくは300℃以上550℃以下で、0.5時間以上、好ましくは1時間以上40時間以下で行う。ここで、不活性ガスとは、触媒の反応活性を低下させない気体のことをいい、具体的には、窒素、炭酸ガス、ヘリウム、アルゴン等が挙げられる。尚、触媒を使用して不飽和アルデヒド、及び／又は不飽和カルボン酸を製造する際の反応条件等に応じて、特に本焼成における最適な条件は異なり、本焼成工程の工程パラメータすなわち雰囲気中の酸素含有率、最高到達温度や焼成時間等の変更を行うことは当業者にとって公知であるため、本発明の範疇に入るものとする。また、本焼成工程は前述の予備焼成工程よりも後に実施されるものとし、本焼成工程における最高到達温度（本焼温度）は、前述の予備焼成工程における最高到達温度（予備焼成温度）よりも高いものとする。焼成の手法は流動床、ロータリーキルン、マッフル炉、トンネル焼成炉など特に制限はなく、最終的な触媒の性能、機械的強度、成形性や生産効率等を考慮して適切に選択されるべきである。

【0046】

不飽和アルデヒド又は共役ジエン化合物製造用触媒についての SPHT 3、Symm 3、アスペクト比の調整方法も、上記不飽和カルボン酸製造用触媒と同様に、調合、乾燥、予備焼成、粉碎、成形、本焼成の各条件を2つ以上適宜調整することで実現できる。

【0047】

本発明の触媒は、不飽和アルデヒド化合物、不飽和カルボン酸化合物、又は共役ジエン化合物を製造する為の触媒として使用される場合が好ましく、上記のとおりその組成によって、使い分けることが好ましい。具体的には、上記式（1）の組成を有する触媒は、不飽和アルデヒドを出発原料とする不飽和カルボン酸製造用触媒として特に有用である。上記式（2）の組成を有する触媒は、プロピレン、イソブチレン、ターブチルアルコール等を出発原料とした不飽和アルデヒドや、モノオレフィン原料を出発原料とする共役ジオレフィン製造用触媒として特に有用である。不飽和アルデヒド化合物、不飽和カルボン酸化合物、又は共役ジエン化合物を製造するような発熱反応のプロセスでは、実プラントにおいては反応により生じる発熱で触媒自身が劣化するのを防ぐ目的で、反応管入口側から反応管出口側に向けて活性が高くなるよう異なる触媒種を多層で充填してもよい。

【0048】

[触媒の用途等]

本発明の触媒を用いたアクロレインまたはアクリル酸の製造方法においては、原料ガスの流通方法は、通常の単流通法でもあるいはリサイクル法でもよく、一般に用いられている条件下で実施することができ特に限定されない。たとえば出発原料物質が常温で1～10容量%、好ましくは4～9容量%、分子状酸素が3～20容量%、好ましくは4～18容量%、水蒸気が0～60容量%、好ましくは4～50容量%、二酸化炭素、窒素等の不活性ガスが20～80容量%、好ましくは30～60容量%からなる混合ガスを反応管中に充填した本発明の触媒上に240～450℃で、常圧～10気圧の圧力下で、空間速度300～5000 h⁻¹で導入し反応を行う。

また前記アクロレインまたはアクリル酸の製造方法においては、種類の異なる触媒を用いて多層充填する場合が好ましい。すなわち反応管の原料ガス流れ方向に複数個にn分割して形成された触媒層を設け、上記複数種の触媒を原料ガス流れ方向の原料入口部から出口部に向かって活性がより高くなるよう配置する方法である。分割数nに特に制限はない

が、通常 2～5、好ましくは 2～3 である。上記種類の異なる触媒とは触媒の組成が異なる場合のみを意味するのではなく、不活性担体への担持率が異なる場合や、希釈率が異なる場合も含む。

【実施例】

【0049】

以下に、実施例を挙げて本発明を更に具体的に説明するが、本発明はその趣旨を逸脱しない限り実施例に限定されるものではない。なお、実施例において、原料転化率、収率、選択率は以下の式に従って算出した。

原料転化率 (%) = (反応したアクロレインのモル数) / (供給したアクロレインのモル数) × 100

収率 (%) = (生成したアクリル酸のモル数) / (供給したアクロレインのモル数) × 100

選択率 (%) = (生成したアクリル酸のモル数) / (反応したアクロレインのモル数) × 100

【0050】

本実施例に示す予備焼成粉体のメジアン径はマイクロトラック・ベル社製 CAMSIZER X2 を用いて空気に分散させた粉体の円相当径 X_{area} を測定したときの体積基準での中央値である。円相当径 X_{area} は測定された粒子面積を A としたとき下記式 (IV) より算出できる。

$$X_{area} = (4A / \pi)^{(1/2)} \dots (IV)$$

【0051】

[実施例 1]

<触媒 1 の製造>

パラタングステン酸アンモニウム 148 質量部を 95℃ に加温した純水 5241 質量部に完全溶解させた。この溶液を攪拌しながら、次に、メタバナジン酸アンモニウム 166 質量部、モリブデン酸アンモニウム 1000 質量部、酢酸アンチモン 70.5 質量部を徐々に加え、十分に攪拌した。次に、80℃ に加温した純水 427 質量部に硫酸銅 143 質量部を加え完全溶解させた溶液を上記溶液に加え、攪拌混合した。この調合液 (A) をスプレードライ法にて乾燥し、得られた乾燥粉体 (B) を 350℃、4 時間の条件で予備焼成し、予備焼成体 (C) を得た。得られた予備焼成体 (C) を振動ミルで粉碎し、予備焼成粉体 (E) を得た。得られた予備焼成粉体 (E) のメジアン径は 22.7 μm であった。予備焼成粉体 (E) に対して 5 質量% の結晶性セルロース及び、5 質量% のセントラル硝子社製ミルドファイバー EFH150-31 を添加し、十分混合した後、転動造粒法にてバインダーとして 20 質量% グリセリン溶液を用い、シリカとアルミナの混合物から成る不活性の球状担体に、担持率が 33 質量% となるように球状に担持成型した。バインダーの添加には送液ポンプを用いた。図 1 は実施例 1 におけるバインダーの添加方法を示す模式図であり、転動造粒機 10 を上から見た図を示している。転動造粒機 10 には球状担体がチャージされ、底盤 11 が図 1 における矢印 CW で表されるように時計回りに回転することで担体が攪拌される。図 1 に示すように、球状担体がチャージされた転動造粒機 10 の底盤 11 上の位置 A に予備焼成粉体 (E) を含む顆粒を投入した。また、図 1 に示すように、転動造粒機 10 の底盤 11 の回転方向に顆粒の落下地点 A から 240 度進んだ位置にバインダーの添加箇所 B を設け、転動造粒機 10 の底盤 11 が回転したときに生じるドーナツ状の触媒の帯 20 の動径方向にバインダーの添加口を 6 箇所分割させそれぞれから均一な流量で滴下した。また、その時の遠心加速度は 4.2 G であった。

次に 375℃、4 時間の条件で本焼成を行って、本発明の球状の触媒 1 を得た。

なお触媒 1 の組成は、 $Mo_{1.2}V_{3.0}W_{1.2}Cu_{1.2}Sb_{0.50}$ である。

【0052】

[実施例 2]

<触媒 2 の製造>

パラタングステン酸アンモニウム 148 質量部を 95℃ に加温した純水 5241 質量部

に完全溶解させた。この溶液を攪拌しながら、次に、メタバナジン酸アンモニウム 166 質量部、モリブデン酸アンモニウム 1000 質量部、酢酸アンチモン 70.5 質量部を徐々に加え、十分に攪拌した。次に、80℃に加温した純水 427 質量部に硫酸銅 143 質量部を加え完全溶解させた溶液を上記溶液に加え、攪拌混合した。この調合液 (A) をスプレードライ法にて乾燥し、得られた乾燥粉体 (B) を 350℃、4 時間の条件で予備焼成し、予備焼成体 (C) を得た。得られた予備焼成体 (C) をボールミルで粉砕し、予備焼成粉体 (E) を得た。得られた予備焼成粉体 (E) のメジアン径は 26.1 μm であった。予備焼成粉体 (E) に対して 5 質量%の結晶性セルロース及び、5 質量%のセントラル硝子社製ミルドファイバー EFH150-31 を添加し、十分混合した後、転動造粒法にてバインダーとして 20 質量%グリセリン溶液を用い、シリカとアルミナの混合物から成る不活性の球状担体に、担持率が 33 質量%となるように球状に担持成型した。バインダーの添加には単一流路の送液ポンプを用い、転動造粒機 10 の底盤 11 の回転方向に顆粒の落下地点 A から 180 度進んだ位置にバインダーの単一の添加口を設け、転動造粒機 10 の底盤 11 が回転したときに生じるドーナツ状の触媒の帯 20 の動径方向の中央に滴下した。また、その時の遠心加速度は 26 G であった。図 2 は実施例 2 におけるバインダーの添加方法を示す模式図であり、バインダーの添加位置 B が異なること以外は図 1 と同様である。

10

次に 390℃、4 時間の条件で本焼成を行って、本発明の球状の触媒 2 を得た。

なお触媒 2 の組成は、 $\text{Mo}_{1.2}\text{V}_{3.0}\text{W}_{1.2}\text{Cu}_{1.2}\text{Sb}_{0.50}$ である。

【0053】

20

[実施例 3]

<触媒 3 の製造>

パラタングステン酸アンモニウム 148 質量部を 95℃に加温した純水 5241 質量部に完全溶解させた。この溶液を攪拌しながら、次に、メタバナジン酸アンモニウム 166 質量部、モリブデン酸アンモニウム 1000 質量部を加え溶解を確認した後、酢酸アンチモン 70.5 質量部と 10 重量%のアンモニア水 150 質量部を混合した懸濁液を徐々に加え、十分に攪拌した。次に、80℃に加温した純水 427 質量部に硫酸銅 143 質量部を加え完全溶解させた溶液を上記溶液に加え、攪拌混合した。この調合液 (A) をスプレードライ法にて乾燥し、得られた乾燥粉体 (B) を 350℃、4 時間の条件で予備焼成し、予備焼成体 (C) を得た。得られた予備焼成体 (C) をボールミルで粉砕し、予備焼成粉体 (E) を得た。得られた予備焼成粉体 (E) のメジアン径は 26.8 μm であった。予備焼成粉体 (E) に対して 5 質量%の結晶性セルロース及び、5 質量%のセントラル硝子社製ミルドファイバー EFH150-31 を添加し、十分混合した後、転動造粒法にてバインダーとして 20 質量%グリセリン溶液を用い、シリカとアルミナの混合物から成る不活性の球状担体に、担持率が 33 質量%となるように球状に担持成型した。バインダーの添加には単一流路の送液ポンプを用い、転動造粒機 10 の底盤 11 の回転方向に顆粒の落下地点 A から 180 度進んだ位置にバインダーの単一の添加口を設け、転動造粒機 10 の底盤 11 が回転したときに生じるドーナツ状の触媒の帯 20 の動径方向の中央に滴下した。すなわち、本例におけるバインダーの添加位置は図 2 に示す実施例 2 の場合と同様であった。また、その時の遠心加速度は 26 G であった。

30

次に 390℃、4 時間の条件で本焼成を行って、本発明の球状の触媒 3 を得た。

なお触媒 3 の組成は、 $\text{Mo}_{1.2}\text{V}_{3.0}\text{W}_{1.2}\text{Cu}_{1.2}\text{Sb}_{0.50}$ である。

【0054】

40

[実施例 4]

<触媒 4 の製造>

パラタングステン酸アンモニウム 148 質量部を 95℃に加温した純水 5241 質量部に完全溶解させた。この溶液を攪拌しながら、次に、メタバナジン酸アンモニウム 166 質量部、モリブデン酸アンモニウム 1000 質量部を加え溶解を確認した後、酢酸アンチモン 70.5 質量部を徐々に加え、十分に攪拌した。次に、80℃に加温した純水 427 質量部に硫酸銅 143 質量部を加え完全溶解させた溶液を上記溶液に加え、攪拌混合した

50

。この調合液（Ａ）をスプレードライ法にて乾燥し、得られた乾燥粉体（Ｂ）を３５０℃、４時間の条件で予備焼成し、予備焼成体（Ｃ）を得た。得られた予備焼成体（Ｃ）をボールミルで粉碎し、予備焼成粉体（Ｅ）を得た。得られた予備焼成粉体（Ｅ）のメジアン径は３７．５μｍであった。予備焼成粉体（Ｅ）に対して５質量％の結晶性セルロース及び、５質量％のセントラル硝子社製ミルドファイバーＥＦＨ１５０－３１を添加し、十分混合した後、転動造粒法にてバインダーとして２０質量％グリセリン溶液を用い、シリカとアルミナの混合物から成る不活性の球状担体に、担持率が３３質量％となるように球状に担持成型した。バインダーの添加には流路が２つある送液ポンプを用い、転動造粒機１０の底盤１１の回転方向に顆粒の落下地点Ａから１８０度と２７０度進んだ位置にそれぞれバインダーの単一の添加口を設け、底盤１１が回転したときに生じるドーナツ状の触媒の帯２０の動径方向の中央にそれぞれ滴下した。また、その時の遠心加速度は１０Ｇであった。図３は実施例４におけるバインダーの添加方法を示す模式図であり、バインダーの添加位置Ｂが異なること以外は図１と同様である。

10

次に３９０℃、４時間の条件で本焼成を行って、本発明の球状の触媒４を得た。

なお触媒４の組成は、 $\text{Mo}_{0.12}\text{V}_{3.0}\text{W}_{1.2}\text{Cu}_{1.2}\text{Sb}_{0.50}$ である。

【００５５】

[実施例５]

<触媒５の製造>

パラタングステン酸アンモニウム１４８質量部を９５℃に加温した純水５２４１質量部に完全溶解させた。この溶液を攪拌しながら、次に、メタバナジン酸アンモニウム１６６質量部、モリブデン酸アンモニウム１０００質量部を加え溶解を確認した後、酢酸アンチモン７０．５質量部を徐々に加え、十分に攪拌した。次に、８０℃に加温した純水４２７質量部に硫酸銅１４３質量部を加え完全溶解させた溶液を上記溶液に加え、攪拌混合した。この調合液（Ａ）をスプレードライ法にて乾燥し、得られた乾燥粉体（Ｂ）を３５０℃、４時間の条件で予備焼成し、予備焼成体（Ｃ）を得た。得られた予備焼成体（Ｃ）をボールミルで粉碎し、予備焼成粉体（Ｅ）を得た。得られた予備焼成粉体（Ｅ）のメジアン径は３７．５μｍであった。予備焼成粉体（Ｅ）に対して５質量％の結晶性セルロース及び、５質量％のセントラル硝子社製ミルドファイバーＥＦＨ１５０－３１を添加し、十分混合した後、転動造粒法にてバインダーとして２０質量％グリセリン溶液を用い、シリカとアルミナの混合物から成る不活性の球状担体に、担持率が３３質量％となるように球状に担持成型した。バインダーの添加には単一流路の送液ポンプを用い、転動造粒機１０の底盤１１の回転方向に顆粒の落下地点Ａから１８０度進んだ位置にバインダーの単一の添加口を設け、転動造粒機１０の底盤１１が回転したときに生じるドーナツ状の触媒の帯２０の動径方向の中央に滴下した。すなわち、本例におけるバインダーの添加位置は図２に示す実施例２の場合と同様であった。また、その時の遠心加速度は２６Ｇであった。

20

30

次に３９０℃、４時間の条件で本焼成を行って、本発明の球状の触媒５を得た。

なお触媒５の組成は、 $\text{Mo}_{0.12}\text{V}_{3.0}\text{W}_{1.2}\text{Cu}_{1.2}\text{Sb}_{0.50}$ である。

【００５６】

[実施例６]

<触媒６の製造>

パラタングステン酸アンモニウム１４８質量部を９５℃に加温した純水５２４１質量部に完全溶解させた。この溶液を攪拌しながら、次に、メタバナジン酸アンモニウム１６６質量部、モリブデン酸アンモニウム１０００質量部を加え溶解を確認した後、酢酸アンチモン７０．５質量部を徐々に加え、十分に攪拌した。次に、８０℃に加温した純水４２７質量部に硫酸銅１４３質量部を加え完全溶解させた溶液を上記溶液に加え、攪拌混合した。この調合液（Ａ）をスプレードライ法にて乾燥し、得られた乾燥粉体（Ｂ）を３５０℃、４時間の条件で予備焼成し、予備焼成体（Ｃ）を得た。得られた予備焼成体（Ｃ）をボールミルで粉碎し、予備焼成粉体（Ｅ）を得た。得られた予備焼成粉体（Ｅ）のメジアン径は３６．０μｍであった。予備焼成粉体（Ｅ）に対して５質量％の結晶性セルロースを添加し、十分混合した後、転動造粒法にてバインダーとして２０質量％グリセリン溶液を

40

50

用い、シリカとアルミナの混合物から成る不活性の球状担体に、担持率が33質量%となるように球状に担持成型した。バインダーの添加には送液ポンプを用い、転動造粒機10の底盤11の回転方向に顆粒の落下地点Aから270度進んだ位置にバインダーの添加口の中心位置を設定し、転動造粒機10の底盤11が回転したときに生じるドーナツ状の触媒の帯20の動径方向に対して垂直な向きにバインダーの添加口を6箇所に分割させそれぞれから均一な流量を滴下した。また、その時の遠心加速度は5.5Gであった。図4は実施例6におけるバインダーの添加方法を示す模式図であり、バインダーの添加位置Bが異なること以外は図1と同様である。

次に390℃、4時間の条件で本焼成を行って、本発明の球状の触媒6を得た。

なお触媒6の組成は、 $\text{Mo}_{1.2}\text{V}_{3.0}\text{W}_{1.2}\text{Cu}_{1.2}\text{Sb}_{0.50}$ である。

【0057】

[比較例1]

<触媒7の製造>

パラタングステン酸アンモニウム148質量部を95℃に加温した純水5241質量部に完全溶解させた。この溶液を攪拌しながら、次に、メタバナジン酸アンモニウム166質量部、モリブデン酸アンモニウム1000質量部を加え溶解を確認した後、酢酸アンチモン70.5質量部を徐々に加え、十分に攪拌した。次に、80℃に加温した純水427質量部に硫酸銅143質量部を加え完全溶解させた溶液を上記溶液に加え、攪拌混合した。この調合液(A)をスプレードライ法にて乾燥し、得られた乾燥粉体(B)を350℃、4時間の条件で予備焼成し、予備焼成体(C)を得た。得られた予備焼成体(C)をボールミルで粉碎し、予備焼成粉体(E)を得た。得られた予備焼成粉体(E)のメジアン径は29.8μmであった。予備焼成粉体(E)に対して5質量%の結晶性セルロース及び、5質量%のセントラル硝子社製ミルドファイバーEFH150-31を添加し、十分混合した後、転動造粒法にてバインダーとして20質量%グリセリン溶液を用い、シリカとアルミナの混合物から成る不活性の球状担体に、担持率が33質量%となるように球状に担持成型した。バインダーの添加には単一流路の送液ポンプを用い、転動造粒機10の底盤11の回転方向に顆粒の落下地点Aから180度進んだ位置にバインダーの単一の添加口を設け、転動造粒機10の底盤11が回転したときに生じるドーナツ状の触媒の帯20に対して回転の中心側(動径方向において触媒の帯20の内周縁)の位置に滴下した。また、その時の遠心加速度は26Gであった。図5は比較例1におけるバインダーの添加方法を示す模式図であり、バインダーの添加位置Bが異なること以外は図1と同様である。

次に390℃、4時間の条件で本焼成を行って、球状の触媒7を得た。

なお触媒7の組成は、 $\text{Mo}_{1.2}\text{V}_{3.0}\text{W}_{1.2}\text{Cu}_{1.2}\text{Sb}_{0.50}$ である。

【0058】

[比較例2]

<触媒8の製造>

パラタングステン酸アンモニウム148質量部を95℃に加温した純水5241質量部に完全溶解させた。この溶液を攪拌しながら、次に、メタバナジン酸アンモニウム166質量部、モリブデン酸アンモニウム1000質量部を加え溶解を確認した後、酢酸アンチモン70.5質量部を徐々に加え、十分に攪拌した。次に、80℃に加温した純水427質量部に硫酸銅143質量部を加え完全溶解させた溶液を上記溶液に加え、攪拌混合した。この調合液(A)をスプレードライ法にて乾燥し、得られた乾燥粉体(B)を350℃、4時間の条件で予備焼成し、予備焼成体(C)を得た。得られた予備焼成体(C)をボールミルで粉碎し、予備焼成粉体(E)を得た。得られた予備焼成粉体(E)のメジアン径は28.2μmであった。予備焼成粉体(E)に対して5質量%の結晶性セルロース及び、5質量%のセントラル硝子社製ミルドファイバーEFH150-31を添加し、十分混合した後、転動造粒法にてバインダーとして20質量%グリセリン溶液を用い、シリカとアルミナの混合物から成る不活性の球状担体に、担持率が25質量%となるように球状に担持成型した。バインダーの添加には単一流路の送液ポンプを用い、転動造粒機10の底盤11の回転方向に顆粒の落下地点Aから180度進んだ位置にバインダーの単一の添

加口を設け、転動造粒機 10 の底盤 11 が回転したときに生じるドーナツ状の触媒の帯 20 に対して転動造粒機 10 の壁側（動径方向において触媒の帯 20 の外周縁）に滴下した。また、その時の遠心加速度は 26 G であった。図 6 は比較例 2 におけるバインダーの添加方法を示す模式図であり、バインダーの添加位置 B が異なること以外は図 1 と同様である。

次に 390℃、4 時間の条件で本焼成を行って、球状の触媒 8 を得た。

なお触媒 8 の組成は、 $\text{Mo}_{1.2}\text{V}_{3.0}\text{W}_{1.2}\text{Cu}_{1.2}\text{Sb}_{0.50}$ である。

【0059】

[比較例 3]

<触媒 9 の製造>

パラタングステン酸アンモニウム 148 質量部を 95℃ に加温した純水 5241 質量部に完全溶解させた。この溶液を攪拌しながら、次に、メタバナジン酸アンモニウム 166 質量部、モリブデン酸アンモニウム 1000 質量部を加え溶解を確認した後、酢酸アンチモン 70.5 質量部を徐々に加え、十分に攪拌した。次に、80℃ に加温した純水 410 質量部に硝酸銅 137 質量部を加え完全溶解させた溶液を上記溶液に加え、攪拌混合した。この調合液（A）をスプレードライ法にて乾燥し、得られた乾燥粉体（B）を 350℃、4 時間の条件で予備焼成し、予備焼成体（C）を得た。得られた予備焼成体（C）をボールミルで粉碎し、予備焼成粉体（E）を得た。得られた予備焼成粉体（E）のメジアン径は 17.0 μm であった。予備焼成粉体（E）に対して 5 質量% の結晶性セルロース及び、5 質量% のセントラル硝子社製ミルドファイバー EFH150-31 を添加し、十分混合した後、転動造粒法にてバインダーとして 20 質量% グリセリン溶液を用い、シリカとアルミナの混合物から成る不活性の球状担体に、担持率が 33 質量% となるように球状に担持成型した。バインダーの添加には単一流路の送液ポンプを用い、転動造粒機 10 の底盤 11 の回転方向に顆粒の落下地点 A から 180 度進んだ位置にバインダーの単一の添加口を設け、転動造粒機 10 の底盤 11 が回転したときに生じるドーナツ状の触媒の帯 20 の動径方向の中央に滴下した。すなわち、本例におけるバインダーの添加位置は図 2 に示す実施例 2 の場合と同様であった。また、その時の遠心加速度は 26 G であった。

次に 390℃、4 時間の条件で本焼成を行って、球状の触媒 9 を得た。

なお触媒 9 の組成は、 $\text{Mo}_{1.2}\text{V}_{3.0}\text{W}_{1.2}\text{Cu}_{1.2}\text{Sb}_{0.50}$ である。

【0060】

得られた触媒 1～9 をもちいてそれぞれ酸化反応を行った。触媒 67.6 mL を内径 28.4 mm の反応管に充填し、モリブデンービスマス系触媒を用いてプロピレンを気相接触酸化して得られた下記組成のガスを導入し、SV（空間速度；単位時間当たりの原料ガスの流量／充填した触媒の見かけ容量）を 1020 / hr、反応浴温度 260℃ で反応を行った。

アクロレイン	5.9 vol %
未反応プロピレン＋その他有機化合物	1.7 vol %
酸素	4.7 vol %
スチーム	17.2 vol %
窒素含有不活性ガス	70.5 vol %

【0061】

酸化反応によって得られた反応結果と、マイクロトラック・ベル社製 CAMSIZER X2 を用いて動的画像解析を行って得られた各触媒の粒子形状パラメータを表 1 に示す。

10

20

30

40

50

【表 1】

触媒名	原料転化率 (%)	選択率 (%)	S P H T 3	S y m m 3	b / I 3
触媒 1	99.4	96.7	0.9758	0.9749	0.9271
触媒 2	99.0	97.1	0.9757	0.9757	0.9379
触媒 3	98.8	96.9	0.9800	0.9792	0.9454
触媒 4	98.8	97.2	0.9807	0.9783	0.9408
触媒 5	98.5	97.2	0.9807	0.9799	0.9388
触媒 6	98.1	97.4	0.9316	0.9713	0.9361
触媒 7	96.6	97.1	0.9821	0.9862	0.9543
触媒 8	95.1	97.9	0.9826	0.9854	0.9571
触媒 9	78.9	98.0	0.9857	0.9894	0.9631

【0062】

【実施例 7】（触媒 10 の調製）

ヘプタモリブデン酸アンモニウム 100 質量部を 60℃ に加温した純水 380 質量部に完全溶解させた（母液 1）。次に、硝酸セシウム 0.37 質量部を純水 3.3 質量部に溶解させて、母液 1 に加えた。次に、硝酸第二鉄 37 質量部、硝酸コバルト 90 質量部及び硝酸ニッケル 33 質量部を 80℃ に加温した純水 85 質量部に溶解させ、母液 1 に加えた。続いて硝酸ビスマス 21 質量部を 80℃ に加温した純水 23 質量部に硝酸（60 質量%）5.4 質量部を加えて調製した硝酸水溶液に溶解させ母液 1 に加えた。この母液 1 をスプレードライ法にて乾燥し、得られた乾燥粉体を 440℃、4 時間の条件で予備焼成した。こうして得られた予備焼成粉体のメジアン径は 36.3 μm であり、粉碎せず次の工程に進んだ。予備焼成粉体に対して 5 質量% 分の結晶性セルロースを添加し、十分混合した後、転動造粒法にてバインダーとして 33 質量% グリセリン溶液を用いて、シリカとアルミナの混合物からなる不活性の担体に担持率が 50 質量% となるように球状に担持した。バインダーの添加には霧吹きを用い、転動造粒機 10 の底盤 11 の回転方向に顆粒の落下地点 A から 90 度進んだ位置を通る触媒に万遍なくバインダーがかかるよう噴霧した。また、その時の遠心加速度は 26 G であった。図 7 は実施例 7 におけるバインダーの添加方法を示す模式図であり、バインダーの添加位置 B が異なること以外は図 1 と同様である。

次に 520℃、4 時間の条件で本焼成を行い、触媒 10 を得た。なお触媒 10 の組成は、Mo : Bi : Fe : Co : Ni : Cs = 12 : 0.93 : 2.0 : 6.5 : 2.4 : 0.040 であった。

【0063】

得られた触媒 10 をもちいて酸化反応を行った。触媒 50.7 ml を内径 28.4 mm の反応管に充填し、下記組成のガスを SV（空間速度；単位時間当たりの原料ガスの流量／充填した触媒の見かけ容量）1190 / hr となるよう流通させ、反応浴温度 315℃ で反応を行った。

プロピレン	8.0 vol %
酸素	13.6 vol %
スチーム	8.0 vol %
窒素含有不活性ガス	70.4 vol %

【0064】

酸化反応によって得られた反応結果と、マイクロトラック・ベル社製 CAMSIZER X2 を用いて動的画像解析を行って得られた各触媒の粒子形状パラメータを表 2 に示す。なお反応結果は下記式より算出された値である。

プロピレン転化率 (%) = (反応したプロピレンのモル数) / (供給したプロピレンのモル数) × 100

有効収率 (%) = (生成したアクロレインおよびアクリル酸の合算モル数) / (供給したプロピレンのモル数) × 100

10

20

30

40

50

【表 2】

触媒名	プロピレン 転化率 (%)	有効収率 (%)	S P H T 3	S y m m 3	b / I 3
触媒 1 0	6 5 . 3	6 2 . 7	0 . 9 7 5 5	0 . 9 8 2 1	0 . 9 5 0 7

【 0 0 6 5 】

本出願は、2022年12月20日出願の日本特許出願2022-202842に基づくものであり、その内容はここに参照として取り込まれる。

【産業上の利用可能性】

【 0 0 6 6 】

本発明によれば、特にアクロレインを原料とし気相接触酸化反応させてアクリル酸を製造する際に、触媒活性を高く維持できるものである。従って、アクリル酸製造用のプラントを長期間、安定的に稼働することができ、非常に有用である。

10

20

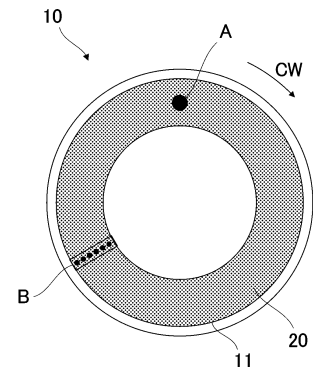
30

40

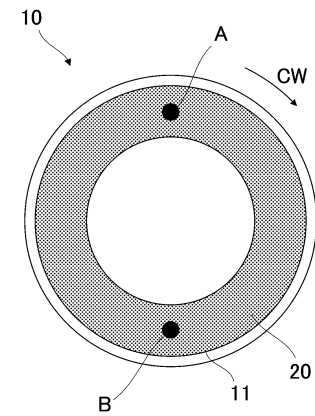
50

【図面】

【図 1】

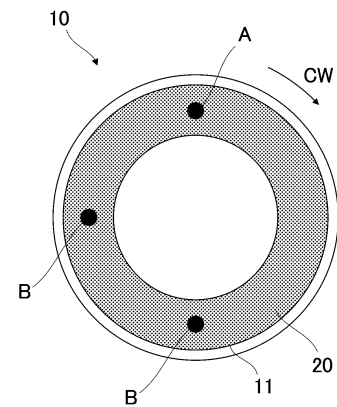


【図 2】

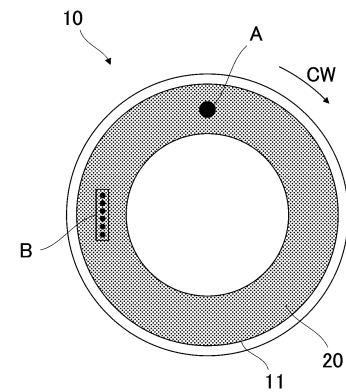


10

【図 3】

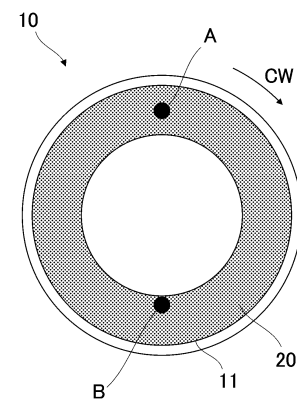


【図 4】

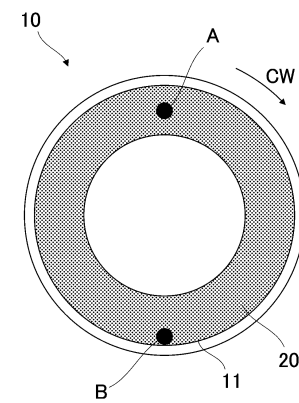


20

【図 5】

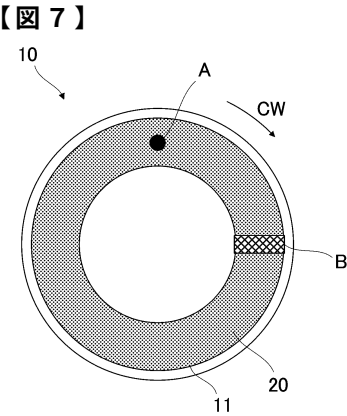


【図 6】



30

40



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類

F I

C 0 7 C	51/21	(2006.01)	C 0 7 C	47/22	C
C 0 7 C	57/05	(2006.01)	C 0 7 C	51/21	
C 0 7 B	61/00	(2006.01)	C 0 7 C	57/05	
			C 0 7 B	61/00	3 0 0

(56)参考文献

特開 2 0 2 0 - 1 5 1 6 1 2 (J P , A)

特開 2 0 2 2 - 0 8 2 8 3 6 (J P , A)

特開 2 0 2 2 - 1 3 7 1 7 4 (J P , A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

B 0 1 J 2 1 / 0 0 - 3 8 / 7 4

C 0 7 B 3 1 / 0 0 - 6 1 / 0 0

C 0 7 C 1 / 0 0 - 4 0 9 / 4 4

J S T P l u s / J M E D P l u s / J S T 7 5 8 0 (J D r e a m I I I)

C A p l u s / R E G I S T R Y / M E D L I N E / E M B A S E / B I O S I S (S T N)

J a p i o - G P G / F X