

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6787188号  
(P6787188)

(45) 発行日 令和2年11月18日 (2020. 11. 18)

(24) 登録日 令和2年11月2日 (2020. 11. 2)

(51) Int. Cl.

F I

C O 7 F 19/00 (2006. 01)

C O 7 F 19/00 C S P

C O 8 F 4/6592 (2006. 01)

C O 8 F 4/6592

C O 8 F 10/00 (2006. 01)

C O 8 F 10/00 5 1 O

C O 7 F 17/00 (2006. 01)

C O 7 F 17/00

C O 7 F 7/00 (2006. 01)

C O 7 F 7/00 A

請求項の数 15 (全 53 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2017-41011 (P2017-41011)  
 (22) 出願日 平成29年3月3日 (2017. 3. 3)  
 (65) 公開番号 特開2017-160196 (P2017-160196A)  
 (43) 公開日 平成29年9月14日 (2017. 9. 14)  
 審査請求日 令和1年10月18日 (2019. 10. 18)  
 (31) 優先権主張番号 特願2016-42853 (P2016-42853)  
 (32) 優先日 平成28年3月4日 (2016. 3. 4)  
 (33) 優先権主張国・地域又は機関  
 日本国 (JP)

(73) 特許権者 303060664  
 日本ポリエチレン株式会社  
 東京都千代田区丸の内一丁目1番1号  
 (74) 代理人 110002000  
 特許業務法人栄光特許事務所  
 (72) 発明者 櫻木 努  
 三重県四日市市東邦町1番地 日本ポリケ  
 ム株式会社内  
 (72) 発明者 石濱 由之  
 三重県四日市市東邦町1番地 日本ポリケ  
 ム株式会社内

審査官 水島 英一郎

最終頁に続く

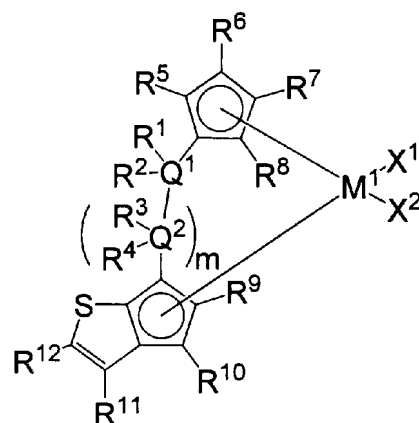
(54) 【発明の名称】 メタロセン化合物、それを含むオレフィン重合用触媒成分およびオレフィン重合用触媒、並びに  
 そのオレフィン重合用触媒を用いたオレフィン重合体の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

下記一般式 ( 1 ) で示されるメタロセン化合物。

【化 1】

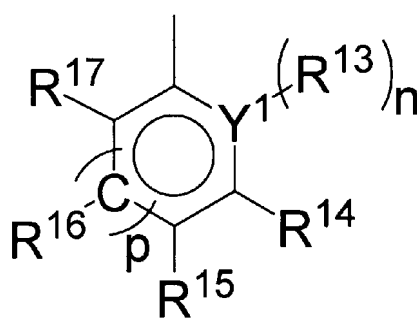


( 1 )

【式 ( 1 ) 中、M<sup>1</sup> は、T i、Z r または H f のいずれかの遷移金属を示す。X<sup>1</sup> および

$X^2$  は、それぞれ独立して、水素原子、ハロゲン、炭素数 1 ~ 20 の炭化水素基、酸素若しくは窒素を含む炭素数 1 ~ 20 の炭化水素基、炭素数 1 ~ 20 の炭化水素基置換アミノ基または炭素数 1 ~ 20 のアルコキシ基を示す。 $Q^1$  および  $Q^2$  は、それぞれ独立して、炭素原子、ケイ素原子またはゲルマニウム原子を示す。 $R^1$ 、 $R^2$ 、 $R^3$ 、および  $R^4$  は、それぞれ独立して、水素原子または炭素数 1 ~ 10 の炭化水素基を示し、結合している  $Q^1$  および  $Q^2$  の少なくとも 1 つと一緒に環を形成していてもよい。 $m$  は、0 または 1 であり、 $m$  が 0 の場合、 $Q^1$  は、 $R^9$  および  $R^{10}$  を含む共役 5 員環と直接結合している。 $R^5$ 、 $R^6$ 、 $R^7$ 、 $R^8$ 、 $R^{10}$  および  $R^{12}$  は、それぞれ独立して、水素原子、ハロゲン、炭素数 1 ~ 20 の炭化水素基、ケイ素数 1 ~ 6 を含む炭素数 1 ~ 18 のケイ素含有炭化水素基、炭素数 1 ~ 20 のハロゲン含有炭化水素基、酸素を含む炭素数 1 ~ 20 の炭化水素基または炭素数 1 ~ 20 の炭化水素基置換シリル基を示す。 $R^9$  は、水素原子を示す。 $R^{11}$  は、次の一般式 (1-a) で示される置換もしくは無置換のアリール基を示す。

【化 2】



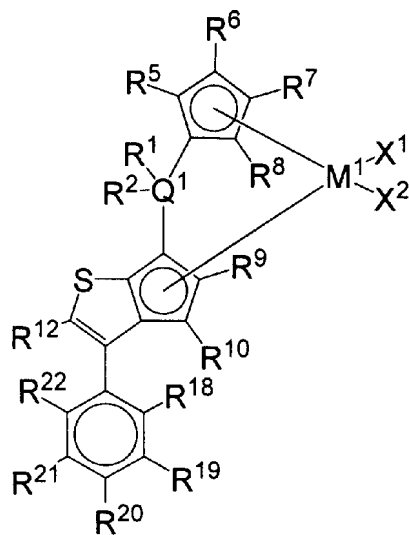
(1-a)

式 (1-a) 中、 $Y^1$  は、周期表 14 族、15 族または 16 族の原子を示す。 $R^{13}$ 、 $R^{14}$ 、 $R^{15}$ 、 $R^{16}$  および  $R^{17}$  は、それぞれ独立して、水素原子、ハロゲン原子、炭素数 1 ~ 20 の炭化水素基、酸素若しくは窒素を含む炭素数 1 ~ 20 の炭化水素基、炭素数 1 ~ 20 の炭化水素基置換アミノ基、炭素数 1 ~ 20 のアルコキシ基、ケイ素数 1 ~ 6 を含む炭素数 1 ~ 18 のケイ素含有炭化水素基、炭素数 1 ~ 20 のハロゲン含有炭化水素基、または炭素数 1 ~ 20 の炭化水素基置換シリル基を示し、 $R^{13}$ 、 $R^{14}$ 、 $R^{15}$ 、 $R^{16}$  および  $R^{17}$  は隣接する置換基同士でそれらに結合している原子と一緒に環を形成していてもよい。 $n$  は、0 または 1 であり、 $n$  が 0 の場合、 $Y^1$  に置換基  $R^{13}$  が存在しない。 $p$  は、0 または 1 であり、 $p$  が 0 の場合、 $R^{16}$  と  $R^{16}$  が結合する炭素原子とは存在せず、 $R^{15}$  が結合する炭素原子と  $R^{17}$  が結合する炭素原子とは直接結合している。

【請求項 2】

下記一般式 (2) で示されるメタロセン化合物。

## 【化 3】



(2)

〔式(2)中、 $M^1$ は、Ti、ZrまたはHfのいずれかの遷移金属を示す。 $X^1$ および $X^2$ は、それぞれ独立して、水素原子、ハロゲン、炭素数1~20の炭化水素基、酸素若しくは窒素を含む炭素数1~20の炭化水素基、炭素数1~20の炭化水素基置換アミノ基または炭素数1~20のアルコキシ基を示す。 $Q^1$ は、炭素原子、ケイ素原子またはゲルマニウム原子を示す。 $R^1$ および $R^2$ は、それぞれ独立して、水素原子または炭素数1~10の炭化水素基を示し、結合している $Q^1$ と一緒に環を形成していてもよい。 $R^5$ 、 $R^6$ 、 $R^7$ 、 $R^8$ 、 $R^{10}$ および $R^{12}$ は、それぞれ独立して、水素原子、ハロゲン、炭素数1~20の炭化水素基、ケイ素数1~6を含む炭素数1~18のケイ素含有炭化水素基、炭素数1~20のハロゲン含有炭化水素基、酸素を含む炭素数1~20の炭化水素基または炭素数1~20の炭化水素基置換シリル基を示す。 $R^9$ は、水素原子を示す。 $R^{18}$ 、 $R^{19}$ 、 $R^{20}$ 、 $R^{21}$ および $R^{22}$ は、それぞれ独立して、水素原子、ハロゲン原子、炭素数1~20の炭化水素基、酸素若しくは窒素を含む炭素数1~20の炭化水素基、炭素数1~20の炭化水素基置換アミノ基、炭素数1~20のアルコキシ基、ケイ素数1~6を含む炭素数1~18のケイ素含有炭化水素基、炭素数1~20のハロゲン含有炭化水素基、または炭素数1~20の炭化水素基置換シリル基を示し、 $R^{18}$ 、 $R^{19}$ 、 $R^{20}$ 、 $R^{21}$ および $R^{22}$ は隣接する置換基同士でそれらに結合している原子と一緒に環を形成していてもよい。〕

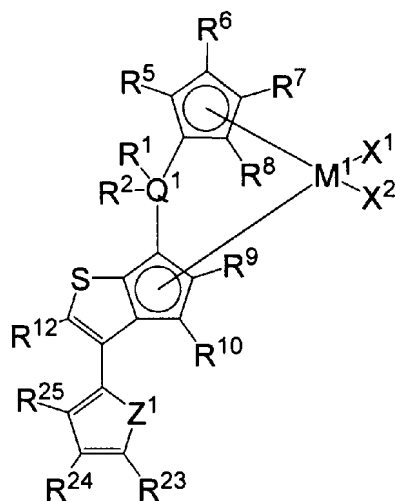
## 【請求項 3】

下記一般式(3)で示されるメタロセン化合物。

10

30

## 【化 4】



(3)

〔式(3)中、 $M^1$ は、Ti、ZrまたはHfのいずれかの遷移金属を示す。 $X^1$ および $X^2$ は、それぞれ独立して、水素原子、ハロゲン、炭素数1~20の炭化水素基、酸素若しくは窒素を含む炭素数1~20の炭化水素基、炭素数1~20の炭化水素基置換アミノ基または炭素数1~20のアルコキシ基を示す。 $Q^1$ は、炭素原子、ケイ素原子またはゲルマニウム原子を示す。 $R^1$ および $R^2$ は、それぞれ独立して、水素原子または炭素数1~10の炭化水素基を示し、結合している $Q^1$ と一緒に環を形成していてもよい。 $R^5$ 、 $R^6$ 、 $R^7$ 、 $R^8$ 、 $R^9$ および $R^{10}$ は、それぞれ独立して、水素原子、ハロゲン、炭素数1~20の炭化水素基、ケイ素数1~6を含む炭素数1~18のケイ素含有炭化水素基、炭素数1~20のハロゲン含有炭化水素基、酸素を含む炭素数1~20の炭化水素基または炭素数1~20の炭化水素基置換シリル基を示す。 $R^{12}$ は、水素原子を示す。 $Z^1$ は、酸素原子または硫黄原子を示す。 $R^{23}$ 、 $R^{24}$ 、 $R^{25}$ は、それぞれ独立して、水素原子、ハロゲン、炭素数1~20の炭化水素基、ケイ素数1~6を含む炭素数1~18のケイ素含有炭化水素基、炭素数1~20のハロゲン含有炭化水素基、酸素を含む炭素数1~20の炭化水素基または炭素数1~20の炭化水素基置換シリル基を示し、 $R^{23}$ 、 $R^{24}$ および $R^{25}$ は隣接する置換基同士でそれらが結合している炭素原子と一緒に環を形成していてもよい。〕

## 【請求項 4】

前記一般式(1)、(2)または(3)中、 $Q^1$ がケイ素原子であることを特徴とする請求項1~3のいずれかに記載のメタロセン化合物。

## 【請求項 5】

前記一般式(1)、(2)または(3)中、 $M^1$ がジルコニウムまたはハフニウムであることを特徴とする請求項1~4のいずれかに記載のメタロセン化合物。

## 【請求項 6】

前記一般式(1)、(2)または(3)中、 $M^1$ がジルコニウムであることを特徴とする請求項1~5のいずれかに記載のメタロセン化合物。

## 【請求項 7】

請求項1~6のいずれかに記載のメタロセン化合物を含むことを特徴とするオレフィン重合用触媒成分。

## 【請求項 8】

請求項1~6のいずれかに記載のメタロセン化合物を含むことを特徴とするオレフィン重合用触媒。

## 【請求項 9】

次の必須成分(A)、(B)および(C)を含むことを特徴とするオレフィン重合用触

10

20

30

40

50

媒。

成分(A)：請求項1～6のいずれかに記載のメタロセン化合物

成分(B)：成分(A)のメタロセン化合物と反応してカチオン性メタロセン化合物を生成させる化合物

成分(C)：微粒子担体

【請求項10】

成分(B)がアルミノキサンであることを特徴とする請求項9に記載のオレフィン重合用触媒。

【請求項11】

成分(C)がシリカであることを特徴とする請求項9または請求項10に記載のオレフィン重合用触媒。

【請求項12】

更に、次の成分(D)を含むことを特徴とする請求項9～11のいずれかに記載のオレフィン重合用触媒。

成分(D)：有機アルミニウム化合物

【請求項13】

請求項8～12のいずれかに記載のオレフィン重合用触媒を用いてオレフィンを重合させることを特徴とするオレフィン系重合体の製造方法。

【請求項14】

オレフィンが少なくともエチレンを含むことを特徴とする請求項13に記載のオレフィン系重合体の製造方法。

【請求項15】

オレフィン系重合体がエチレン系重合体であることを特徴とする請求項14に記載のオレフィン系重合体の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、メタロセン化合物、それを含むオレフィン重合用触媒成分およびオレフィン重合用触媒、並びにそのオレフィン重合用触媒を用いたオレフィン重合体の製造方法に関し、さらに詳しくは、シクロペンタチオフェンの3位にアリール置換基またはヘテロアリール置換基を有し、架橋型(シクロペンタジエン)-(シクロペンタチオフェン)を基本骨格とするメタロセン化合物、それを含むオレフィン重合用触媒成分およびオレフィン重合用触媒、並びにそれらのオレフィン重合用触媒を用いてなるオレフィン重合体(特にエチレン系重合体)の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

一般的に成型加工性に乏しいメタロセン系ポリエチレンの成型加工性を改善する方法として、高圧法低密度ポリエチレンをメタロセン系ポリエチレンにブレンドする方法および特定のメタロセンを用いた重合反応でポリエチレンに長鎖分岐を導入する方法が知られている。前者は、ブレンド工程を要するため製造コストが高くなる。また、得られるブレンド物は、成型加工性に優れるもののメタロセン系ポリエチレンの長所である機械強度が低下してしまう。一方、後者の長鎖分岐を導入する特定のメタロセンとして架橋ビスインデニル化合物(例えば、特許文献1参照。)や幾何拘束ハーフメタロセン(特許文献2参照。)を用いる方法が知られている。

【0003】

また、特許文献3には、シクロペンタジエニル基とインデニル基とを炭素架橋した非対称型メタロセンとメチルアルミノキサンとを用いて、溶液重合でエチレンのホモ重合を行なうと、分岐を持つポリエチレンが製造可能なことが報告されている。

また、特許文献4には、シクロペンタジエニル基とインデニル基とをケイ素架橋した非対称型メタロセンのうちインデニル基の2、4、7位にメチル基を有するメタロセンと変

10

20

30

40

50

性粘土化合物とを用いて、マクロモノマーとして有用なエチレン重合体およびエチレン/ブテン共重合体を製造する触媒系が報告されている。

【0004】

さらに、本発明者等は、特許文献5で、シクロペンタジエニル基とインデニル基とを架橋基で架橋した非対称型メタロセンのうち、シクロペンタジエニル基上に該架橋基以外の置換基が無く、かつインデニル基3位に水素あるいは特定の置換基を有する、特定の非対称型メタロセンを必須成分としたオレフィン重合用担持触媒、さらには、そのオレフィン重合用担持触媒を用いた成型加工性が改善されたエチレン系重合体の製造方法を提案した。

【先行技術文献】

10

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】日本国特開平08-048711号公報

【特許文献2】日本国特表平07-500622号公報

【特許文献3】日本国特開平05-043619号公報

【特許文献4】日本国特開2008-050278号公報

【特許文献5】日本国特開2011-137146号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

20

しかしながら、特許文献1及び2によれば、得られる重合体中の末端二重結合および長鎖分岐の数が少なく、成型加工性の改善効果が未だ十分ではない。

特許文献3によれば、分岐の長さが炭素数1~20と記載されており、長鎖分岐として成型加工性の改善効果を発現するには分岐の長さが短すぎる。

特許文献4によれば、重合体の末端二重結合が少なく、この触媒単独で長鎖分岐が生成するとの記載はない。

また、特許文献5によれば、伸長粘度の歪硬化度が大きなエチレン系重合体を得られるので、従来の長鎖分岐型ポリエチレンに比べて成型加工性の改良が見られるものの、長鎖分岐の分岐指数が未だ高压法低密度ポリエチレンには及ばないため、更なる長鎖分岐構造の改良が求められていた。

30

こうした状況下に、メタロセン系ポリエチレンの成型加工性を改善するため、十分な数と長さとの長鎖分岐を導入したメタロセン系ポリエチレンの製造方法を早期に開発することが求められている。

【0007】

本発明の目的は、上記した従来技術の問題点に鑑み、メタロセン系ポリエチレンの成型加工性を改善するために、十分な数と長さとの長鎖分岐を導入したエチレン系重合体を製造できるメタロセン化合物およびそれを含むオレフィン重合用触媒成分並びにオレフィン重合用触媒、さらには、それらのオレフィン重合用触媒を用いてなるオレフィン重合体（特にエチレン系重合体）の製造方法を提供することにある。

なお、本発明において、ポリエチレンとは、エチレン単独重合体およびエチレンと後述のオレフィンとの共重合体の総称をいい、エチレン系重合体とも言い換えられる。

40

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明者らは、上記課題を達成するために鋭意検討を重ねた結果、シクロペンタチオフェンの3位にアリール置換基またはヘテロアリール置換基を有し、架橋型（シクロペンタジエン）-（シクロペンタチオフェン）を基本骨格とする新規なメタロセン化合物をオレフィン重合用触媒成分として用い、これと反応してカチオン性メタロセン化合物を生成させる化合物、および微粒子担体を組み合わせる触媒組成物を用いると、十分な数と長さの長鎖分岐を有するメタロセン系ポリエチレンを製造することができることを見出し、これらの知見に基づき、本発明を完成するに至った。

50

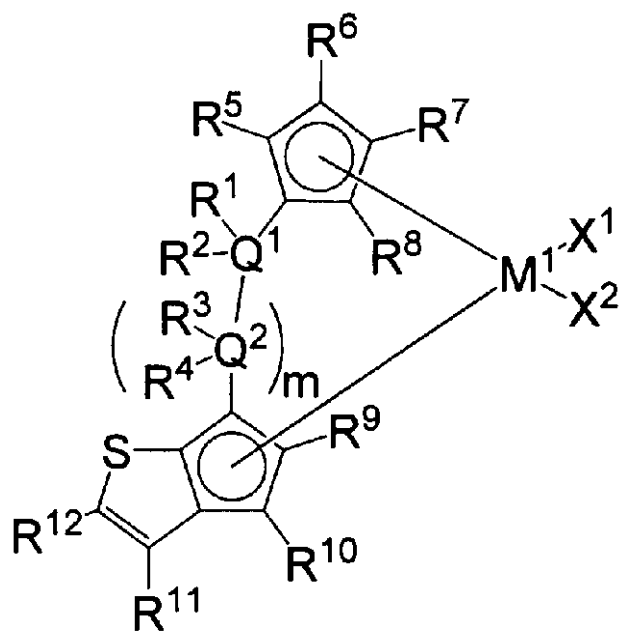
【 0 0 0 9 】

すなわち、本発明は、

[ 1 ] 下記一般式 ( 1 ) で示される化合物

【 0 0 1 0 】

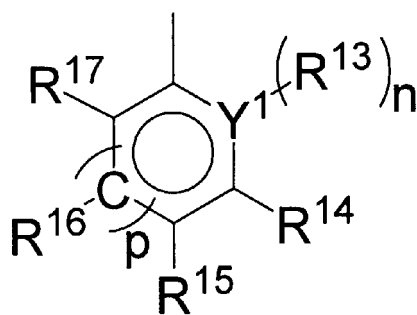
【 化 1 】



[ 式 ( 1 ) 中、 $M^1$  は、Ti、Zr または Hf のいずれかの遷移金属を示す。 $X^1$  および  $X^2$  は、それぞれ独立して、水素原子、ハロゲン、炭素数 1 ~ 20 の炭化水素基、酸素若しくは窒素を含む炭素数 1 ~ 20 の炭化水素基、炭素数 1 ~ 20 の炭化水素基置換アミノ基または炭素数 1 ~ 20 のアルコキシ基を示す。 $Q^1$  および  $Q^2$  は、それぞれ独立して、炭素原子、ケイ素原子またはゲルマニウム原子を示す。 $R^1$ 、 $R^2$ 、 $R^3$ 、および  $R^4$  は、それぞれ独立して、水素原子または炭素数 1 ~ 10 の炭化水素基を示し、結合している  $Q^1$  および  $Q^2$  の少なくとも 1 つと一緒に環を形成していてもよい。 $m$  は、0 または 1 であり、 $m$  が 0 の場合、 $Q^1$  は、 $R^9$  および  $R^{10}$  を含む共役 5 員環と直接結合している。 $R^5$ 、 $R^6$ 、 $R^7$ 、 $R^8$ 、 $R^9$ 、 $R^{10}$  および  $R^{12}$  は、それぞれ独立して、水素原子、ハロゲン、炭素数 1 ~ 20 の炭化水素基、ケイ素数 1 ~ 6 を含む炭素数 1 ~ 18 のケイ素含有炭化水素基、炭素数 1 ~ 20 のハロゲン含有炭化水素基、酸素を含む炭素数 1 ~ 20 の炭化水素基または炭素数 1 ~ 20 の炭化水素基置換シリル基を示す。 $R^{11}$  は、次の一般式 ( 1 - a ) で示される置換もしくは無置換のアリール基を示す。

【 0 0 1 1 】

## 【化 2】



(1-a)

10

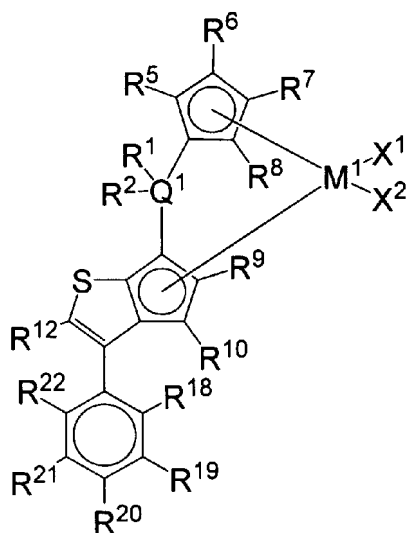
〔式(1-a)中、 $Y^1$ は、周期表14族、15族または16族の原子を示す。 $R^{13}$ 、 $R^{14}$ 、 $R^{15}$ 、 $R^{16}$ および $R^{17}$ は、それぞれ独立して、水素原子、ハロゲン原子、炭素数1~20の炭化水素基、酸素若しくは窒素を含む炭素数1~20の炭化水素基、炭素数1~20の炭化水素基置換アミノ基、炭素数1~20のアルコキシ基、ケイ素数1~6を含む炭素数1~18のケイ素含有炭化水素基、炭素数1~20のハロゲン含有炭化水素基、または炭素数1~20の炭化水素基置換シリル基を示し、 $R^{13}$ 、 $R^{14}$ 、 $R^{15}$ 、 $R^{16}$ および $R^{17}$ は隣接する置換基同士でそれらに結合している原子と一緒に環を形成していてもよい。 $n$ は、0または1であり、 $n$ が0の場合、 $Y^1$ に置換基 $R^{13}$ が存在しない。 $p$ は、0または1であり、 $p$ が0の場合、 $R^{16}$ と $R^{16}$ が結合する炭素原子とは存在せず、 $R^{15}$ が結合する炭素原子と $R^{17}$ が結合する炭素原子は直接結合している。〕

20

〔2〕下記一般式(2)で示されるメタロセン化合物

【0012】

【化 3】



(2)

30

40

〔式(2)中、 $M^1$ は、Ti、ZrまたはHfのいずれかの遷移金属を示す。 $X^1$ および $X^2$ は、それぞれ独立して、水素原子、ハロゲン、炭素数1~20の炭化水素基、酸素若しくは窒素を含む炭素数1~20の炭化水素基、炭素数1~20の炭化水素基置換アミノ基または炭素数1~20のアルコキシ基を示す。 $Q^1$ は、炭素原子、ケイ素原子またはゲルマニウム原子を示す。 $R^1$ および $R^2$ は、それぞれ独立して、水素原子または炭素数1~10の炭化水素基を示し、結合している $Q^1$ と一緒に環を形成していてもよい。 $R^5$ 、

50



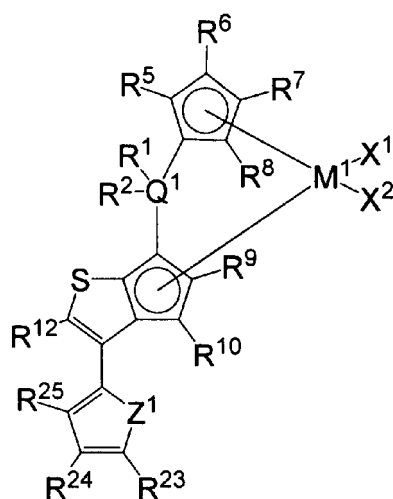
$R^6$ 、 $R^7$ 、 $R^8$ 、 $R^9$ 、 $R^{10}$  および  $R^{12}$  は、それぞれ独立して、水素原子、ハロゲン、炭素数 1 ~ 20 の炭化水素基、ケイ素数 1 ~ 6 を含む炭素数 1 ~ 18 のケイ素含有炭化水素基、炭素数 1 ~ 20 のハロゲン含有炭化水素基、酸素を含む炭素数 1 ~ 20 の炭化水素基または炭素数 1 ~ 20 の炭化水素基置換シリル基を示す。 $R^{18}$ 、 $R^{19}$ 、 $R^{20}$ 、 $R^{21}$  および  $R^{22}$  は、それぞれ独立して、水素原子、ハロゲン原子、炭素数 1 ~ 20 の炭化水素基、酸素若しくは窒素を含む炭素数 1 ~ 20 の炭化水素基、炭素数 1 ~ 20 の炭化水素基置換アミノ基、炭素数 1 ~ 20 のアルコキシ基、ケイ素数 1 ~ 6 を含む炭素数 1 ~ 18 のケイ素含有炭化水素基、炭素数 1 ~ 20 のハロゲン含有炭化水素基、または炭素数 1 ~ 20 の炭化水素基置換シリル基を示し、 $R^{18}$ 、 $R^{19}$ 、 $R^{20}$ 、 $R^{21}$  および  $R^{22}$  は隣接する置換基同士でそれらに結合している原子と一緒に環を形成していてもよい。]

10

[ 3 ] 下記一般式 ( 3 ) で示されるメタロセン化合物

【 0 0 1 3 】

【 化 4 】



20

( 3 )

[ 式 ( 3 ) 中、 $M^1$  は、Ti、Zr または Hf のいずれかの遷移金属を示す。 $X^1$  および  $X^2$  は、それぞれ独立して、水素原子、ハロゲン、炭素数 1 ~ 20 の炭化水素基、酸素若しくは窒素を含む炭素数 1 ~ 20 の炭化水素基、炭素数 1 ~ 20 の炭化水素基置換アミノ基または炭素数 1 ~ 20 のアルコキシ基を示す。 $Q^1$  は、炭素原子、ケイ素原子またはゲルマニウム原子を示す。 $R^1$  および  $R^2$  は、それぞれ独立して、水素原子または炭素数 1 ~ 10 の炭化水素基を示し、結合している  $Q^1$  と一緒に環を形成していてもよい。 $R^5$ 、 $R^6$ 、 $R^7$ 、 $R^8$ 、 $R^9$ 、 $R^{10}$  および  $R^{12}$  は、それぞれ独立して、水素原子、ハロゲン、炭素数 1 ~ 20 の炭化水素基、ケイ素数 1 ~ 6 を含む炭素数 1 ~ 18 のケイ素含有炭化水素基、炭素数 1 ~ 20 のハロゲン含有炭化水素基、酸素を含む炭素数 1 ~ 20 の炭化水素基または炭素数 1 ~ 20 の炭化水素基置換シリル基を示す。 $Z^1$  は、酸素原子または硫黄原子を示す。 $R^{23}$ 、 $R^{24}$ 、 $R^{25}$  は、それぞれ独立して、水素原子、ハロゲン、炭素数 1 ~ 20 の炭化水素基、ケイ素数 1 ~ 6 を含む炭素数 1 ~ 18 のケイ素含有炭化水素基、炭素数 1 ~ 20 のハロゲン含有炭化水素基、酸素を含む炭素数 1 ~ 20 の炭化水素基または炭素数 1 ~ 20 の炭化水素基置換シリル基を示し、 $R^{23}$ 、 $R^{24}$  および  $R^{25}$  は隣接する置換基同士でそれらが結合している炭素原子と一緒に環を形成していてもよい。

30

40

[ 4 ] 前記一般式 ( 1 )、( 2 ) または ( 3 ) 中、 $Q^1$  がケイ素原子であることを特徴とする [ 1 ] ~ [ 3 ] のいずれかに記載のメタロセン化合物。

[ 5 ] 前記一般式 ( 1 )、( 2 ) または ( 3 ) 中、 $R^9$  が水素原子であることを特徴とする [ 1 ] ~ [ 4 ] のいずれかに記載のメタロセン化合物。

[ 6 ] 前記一般式 ( 1 )、( 2 ) または ( 3 ) 中、 $M^1$  がジルコニウムまたはハフニウム

50

であることを特徴とする [ 1 ] ~ [ 5 ] のいずれかに記載のメタロセン化合物。

[ 7 ] 前記一般式 ( 1 )、( 2 ) または ( 3 ) 中、 $M^1$  がジルコニウムであることを特徴とする [ 1 ] ~ [ 6 ] のいずれかに記載のメタロセン化合物。

[ 8 ] [ 1 ] ~ [ 7 ] のいずれかに記載のメタロセン化合物を含むことを特徴とするオレフィン重合用触媒成分。

[ 9 ] [ 1 ] ~ [ 7 ] のいずれかに記載のメタロセン化合物を含むことを特徴とするオレフィン重合用触媒。

[ 10 ] 次の必須成分 ( A )、( B ) および ( C ) を含むことを特徴とするオレフィン重合用触媒。

成分 ( A ) : 請求項 1 ~ 7 のいずれかに記載のメタロセン化合物

10

成分 ( B ) : 成分 ( A ) のメタロセン化合物と反応してカチオン性メタロセン化合物を生成させる化合物

成分 ( C ) : 微粒子担体

[ 11 ] 成分 ( B ) がアルミノキサンであることを特徴とする [ 10 ] に記載のオレフィン重合用触媒。

[ 12 ] 成分 ( C ) がシリカであることを特徴とする [ 10 ] または [ 11 ] に記載のオレフィン重合用触媒。

[ 13 ] 更に、次の成分 ( D ) を含むことを特徴とする [ 10 ] ~ [ 12 ] のいずれかに記載のオレフィン重合用触媒。

成分 ( D ) : 有機アルミニウム化合物

20

[ 14 ] [ 9 ] ~ [ 13 ] のいずれかに記載のオレフィン重合用触媒を用いてオレフィンを重合させることを特徴とするオレフィン系重合体の製造方法。

[ 15 ] オレフィンが少なくともエチレンを含むことを特徴とする [ 14 ] に記載のオレフィン系重合体の製造方法。

[ 16 ] オレフィン系重合体がエチレン系重合体であることを特徴とする [ 15 ] に記載のオレフィン系重合体の製造方法。

を、提供するものである。

【発明の効果】

【 0014 】

本発明のメタロセン化合物は、シクロペンタチオフェンの 3 位にアリール置換基またはヘテロアリール置換基を有し、架橋型 (シクロペンタジエン) - (シクロペンタチオフェン) を基本骨格とする新規なメタロセン化合物であり、十分な数と長さの長鎖分岐を有するメタロセン系ポリエチレンを製造することができる。また、本発明のメタロセン化合物をオレフィン重合用触媒成分として用いることにより、十分な数と長さの長鎖分岐が導入され、成型加工性がより改善されたオレフィン系重合体 (特にエチレン系重合体) を得ることができる。

30

【図面の簡単な説明】

【 0015 】

【図 1】図 1 は、GPC におけるクロマトグラムのベースラインと区間を説明する図である。

40

【図 2】図 2 は、GPC - V I S 測定から算出する分岐指数 ( $g'$ ) と分子量 ( $M$ ) との関係を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【 0016 】

以下、本発明のメタロセン化合物、それを含むオレフィン重合用触媒成分およびオレフィン重合用触媒、並びにそのオレフィン重合用触媒を用いたオレフィン重合体の製造方法について、詳細に説明する。

【 0017 】

1. メタロセン化合物

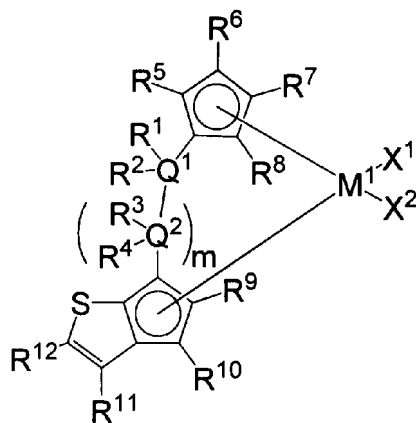
本発明のメタロセン化合物は、下記一般式 ( 1 ) で表されるシクロペンタジニエル環と

50

シクロペンタチオフェン環とを架橋し、さらにシクロペンタチオフェン環の3位 ( $R^{11}$ ) に置換もしくは無置換のアリール基又はヘテロアリール基 (以下、“特定のアリール基” という場合がある) を有することに特徴がある。

【0018】

【化5】



(1)

【0019】

本発明のメタロセン化合物は、シクロペンタジニエル環とシクロペンタチオフェン環とを架橋し、さらにシクロペンタチオフェン環の3位 ( $R^{11}$ ) に特定のアリール基を有することから、本発明のメタロセン化合物をオレフィン重合用触媒成分として用いることにより、水素脱離によるマクロマー (末端ビニルポリマー) の生成と、マクロマーの共重合と、両方を行うことができる。そのため、本発明のメタロセン化合物を含む触媒を用いると、十分な数と長さの長鎖分岐が導入され、成型加工性がより改善されたオレフィン系重合体 (特にエチレン系重合体) を得ることができる。

本発明のメタロセン化合物において、長鎖分岐が生成する上で最も重要な構造は、基本骨格にシクロペンタチオフェン環を用いることと、その3位 ( $R^{11}$ ) に特定のアリール基を有することである。シクロペンタチオフェン環はインデン環と同様に1価のアニオンとして金属に結合することが可能である。しかし、インデン環が、金属と直接的に結合する5員環構造とそれに縮合した6員環構造とから成るのに対し、シクロペンタチオフェン環は金属と直接的に結合する5員環構造に、硫黄原子を含む5員環構造が縮合した構造から成るという構造上の違いがある。そのため、シクロペンタチオフェン環の3位 ( $R^{11}$ ) を置換する特定のアリール基は、インデン環で対応する位置 (4位) を置換した場合と重合反応における立体的な効果に違いが生じると推定される。具体的にはシクロペンタチオフェン環の場合、3位を置換する特定のアリール基がインデン環の場合に比べ、金属から立体的に遠い位置に配置されるため、水素脱離反応が促進され、ポリマー中に長鎖分岐構造を生成する上で重要なマクロマー (末端ビニルポリマー) の生成が促進されると推定される。

【0020】

一般式 (1) において、 $M^1$  は、Ti、ZrまたはHfのいずれかの遷移金属を示し、好ましくはZrまたはHf、より好ましくはZrを示す。

【0021】

一般式 (1) において、 $X^1$  および  $X^2$  は、それぞれ独立して、水素原子、ハロゲン、炭素数1～20の炭化水素基、酸素若しくは窒素を含む炭素数1～20の炭化水素基、炭素数1～20の炭化水素基置換アミノ基または炭素数1～20のアルコキシ基を示す。

【0022】

$X^1$  および  $X^2$  で示されるハロゲンとしては、塩素原子、臭素原子およびヨウ素原子などが挙げられ、 $X^1$  および  $X^2$  で示される炭素数1～20の炭化水素基としては、アルキル基、アリール基などが挙げられ、例えば、メチル基、エチル基、n-プロピル基、i-

10

20

30

40

50

プロピル基、*n*-ブチル基、*i*-ブチル基、*t*-ブチル基、*n*-ペンチル基、ネオペンチル基、シクロペンチル基、*n*-ヘキシル基、シクロヘキシル基、フェニル基、ベンジル基、およびナフチル基などが挙げられる。

$X^1$  および  $X^2$  で示される酸素を含む炭素数 1 ~ 20 の炭化水素基としては、エーテル結合、カルボニル基、エステル結合、ヘテロアリール基などを有する炭化水素基が挙げられ、例えば、メトキシメチル基、エトキシメチル基、*n*-プロポキシメチル基、*i*-プロポキシメチル基、*n*-ブトキシメチル基、*i*-ブトキシメチル基、*t*-ブトキシメチル基、メトキシエチル基、エトキシエチル基、アセチル基、1-オキソプロピル基、1-オキソ-*n*-ブチル基、2-メチル-1-オキソプロピル基、2,2-ジメチル-1-オキソ-プロピル基、フェニルアセチル基、ジフェニルアセチル基、ベンゾイル基、2-メトキシフェニル基、3-メトキシフェニル基、4-メトキシフェニル基、2-フリル基、2-テトラヒドロフリル基、および2-(5-メチル)フリル基などが挙げられ、窒素を含む炭素数 1 ~ 20 の炭化水素基としては、アミノ基、イミノ基、ニトリル基、ピリジル基、ピロール基、イミダゾール基、ピラゾール基、インドール基などを有する炭化水素基が挙げられ、例えば、ジメチルアミノメチル基、ジエチルアミノメチル基、ジ*i*-プロピルアミノメチル基、ビス(ジメチルアミノ)メチル基、ビス(ジ*i*-プロピルアミノ)メチル基、(ジメチルアミノ)(フェニル)メチル基、メチルイミノ基、エチルイミノ基、1-(メチルイミノ)エチル基、1-(フェニルイミノ)エチル基、1-[(フェニルメチル)イミノ]エチル基などが挙げられる。

10

$X^1$  および  $X^2$  で示される炭素数 1 ~ 20 の炭化水素基置換アミノ基としては、例えば、ジメチルアミノ基、ジエチルアミノ基、ジ*n*-プロピルアミノ基、ジ*i*-プロピルアミノ基、ジ*n*-ブチルアミノ基、ジ*i*-ブチルアミノ基、ジ*t*-ブチルアミノ基およびジフェニルアミノ基などが挙げられる。

20

$X^1$  および  $X^2$  で示される炭素数 1 ~ 20 のアルコキシ基としては、例えば、メトキシ基、エトキシ基、*n*-プロポキシ基、*i*-プロポキシ基、*n*-ブトキシ基、*i*-ブトキシ基、*t*-ブトキシ基、フェノキシ基などが挙げられる。

#### 【0023】

好ましい  $X^1$  および  $X^2$  としては、ハロゲン、炭素数 1 ~ 4 のアルキル基、炭素数 1 ~ 6 のアルコキシ基、炭素数 1 ~ 6 のアルキル基置換アミノ基が挙げられ、中でも、塩素原子、臭素原子、メチル基、*n*-ブチル基、*i*-ブチル基、メトキシ基、エトキシ基、*i*-プロポキシ基、*n*-ブトキシ基、フェノキシ基、ジメチルアミノ基、ジ*i*-プロピルアミノ基が挙げられ、これらの中でも、塩素原子、メチル基、ジメチルアミノ基が特に好ましい。

30

#### 【0024】

一般式(1)において、 $Q^1$  及び  $Q^2$  は、それぞれ独立して、炭素原子、ケイ素原子またはゲルマニウム原子を示し、好ましくは炭素原子またはケイ素原子を示し、より好ましくはケイ素原子を示す。

#### 【0025】

一般式(1)において、 $R^1$ 、 $R^2$ 、 $R^3$ 、および  $R^4$  は、それぞれ独立して、水素原子または炭素数 1 ~ 10 の炭化水素基を示し、結合している  $Q^1$  および  $Q^2$  の少なくとも1つと一緒に環を形成していてもよい。 $m$  は、0 または 1 であり、 $m$  が 0 の場合、 $Q^1$  は、 $R^9$  および  $R^{10}$  を含む共役 5 員環と直接結合している。

40

#### 【0026】

$R^1$ 、 $R^2$ 、 $R^3$ 、および  $R^4$  で示される炭素数 1 ~ 10 の炭化水素基としては、アルキル基、アリール基などが挙げられ、例えば、メチル基、エチル基、*n*-プロピル基、*i*-プロピル基、*n*-ブチル基、*i*-ブチル基、*t*-ブチル基、*n*-ペンチル基、ネオペンチル基、シクロペンチル基、*n*-ヘキシル基、シクロヘキシル基、フェニル基などが挙げられる。

また、 $R^1$  および  $R^2$  が結合している  $Q^1$  と、又は、 $R^3$  および  $R^4$  が結合している  $Q^2$  と一緒に環を形成している場合として、シクロブチリデン基、シクロペンチリデン基、

50

シクロヘキシリデン基、シラシクロブチル基、シラシクロペンチル基、シラシクロヘキシル基などが挙げられる。また、 $R^1$ 、 $R^2$ 、 $R^3$ 、および $R^4$ が、結合している $Q^1$ および $Q^2$ と一緒に環を形成している場合として、シクロヘキシレン基などが挙げられる。

【0027】

好ましい $R^1$ 、 $R^2$ 、 $R^3$ 、および $R^4$ としては、 $Q^1$ または/ $Q^2$ が炭素原子の場合、水素原子、メチル基、エチル基、フェニル基、エチレン基、シクロブチリデン基が挙げられ、また、 $Q^1$ または/ $Q^2$ がケイ素原子の場合、メチル基、エチル基、フェニル基、シラシクロブチル基が挙げられる。

【0028】

一般式(1)において、 $R^5$ 、 $R^6$ 、 $R^7$ 、 $R^8$ 、 $R^9$ 、 $R^{10}$ および $R^{12}$ は、それぞれ独立して、水素原子、ハロゲン、炭素数1~20の炭化水素基、ケイ素数1~6を含む炭素数1~18のケイ素含有炭化水素基、炭素数1~20のハロゲン含有炭化水素基、酸素を含む炭素数1~20の炭化水素基または炭素数1~20の炭化水素基置換シリル基を示す。

10

【0029】

一般式(1)において、 $R^5$ 、 $R^6$ 、 $R^7$ 、および $R^8$ の少なくとも1つが、ハロゲン、炭素数1~20の炭化水素基、ケイ素数1~6を含む炭素数1~18のケイ素含有炭化水素基、炭素数1~20のハロゲン含有炭化水素基、酸素を含む炭素数1~20の炭化水素基または炭素数1~20の炭化水素基置換シリル基のように置換基を有すると、特に重合活性が高くなるので好ましい。 $R^5$ 、 $R^6$ 、 $R^7$ 、および $R^8$ に含まれる水素原子とは異なる前記置換基の数としては、1以上4以下のいずれであっても良いが、2以上4以下が好ましい。

20

【0030】

$R^5$ 、 $R^6$ 、 $R^7$ 、 $R^8$ 、 $R^9$ 、 $R^{10}$ および $R^{12}$ のそれぞれで示される、水素原子以外の、具体例として、ハロゲン、炭素数1~20の炭化水素基、または酸素を含む炭素数1~20の炭化水素基については、前述した $X^1$ および $X^2$ の説明で示した基と同様なものを挙げることができる。

【0031】

ケイ素数1~6を含む炭素数1~18のケイ素含有炭化水素基としては、例えば、ビス(トリメチルシリル)メチル基、ビス(*t*-ブチルジメチルシリル)メチル基などが挙げられ、炭素数1~20のハロゲン含有炭化水素基としては、例えば、プロモメチル基、クロロメチル基、トリフルオロメチル基、2-クロロエチル基、2-プロモエチル基、2-プロモプロピル基、3-プロモプロピル基、2-プロモシクロペンチル基、2,3-ジプロモシクロペンチル基、2-プロモ-3-ヨードシクロペンチル基、2,3-ジプロモシクロヘキシル基、2-クロロ-3-ヨードシクロヘキシル基、2-クロロフェニル基、4-クロロフェニル基、2,3,4,5,6-ペンタフルオロフェニル基、4-トリフルオロメチルフェニル基などが挙げられる。

30

また、炭素数1~20の炭化水素基置換シリル基としては、トリアルキルシリル基、ジアルキルモノアリアルシリル基、モノアルキルジアリアルシリル基、トリアリアルシリル基などが挙げられ、例えば、トリメチルシリル基、トリ*t*-ブチルシリル基、ジ*t*-ブチルメチルシリル基、*t*-ブチルジメチルシリル基、トリフェニルシリル基、ジフェニルメチルシリル基、フェニルジメチルシリル基などが挙げられる。

40

【0032】

好ましい $R^5$ 、 $R^6$ 、 $R^7$ 、 $R^8$ 、 $R^9$ 、 $R^{10}$ および $R^{12}$ としては、水素原子、炭素数1~20の炭化水素基、または炭素数1~20の炭化水素基置換シリル基であり、より好ましくは、水素原子、炭素数1~10の炭化水素基、または炭素数1~18の炭化水素基置換シリル基であり、より更に好ましくは、水素原子、炭素数1~6の炭化水素基、または炭素数1~6の炭化水素基置換シリル基である。

炭素数1~10の炭化水素基の例としては、炭素数1~10のアルキル基、炭素数6~10のアルキル基が置換していても良いフェニル基、ナフチル基が挙げられる。炭素数1

50

～ 18 の炭化水素基置換シリル基の好ましい例としては、トリメチルシリル基、エチルジメチルシリル基、*n*-プロピルジメチルシリル基、*i*-プロピルジメチルシリル基、*n*-ブチルジメチルシリル基、*i*-ブチルジメチルシリル基、*t*-ブチルジメチルシリル基、トリエチルシリル基、*t*-ブチルジエチルシリル基、トリ*i*-プロピルシリル基、ジメチルフェニルシリル基、メチルジフェニルシリル基、*t*-ブチルジフェニルシリル基が挙げられる。

また、炭素数 1 ～ 6 の炭化水素基の好ましい例として、炭素数 1 ～ 6 のアルキル基が挙げられ、炭素数 1 ～ 6 のアルキル基の好ましい例としては、メチル基、エチル基、*n*-プロピル基、*i*-プロピル基、*n*-ブチル基、*i*-ブチル基、*t*-ブチル基、*n*-ペンチル基、ネオペンチル基、シクロペンチル基、*n*-ヘキシル基、シクロヘキシル基が挙げられる。

10

特に好ましい  $R^5$ 、 $R^6$ 、 $R^7$ 、 $R^8$ 、 $R^9$ 、 $R^{10}$  および  $R^{12}$  としては、水素原子、炭素数 1 ～ 6 のアルキル基、または炭素数 1 ～ 6 の炭化水素基置換シリル基である。水素原子以外の置換基としては、メチル基、エチル基、*n*-プロピル基、*i*-プロピル基、*n*-ブチル基、*i*-ブチル基、*t*-ブチル基、トリメチルシリル基、トリエチルシリル基、または *t*-ブチルジメチルシリル基がより好ましく、メチル基、*t*-ブチル基、またはトリメチルシリル基がさらに好ましい。

#### 【0033】

置換基の  $R^{11}$  は、上記一般式 (1-a) で示される構造を有する置換もしくは無置換のアリール基を示す。一般式 (1-a) における  $Y^1$  は、炭素原子、窒素原子、酸素原子、又は硫黄原子のいずれかであることが好ましく、更に炭素原子、酸素原子又は硫黄原子のいずれかであることが好ましい。好ましい上記一般式 (1-a) で示される構造を有する無置換のアリール基としては、フェニル基、フリル基、チエニル基等が挙げられる。

20

上記一般式 (1-a) において、 $R^{13}$ 、 $R^{14}$ 、 $R^{15}$ 、 $R^{16}$  および  $R^{17}$  は、それぞれ独立して、水素原子、ハロゲン原子、炭素数 1 ～ 20 の炭化水素基、酸素若しくは窒素を含む炭素数 1 ～ 20 の炭化水素基、炭素数 1 ～ 20 の炭化水素基置換アミノ基、炭素数 1 ～ 20 のアルコキシ基、ケイ素数 1 ～ 6 を含む炭素数 1 ～ 18 のケイ素含有炭化水素基、炭素数 1 ～ 20 のハロゲン含有炭化水素基、または炭素数 1 ～ 20 の炭化水素基置換シリル基を示し、 $R^{13}$ 、 $R^{14}$ 、 $R^{15}$ 、 $R^{16}$  および  $R^{17}$  は隣接する置換基同士でそれらに結合している原子と一緒に1つ以上の環を形成していてもよいものである。

30

$R^{13}$ 、 $R^{14}$ 、 $R^{15}$ 、 $R^{16}$  および  $R^{17}$  のそれぞれで示される、水素原子以外の、具体例としては、前述した  $X^1$  および  $X^2$ 、並びに  $R^5$ 、 $R^6$ 、 $R^7$ 、 $R^8$ 、 $R^9$ 、 $R^{10}$  および  $R^{12}$  の説明で示した基と同様なものを挙げることができる。

#### 【0034】

置換基の  $R^{11}$  における上記一般式 (1-a) で示される構造を有する置換もしくは無置換のアリール基としては、具体的には、フェニル基、4-メチルフェニル基、4-*i*-プロピルフェニル基、4-*t*-ブチルフェニル基、4-ビフェニル基、2,6-ジメチルフェニル基、2,5-ジメチルフェニル基、3,5-ジメチルフェニル基、3,5-*i*-プロピルフェニル基、3,5-*t*-ブチルフェニル基、2,4,6-トリメチルフェニル基、2,3,5,6-テトラメチルフェニル基、2,3,4,5,6-ペンタメチルフェニル基、4-トリメチルシリルフェニル基、4-(*t*-ブチルジメチルシリル)フェニル基、3,5-ビストリメチルシリルフェニル基、4-フルオロフェニル基、4-クロロフェニル基、4-ブロモフェニル基、4-トリフルオロメチルフェニル基、3,5-ジフルオロフェニル基、3,5-ジクロロフェニル基、2,4,6-トリフルオロフェニル基、3,4,5-トリフルオロフェニル基、2,4,6-トリクロロフェニル基、2,3,5,6-テトラフルオロフェニル基、2,3,4,5,6-ペンタフルオロフェニル基、4-メトキシフェニル基、4-エトキシフェニル基、4-イソプロポキシフェニル基、4-*n*-ブトキシフェニル基、4-フェノキシフェニル基、3,5-ジメトキシフェニル基、2-フリル基、2-(5-メチル)フリル基、2-(5-*n*-プロピル)フリル基、2-(5-*i*-プロピル)フリル基、2-(5-*n*-ブチル)フリル基、2-(5-*i*-ブチ

40

50

ル)フリル基、2-(5-t-ブチル)フリル基、2-(5-トリメチルシリル)フリル基、2-(5-トリエチルシリル)フリル基、2-(5-フェニル)フリル基、2-(5-トリル)フリル基、2-(5-フルオロフェニル)フリル基、2-(5-クロロフェニル)フリル基、2-(4,5-ジメチル)フリル基、2-ベンゾフリル基、2-チエニル基、2-(5-メチル)チエニル基、2-(5-t-ブチル)チエニル基、2-(5-トリメチルシリル)チエニル基、2-(4,5-ジメチル)チエニル基、などが挙げられる。

【0035】

また、 $R^{13}$ 、 $R^{14}$ 、 $R^{15}$ 、 $R^{16}$ および $R^{17}$ は、隣接する置換基同士でそれらを連結する原子と一緒になって1つ以上の芳香族環または脂肪族環を形成していてもよい。

10

形成される芳香族環または脂肪族環の好ましい例としては、1-ナフチル基、2-ナフチル基、1-アントリル基、2-アントリル基、9-アントリル基、1-フェナントリル基、2-フェナントリル基、3-フェナントリル基、4-フェナントリル基、9-フェナントリル基、5-1,2,3,4-テトラヒドロナフチル基、6-1,2,3,4-テトラヒドロナフチル基、9-1,2,3,4,5,6,7,8-オクタヒドロアントリル基が挙げられ、これらの中でも、1-ナフチル基、2-ナフチル基、9-アントリル基がより好ましく、1-ナフチル基、2-ナフチル基がさらに好ましい。

【0036】

また、一般式(1)中、 $m$ は、0または1であり、 $m$ が0の場合、 $Q^1$ は、 $R^9$ および $R^{10}$ を含む共役5員環と直接結合している。

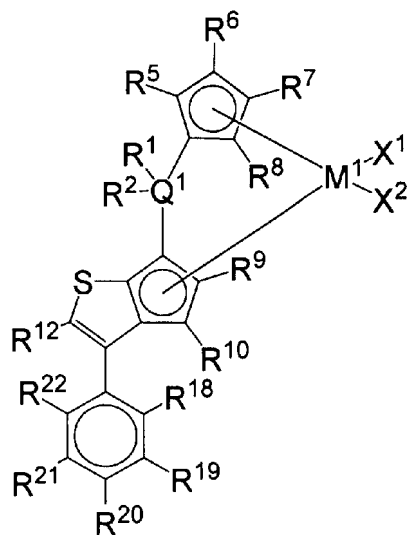
20

【0037】

本発明のメタロセン化合物は、下記一般式(2)で示されるものが好ましい。

【0038】

【化6】



30

(2)

40

【0039】

上記の一般式(2)で示されるメタロセン化合物において、 $M^1$ 、 $X^1$ 、 $X^2$ 、 $Q^1$ 、 $R^1$ 、 $R^2$ 、 $R^5$ 、 $R^6$ 、 $R^7$ 、 $R^8$ 、 $R^9$ 、 $R^{10}$ および $R^{12}$ は、前述の一般式(1)で示されるメタロセン化合物の説明で示した原子および基と同様な構造を選択することができる。また、 $R^{18}$ 、 $R^{19}$ 、 $R^{20}$ 、 $R^{21}$ および $R^{22}$ は前述の一般式(1)で示されるメタロセン化合物の説明で示した $R^{13}$ 、 $R^{14}$ 、 $R^{15}$ 、 $R^{16}$ および $R^{17}$ の原子および基と同様な構造を選択することができる。

【0040】

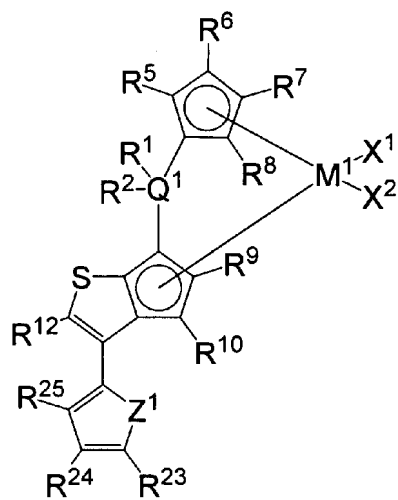
また、本発明のメタロセン化合物は、下記一般式(3)で示されるものも前記一般式(

50

2)と同様に好ましい。

【0041】

【化7】



(3)

【0042】

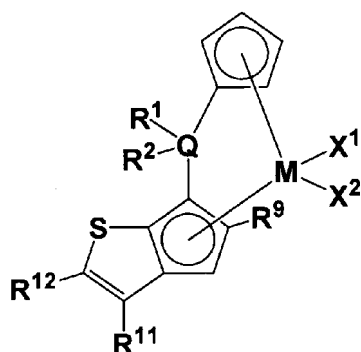
上記の一般式(3)で示されるメタロセン化合物において、 $M^1$ 、 $X^1$ 、 $X^2$ 、 $Q^1$ 、 $R^1$ 、 $R^2$ 、 $R^5$ 、 $R^6$ 、 $R^7$ 、 $R^8$ 、 $R^9$ 、 $R^{10}$ および $R^{12}$ は、前述の一般式(1)で示されるメタロセン化合物の説明で示した原子および基と同様な構造を選択することができる。また、 $R^{23}$ 、 $R^{24}$ 、および $R^{25}$ は、前述の一般式(1)で示されるメタロセン化合物の説明で示した $R^{13}$ 、 $R^{14}$ 、 $R^{15}$ 、 $R^{16}$ および $R^{17}$ の原子および基と同様な構造を選択することができる。そして $Z^1$ は、酸素原子または硫黄原子を示す。

【0043】

本発明のメタロセン化合物は、上記一般式(1)で表される化合物の中でも、好ましい化合物として、下記一般式(4)で示される化合物が挙げられる。

【0044】

【化8】



(4)

【0045】

前記一般式(4)で示されるメタロセン化合物において、 $M$ 、 $X^1$ 、 $X^2$ 、 $Q$ 、 $R^1$ 、 $R^2$ 、 $R^9$ 、 $R^{11}$ 、及び $R^{12}$ については、前述の一般式(1)で示されるメタロセン化合物の説明で示した原子および基と同様な構成を選択することができる。

【0046】

本発明のメタロセン化合物の具体例を、下記一般式(1')と、表1～表5とで示すが



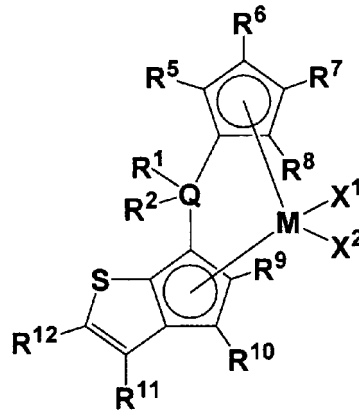
、これらに限定されるものではない。

なお、以下表において、略称は、以下のとおりである。

Me : メチル、Et : エチル、Pr : プロピル、Bu : ブチル、Ph : フェニル、Cp : シクロペンタジエニル

【 0 0 4 7 】

【 化 9 】



10

( 1 ' )

20

【 0 0 4 8 】

【表 1】

表1

番号	M	X <sup>1</sup> ,X <sup>2</sup>	R <sup>1</sup> R <sup>2</sup> Q	R <sup>9</sup>	R <sup>5</sup> R <sup>6</sup> R <sup>7</sup> R <sup>8</sup> Cp	R <sup>10</sup>	R <sup>11</sup>	R <sup>12</sup>
1	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	Me	Cp	H	Ph	Me
2	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	Me	Cp	H	4-Me-Ph	Me
3	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	Me	Cp	H	4-Pr-Ph	Me
4	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	Me	Cp	H	4- <sup>t</sup> Bu-Ph	Me
5	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	Me	Cp	H	4-Ph-Ph	Me
6	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	Me	Cp	H	4-MeO-Ph	Me
7	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	Me	Cp	H	4-PhO-Ph	Me
8	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	Me	Cp	H	4-F-Ph	Me
9	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	Me	Cp	H	4-Cl-Ph	Me
10	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	Me	Cp	H	4-CF <sub>3</sub> -Ph	Me
11	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	Me	Cp	H	2,6-Me <sub>2</sub> -Ph	Me
12	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	Me	Cp	H	2,5-Me <sub>2</sub> -Ph	Me
13	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	Me	Cp	H	3,5-Me <sub>2</sub> -Ph	Me
14	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	Me	Cp	H	3,5- <sup>i</sup> Pr <sub>2</sub> -Ph	Me
15	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	Me	Cp	H	3,5- <sup>t</sup> Bu <sub>2</sub> -Ph	Me
16	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	Me	Cp	H	3,5-(MeO) <sub>2</sub> -Ph	Me
17	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	Me	Cp	H	3,5-F <sub>2</sub> -Ph	Me
18	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	Me	Cp	H	3,5-Cl <sub>2</sub> -Ph	Me
19	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	Me	Cp	H	2,4,6-Me <sub>3</sub> -Ph	Me
20	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	Me	Cp	H	2,4,6-F <sub>3</sub> -Ph	Me
21	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	Me	Cp	H	3,4,5-F <sub>3</sub> -Ph	Me
22	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	Me	Cp	H	2,3,5,6-Me <sub>4</sub> -Ph	Me
23	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	Me	Cp	H	2,3,5,6-F <sub>4</sub> -Ph	Me
24	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	Me	Cp	H	2,3,4,5,6-Me <sub>5</sub> -Ph	Me
25	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	Me	Cp	H	2,3,4,5,6-F <sub>5</sub> -Ph	Me
26	Zr	Br	Me <sub>2</sub> Si	Me	Cp	H	Ph	Me
27	Zr	Me	Me <sub>2</sub> Si	Me	Cp	H	Ph	Me
28	Zr	NMe <sub>2</sub>	Me <sub>2</sub> Si	Me	Cp	H	Ph	Me
29	Zr	OCH <sub>3</sub>	Me <sub>2</sub> Si	Me	Cp	H	Ph	Me
30	Zr	OE <sub>t</sub>	Me <sub>2</sub> Si	Me	Cp	H	Ph	Me
31	Zr	O <sup>t</sup> Bu	Me <sub>2</sub> Si	Me	Cp	H	Ph	Me
32	Zr	OPh	Me <sub>2</sub> Si	Me	Cp	H	Ph	Me
33	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	Et	Cp	H	Ph	Me
34	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	<sup>n</sup> Pr	Cp	H	Ph	Me
35	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	<sup>i</sup> Pr	Cp	H	Ph	Me
36	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	<sup>n</sup> Bu	Cp	H	Ph	Me
37	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	<sup>i</sup> Bu	Cp	H	Ph	Me
38	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	<sup>t</sup> Bu	Cp	H	Ph	Me
39	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	Ph	Cp	H	Ph	Me
40	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	1-ナフチル	Cp	H	Ph	Me

【表 2】

表2

番号	M	X <sup>1</sup> , X <sup>2</sup>	R <sup>1</sup> R <sup>2</sup> Q	R <sup>3</sup>	R <sup>5</sup> R <sup>6</sup> R <sup>7</sup> R <sup>8</sup> Cp	R <sup>10</sup>	R <sup>11</sup>	R <sup>12</sup>
41	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	トリメチルシリル	Cp	H	Ph	Me
42	Zr	Cl	Et <sub>2</sub> Si	Me	Cp	H	Ph	Me
43	Zr	Cl	Ph <sub>2</sub> Si	Me	Cp	H	Ph	Me
44	Zr	Cl	シラシロアチレン	Me	Cp	H	Ph	Me
45	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	Me	Cp	H	2-フリル	Me
46	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	Me	Cp	H	5-Me-2-フリル	Me
47	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	Me	Cp	H	5- <sup>i</sup> Pr-2-フリル	Me
48	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	Me	Cp	H	5- <sup>i</sup> Pr-2-フリル	Me
49	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	Me	Cp	H	5- <sup>t</sup> Bu-2-フリル	Me
50	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	Me	Cp	H	5- <sup>t</sup> Bu-2-フリル	Me
51	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	Me	Cp	H	5- <sup>t</sup> Bu-2-フリル	Me
52	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	Me	Cp	H	5-トリメチルシリル-2-フリル	Me
53	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	Me	Cp	H	5-トリエチルシリル-2-フリル	Me
54	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	Me	Cp	H	5-Ph-2-フリル	Me
55	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	Me	Cp	H	5-トリル-2-フリル	Me
56	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	Me	Cp	H	5-フルオロフェニル-2-フリル	Me
57	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	Me	Cp	H	5-クロロフェニル-2-フリル	Me
58	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	Me	Cp	H	4,5-Me <sub>2</sub> -2-フリル	Me
59	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	Me	Cp	H	2-ベンゾフリル	Me
60	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	Me	Cp	H	2-チエニル	Me
61	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	Me	Cp	H	5-Me-2-チエニル	Me
62	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	Me	Me <sub>4</sub> Cp	H	Ph	Me
63	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	Me	Me <sub>4</sub> Cp	H	4-Me-Ph	Me
64	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	Me	Me <sub>4</sub> Cp	H	4- <sup>i</sup> Pr-Ph	Me
65	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	Me	Me <sub>4</sub> Cp	H	4- <sup>t</sup> Bu-Ph	Me
66	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	Me	Me <sub>4</sub> Cp	H	4-Ph-Ph	Me
67	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	Me	Me <sub>4</sub> Cp	H	2-フリル	Me
68	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	Me	Me <sub>4</sub> Cp	H	5-Me-2-フリル	Me
69	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	Me	Me <sub>4</sub> Cp	H	5- <sup>t</sup> Bu-2-フリル	Me
70	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	Me	Me <sub>4</sub> Cp	H	5-トリメチルシリル-2-フリル	Me
71	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	Me	Me <sub>4</sub> Cp	H	4,5-Me <sub>2</sub> -2-フリル	Me
72	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	Me	Me <sub>4</sub> Cp	H	2-ベンゾフリル	Me
73	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	Me	Me <sub>4</sub> Cp	H	2-チエニル	Me
74	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	Me	Me <sub>4</sub> Cp	H	5-Me-2-チエニル	Me

10

20

30

【 0 0 5 0 】

【表 3】

表3

番号	M	X <sup>1</sup> , X <sup>2</sup>	R <sup>1</sup> R <sup>2</sup> Q	R <sup>9</sup>	R <sup>5</sup> R <sup>6</sup> R <sup>7</sup> R <sup>8</sup> Cp	R <sup>10</sup>	R <sup>11</sup>	R <sup>12</sup>
75	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	H	Ph	H
76	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	H	4-Me-Ph	H
77	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	H	4- <sup>i</sup> Pr-Ph	H
78	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	H	4- <sup>t</sup> Bu-Ph	H
79	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	H	4-Ph-Ph	H
80	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	H	4-MeO-Ph	H
81	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	H	4-PhO-Ph	H
82	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	H	4-F-Ph	H
83	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	H	4-Cl-Ph	H
84	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	H	4-CF <sub>3</sub> -Ph	H
85	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	H	2,6-Me <sub>2</sub> -Ph	H
86	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	H	2,5-Me <sub>2</sub> -Ph	H
87	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	H	3,5-Me <sub>2</sub> -Ph	H
88	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	H	3,5- <sup>i</sup> Pr <sub>2</sub> -Ph	H
89	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	H	3,5- <sup>t</sup> Bu <sub>2</sub> -Ph	H
90	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	H	3,5-(MeO) <sub>2</sub> -Ph	H
91	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	H	3,5-F <sub>2</sub> -Ph	H
92	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	H	3,5-Cl <sub>2</sub> -Ph	H
93	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	H	2,4,6-Me <sub>3</sub> -Ph	H
94	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	H	2,4,6-F <sub>3</sub> -Ph	H
95	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	H	3,4,5-F <sub>3</sub> -Ph	H
96	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	H	2,3,5,6-Me <sub>4</sub> -Ph	H
97	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	H	2,3,5,6-F <sub>4</sub> -Ph	H
98	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	H	2,3,4,5,6-Me <sub>5</sub> -Ph	H
99	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	H	2,3,4,5,6-F <sub>5</sub> -Ph	H
100	Zr	Br	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	H	Ph	H
101	Zr	Me	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	H	Ph	H
102	Zr	NMe <sub>2</sub>	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	H	Ph	H
103	Zr	OCH <sub>3</sub>	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	H	Ph	H
104	Zr	OE <sub>t</sub>	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	H	Ph	H
105	Zr	O <sup>t</sup> Bu	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	H	Ph	H
106	Zr	OPh	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	H	Ph	H
107	Zr	Cl	Et <sub>2</sub> Si	H	Cp	H	Ph	H
108	Zr	Cl	Ph <sub>2</sub> Si	H	Cp	H	Ph	H
109	Zr	Cl	シラシクロブチレン	H	Cp	H	Ph	H
110	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	H	2-フリル	H
111	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	H	5-Me-2-フリル	H
112	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	H	5- <sup>n</sup> Pr-2-フリル	H
113	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	H	5- <sup>i</sup> Pr-2-フリル	H
114	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	H	5- <sup>n</sup> Bu-2-フリル	H
115	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	H	5- <sup>i</sup> Bu-2-フリル	H
116	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	H	5- <sup>t</sup> Bu-2-フリル	H
117	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	H	5-トリメチルシリル-2-フリル	H
118	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	H	5-トリエチルシリル-2-フリル	H
119	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	H	5-Ph-2-フリル	H
120	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	H	5-トリル-2-フリル	H

【 0 0 5 1 】

【表 4】

表4

番号	M	X <sup>1</sup> , X <sup>2</sup>	R <sup>1</sup> R <sup>2</sup> Q	R <sup>3</sup>	R <sup>5</sup> R <sup>6</sup> R <sup>7</sup> R <sup>8</sup> Cp	R <sup>10</sup>	R <sup>11</sup>	R <sup>12</sup>
121	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	H	5-フルオロフェニル-2-フリル	H
122	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	H	5-クロロフェニル-2-フリル	H
123	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	H	4,5-Me <sub>2</sub> -2-フリル	H
124	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	H	2-ベンゾフリル	H
125	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	H	2-チエニル	H
126	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	H	5-Me-2-チエニル	H
127	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Me <sub>4</sub> Cp	H	Ph	H
128	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Me <sub>4</sub> Cp	H	4-Me-Ph	H
129	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Me <sub>4</sub> Cp	H	4- <sup>i</sup> Pr-Ph	H
130	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Me <sub>4</sub> Cp	H	4- <sup>t</sup> Bu-Ph	H
131	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Me <sub>4</sub> Cp	H	4-Ph-Ph	H
132	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Me <sub>4</sub> Cp	H	2-フリル	H
133	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Me <sub>4</sub> Cp	H	5-Me-2-フリル	H
134	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Me <sub>4</sub> Cp	H	5- <sup>t</sup> Bu-2-フリル	H
135	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Me <sub>4</sub> Cp	H	5-トリメチルシリル-2-フリル	H
136	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Me <sub>4</sub> Cp	H	4,5-Me <sub>2</sub> -2-フリル	H
137	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Me <sub>4</sub> Cp	H	2-ベンゾフリル	H
138	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Me <sub>4</sub> Cp	H	2-チエニル	H
139	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Me <sub>4</sub> Cp	H	5-Me-2-チエニル	H
140	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	Me	Ph	H
141	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	Me	4-Me-Ph	H
142	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	Me	4- <sup>i</sup> Pr-Ph	H
143	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	Me	4- <sup>t</sup> Bu-Ph	H
144	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	Me	4-Ph-Ph	H
145	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	Me	4-MeO-Ph	H
146	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	Me	4-PhO-Ph	H
147	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	Me	4-F-Ph	H
148	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	Me	4-Cl-Ph	H
149	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	Me	4-CF <sub>3</sub> -Ph	H
150	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	Me	2,6-Me <sub>2</sub> -Ph	H
151	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	Me	2,5-Me <sub>2</sub> -Ph	H
152	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	Me	3,5-Me <sub>2</sub> -Ph	H
153	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	Me	3,5- <sup>i</sup> Pr <sub>2</sub> -Ph	H
154	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	Me	3,5- <sup>t</sup> Bu <sub>2</sub> -Ph	H
155	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	Me	3,5-(MeO) <sub>2</sub> -Ph	H
156	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	Me	3,5-F <sub>2</sub> -Ph	H
157	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	Me	3,5-Cl <sub>2</sub> -Ph	H
158	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	Me	2,4,6-Me <sub>3</sub> -Ph	H
159	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	Me	2,4,6-F <sub>3</sub> -Ph	H
160	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	Me	3,4,5-F <sub>3</sub> -Ph	H

【 0 0 5 2 】

【表 5】

表5

番号	M	X <sup>1</sup> , X <sup>2</sup>	R <sup>1</sup> R <sup>2</sup> Q	R <sup>9</sup>	R <sup>5</sup> R <sup>6</sup> R <sup>7</sup> R <sup>8</sup> Cp	R <sup>10</sup>	R <sup>11</sup>	R <sup>12</sup>
161	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	Me	2,3,5,6-Me <sub>4</sub> -Ph	H
162	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	Me	2,3,5,6-F <sub>4</sub> -Ph	H
163	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	Me	2,3,4,5,6-Me <sub>5</sub> -Ph	H
164	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	Me	2,3,4,5,6-F <sub>5</sub> -Ph	H
165	Zr	Cl	Et <sub>2</sub> Si	H	Cp	Me	Ph	H
166	Zr	Cl	Ph <sub>2</sub> Si	H	Cp	Me	Ph	H
167	Zr	Cl	シタシクロブチレン	H	Cp	Me	Ph	H
168	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	Me	2-フリル	H
169	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	Me	5-Me-2-フリル	H
170	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	Me	5- <sup>n</sup> Pr-2-フリル	H
171	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	Me	5- <sup>i</sup> Pr-2-フリル	H
172	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	Me	5- <sup>n</sup> Bu-2-フリル	H
173	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	Me	5- <sup>i</sup> Bu-2-フリル	H
174	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	Me	5- <sup>t</sup> Bu-2-フリル	H
175	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	Me	5-トリメチルシリル-2-フリル	H
176	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	Me	5-トリエチルシリル-2-フリル	H
177	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	Me	5-Ph-2-フリル	H
178	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	Me	5-トリル-2-フリル	H
179	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	Me	5-フルオロフェニル-2-フリル	H
180	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	Me	5-クロロフェニル-2-フリル	H
181	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	Me	4,5-Me <sub>2</sub> -2-フリル	H
182	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	Me	2-ベンゾフリル	H
183	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	Me	2-チエニル	H
184	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Cp	Me	5-Me-2-チエニル	H
185	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Me <sub>4</sub> Cp	Me	Ph	H
186	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Me <sub>4</sub> Cp	Me	4-Me-Ph	H
187	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Me <sub>4</sub> Cp	Me	4- <sup>i</sup> Pr-Ph	H
188	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Me <sub>4</sub> Cp	Me	4- <sup>t</sup> Bu-Ph	H
189	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Me <sub>4</sub> Cp	Me	4-Ph-Ph	H
190	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Me <sub>4</sub> Cp	Me	2-フリル	H
191	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Me <sub>4</sub> Cp	Me	5-Me-2-フリル	H
192	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Me <sub>4</sub> Cp	Me	5- <sup>t</sup> Bu-2-フリル	H
193	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Me <sub>4</sub> Cp	Me	5-トリメチルシリル-2-フリル	H
194	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Me <sub>4</sub> Cp	Me	4,5-Me <sub>2</sub> -2-フリル	H
195	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Me <sub>4</sub> Cp	Me	2-ベンゾフリル	H
196	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Me <sub>4</sub> Cp	Me	2-チエニル	H
197	Zr	Cl	Me <sub>2</sub> Si	H	Me <sub>4</sub> Cp	Me	5-Me-2-チエニル	H

【0053】

また、上記化合物のジルコニウムを、チタニウムまたはハフニウムに代えた化合物等が、好ましいものとして挙げられる。

【0054】

## 2. メタロセン化合物の合成法

本発明のメタロセン化合物は、置換基ないし結合の様式によって、任意の方法によって合成することができる。代表的な合成経路の一例を下記に示す。

【0055】

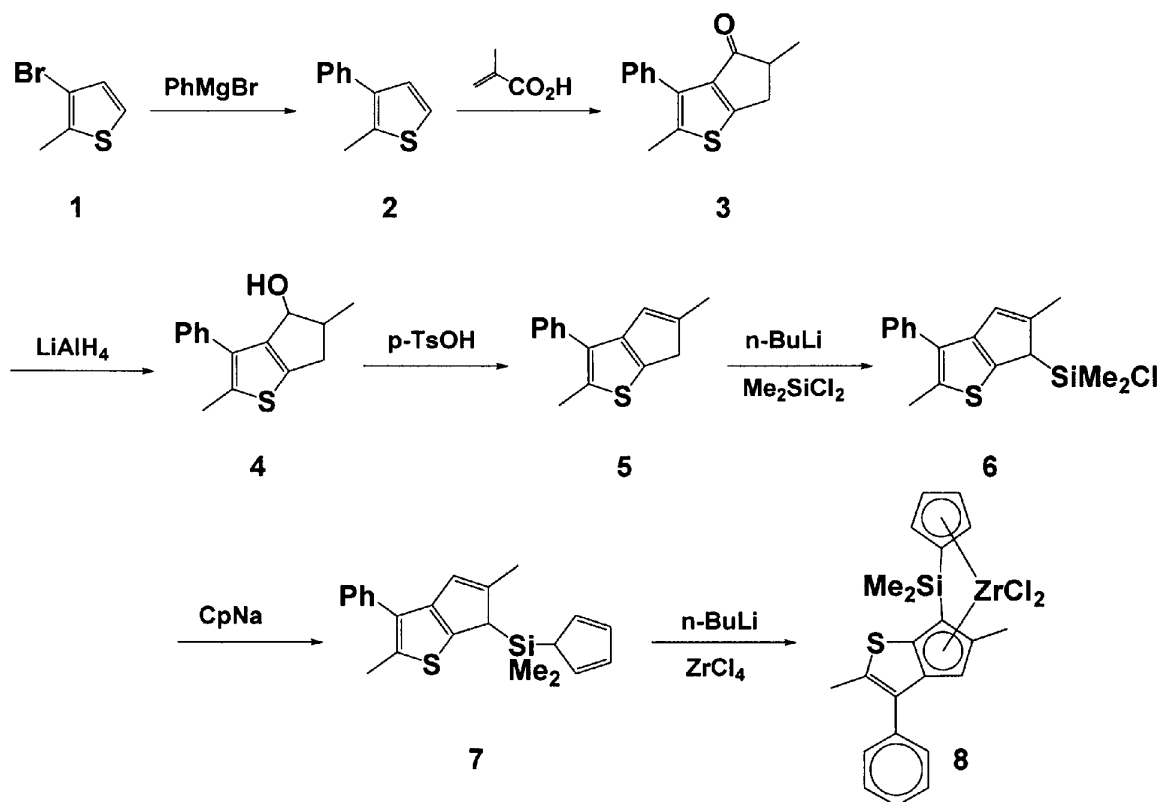
10

20

30

40

## 【化 10】



## 【0056】

上記合成経路において、1とフェニルマグネシウムブロミドを、ニッケル触媒の存在下でカップリング反応を行うことにより、2が得られる。2をメタクリル酸と反応させた後、得られた3をリチウムアルミニウムハイドライドで還元し、さらにp-トルエン sulfonic acidを用いて脱水することで、ヒドロシクロペンタチオフェン5が得られる。5を1当量のn-ブチルリチウムなどでアニオン化した後、過剰量のジメチルジクロロシランと反応させ、未反応のジメチルジクロロシランを留去することで、6が得られる。得られた6とソジウムシクロペンタジエニドとを反応させると7が得られる。7を2当量のn-ブチルリチウムなどでジアニオン化した後、四塩化ジルコニウムとの反応でメタロセン化合物8が得られる。

## 【0057】

シクロペンタチオフェン環3位のフェニル基に置換基を導入したメタロセン化合物の合成は、対応した置換原料を使用することにより合成することができ、フェニルマグネシウムブロミドのかわりに、対応するグリニヤール試薬、たとえば4-メチルフェニルマグネシウムブロミド、4-*i*-プロピルフェニルマグネシウムブロミド、4-*t*-ブチルフェニルマグネシウムブロミドなどを用いることにより、シクロペンタチオフェン環の3位にそれぞれ対応する置換基を導入することができる。

また、5と反応するジメチルジクロロシランの代わりに、対応する試薬、例えば、ジエチルジクロロシラン、ジフェニルジクロロシランなどを用いることにより、それぞれ対応する架橋基構造を導入することができる。

さらに、シクロペンタジエニルの代わりに、対応する置換シクロペンタジエンのアニオン、例えば *t*-ブチルシクロペンタジエン、1,3-ジメチルシクロペンタジエン、1-メチル-3-*t*-ブチルシクロペンタジエンなどのアニオンを用いることにより、シクロペンタジエンにそれぞれ対応する置換基を導入した錯体を合成することができる。

## 【0058】

また、シクロペンタチオフェン環の4位に各種置換基を導入したメタロセン化合物の合

成は、リチウムアルミニウムハイドライドの代わりに、各種置換基に対応するグリニヤール試薬、または有機リチウム試薬を3と反応させ、p-トルエンスルホン酸で脱水反応を行なうことで、シクロペンタチオフェン環の4位に各種置換基を導入した5を合成することができる。

#### 【0059】

### 3. オレフィン重合用触媒

#### (1) 各成分

本発明のメタロセン化合物は、オレフィン重合用触媒成分を形成し、該触媒成分は、オレフィン重合用触媒に用いることができる。

本発明のオレフィン重合用触媒は、前述した本発明のメタロセン化合物を含む以外は、公知の成分を含むことができるが、好ましくは、下記の成分(A)、(B)および(C)を含む。

成分(A): 本発明のメタロセン化合物

成分(B): 成分(A)のメタロセン化合物と反応してカチオン性メタロセン化合物を生成させる化合物

成分(C): 微粒子担体

#### 【0060】

#### (2) 成分(A)

本発明のオレフィン重合用触媒は、前述した一般式(1)~(3)で表されるメタロセン化合物を必須成分(A)として用い、これらのうちの1種または2種以上を用いることも可能である。

#### 【0061】

#### (3) 成分(B)

本発明のオレフィン重合用触媒は、成分(B)として、上記成分(A)以外に、成分(A)のメタロセン化合物と反応してカチオン性メタロセン化合物を形成する化合物を含むことが好ましい。

#### 【0062】

成分(B)としては、成分(A)と反応してカチオン性メタロセン化合物を形成する化合物であれば特に限定されず公知の成分を用いることができるが、例えば、有機アルミニウムオキシ化合物およびボラン化合物やボレート化合物などが挙げられる。

#### 【0063】

成分(B)として、有機アルミニウムオキシ化合物を用いると、得られるエチレン系重合体の歪硬化度(max)が大きくなったり、高分子量成分含有量の尺度であるMz/Mw(ここで、MzはGPCで測定されるZ平均分子量、Mwは同重量平均分子量を示す。)が大きくなって、成形性がより改善されるので好ましい。

成分(B)として、ボラン化合物やボレート化合物を用いると、重合活性や共重合性が高くなるので、長鎖分岐を有するエチレン系重合体の生産性が向上する。

#### 【0064】

また、成分(B)として、前記の有機アルミニウムオキシ化合物と、上記ボラン化合物やボレート化合物との混合物を用いることもできる。さらに、上記ボラン化合物やボレート化合物は、2種以上混合して使用することもできる。

以下、これらの各化合物について、さらに詳細に説明する。

#### 【0065】

#### (i) 有機アルミオキシ化合物

有機アルミニウムオキシ化合物は、分子中に、Al-O-Al結合を有し、その結合数は通常1~100、好ましくは1~50個の範囲にある。このような有機アルミニウムオキシ化合物は、通常、有機アルミニウム化合物と水とを反応させて得られる生成物である。

#### 【0066】

有機アルミニウムオキシ化合物のうち、アルキルアルミニウムと水とを反応させて得ら

10

20

30

40

50



れるものは、通常、アルミノキサンと呼ばれ、成分（Ｂ）として好適に用いることができる。また、アルミノキサンのなかでも、メチルアルミノキサン（実質的にメチルアルミノキサン（ＭＡＯ）からなるものを含む）は、有機アルミニウムオキシ化合物として、特に好適である。

なお、有機アルミニウムオキシ化合物として、各有機アルミニウムオキシ化合物の２種以上を組み合わせて使用することもでき、また、有機アルミニウムオキシ化合物を後述する不活性炭化水素溶媒に溶解または分散させた溶液としたものを用いてもよい。

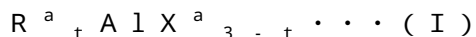
#### 【００６７】

有機アルミニウムと水との反応は、通常、不活性炭化水素（溶媒）中で行われる。不活性炭化水素としては、ペンタン、ヘキサン、ヘプタン、シクロヘキサン、メチルシクロヘキサン、ベンゼン、トルエン、キシレン等の脂肪族炭化水素、脂環族炭化水素及び芳香族炭化水素が使用できるが、脂肪族炭化水素又は芳香族炭化水素を使用することが好ましい。

10

#### 【００６８】

有機アルミニウムオキシ化合物の調製に用いる有機アルミニウム化合物は、下記一般式（Ｉ）で表される化合物がいずれも使用可能であるが、好ましくはトリアルキルアルミニウムが使用される。



（式（Ｉ）中、 $R^a$  は、炭素数１～１８、好ましくは１～１２のアルキル基、アルケニル基、アリール基、アラルキル基等の炭化水素基を示し、 $X^a$  は、水素原子又はハロゲン原子を示し、 $t$  は、１～３の整数を示す。）

20

#### 【００６９】

トリアルキルアルミニウムのアルキル基としては、例えば、メチル基、エチル基、プロピル基、イソプロピル基、ブチル基、イソブチル基、ペンチル基、ヘキシル基、オクチル基、デシル基、ドデシル基等を挙げることができるが、これらのなかでも、メチル基であることが特に好ましい。

上記有機アルミニウム化合物は、１種または２種以上を混合して使用することもできる。

#### 【００７０】

水と有機アルミニウム化合物との反応比（水／Ａｌモル比）は、０．２５／１～１．２／１、特に、０．５／１～１／１であることが好ましく、反応温度は、通常－７０～１００、好ましくは－２０～２０の範囲にある。反応時間は、通常５分～２４時間、好ましくは１０分～５時間の範囲で選ばれる。反応に要する水として、単なる水のみならず、硫酸銅水和物、硫酸アルミニウム水和物等に含まれる結晶水や反応系中に水が生成しうる成分も利用することもできる。

30

#### 【００７１】

（ｉｉ）ボラン化合物

また、成分（Ｂ）に用いられるボラン化合物としては、例えば、トリフェニルボラン、トリ（ｏ－トリル）ボラン、トリ（ｐ－トリル）ボラン、トリ（ｍ－トリル）ボラン、トリ（ｏ－フルオロフェニル）ボラン、トリス（ｐ－フルオロフェニル）ボラン、トリス（ｍ－フルオロフェニル）ボラン、トリス（２，５－ジフルオロフェニル）ボラン、トリス（３，５－ジフルオロフェニル）ボラン、トリス（４－トリフルオロメチルフェニル）ボラン、トリス（３，５－ジトリフルオロメチルフェニル）ボラン、トリス（２，６－ジトリフルオロメチルフェニル）ボラン、トリス（ペンタフルオロフェニル）ボラン、トリス（パーフルオロナフチル）ボラン、トリス（パーフルオロビフェニル）、トリス（パーフルオロアントリル）ボラン、トリス（パーフルオロピナフチル）ボランなどが挙げられる。

40

#### 【００７２】

これらの中でも、トリス（３，５－ジトリフルオロメチルフェニル）ボラン、トリス（２，６－ジトリフルオロメチルフェニル）ボラン、トリス（ペンタフルオロフェニル）ボ

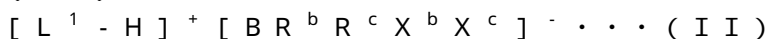
50

ラン、トリス（パーフルオロナフチル）ボラン、トリス（パーフルオロビフェニル）ボラン、トリス（パーフルオロアントリル）ボラン、トリス（パーフルオロビナフチル）ボランがより好ましく、さらに好ましくはトリス（2，6 - ジトリフルオロメチルフェニル）ボラン、トリス（ペンタフルオロフェニル）ボラン、トリス（パーフルオロナフチル）ボラン、トリス（パーフルオロビフェニル）ボランが好ましいボラン化合物として例示される。

#### 【0073】

(iii) ボレート化合物

また、成分(B)に用いられるボレート化合物を具体的に表すと、第1の例は、下記一般式(II)で示される化合物である。



#### 【0074】

式(II)中、 $L^1$ は、中性ルイス塩基であり、Hは、水素原子であり、 $[L^1 - H]^+$ は、アンモニウム、アニリニウム、ホスフォニウム等のブレンステッド酸である。アンモニウムとしては、トリメチルアンモニウム、トリエチルアンモニウム、トリプロピルアンモニウム、トリブチルアンモニウム、トリ(n - ブチル)アンモニウムなどのトリアルキル置換アンモニウム、ジ(n - プロピル)アンモニウム、ジシクロヘキシルアンモニウムなどのジアルキルアンモニウムを例示できる。

#### 【0075】

また、アニリニウムとしては、N，N - ジメチルアニリニウム、N，N - ジエチルアニリニウム、N，N - 2，4，6 - ペンタメチルアニリニウムなどのN，N - ジアルキルアニリニウムが例示できる。さらに、ホスフォニウムとしては、トリフェニルホスフォニウム、トリブチルホスホニウム、トリ(メチルフェニル)ホスフォニウム、トリ(ジメチルフェニル)ホスフォニウムなどのトリアリールホスフォニウム、トリアルキルホスフォニウムが挙げられる。

#### 【0076】

また、式(II)中、 $R^b$ および $R^c$ は、6 ~ 20、好ましくは6 ~ 16の炭素原子を含む、同じか又は異なる芳香族又は置換芳香族炭化水素基で、架橋基によって互いに連結されていてもよく、置換芳香族炭化水素基の置換基としては、メチル基、エチル基、プロピル基、イソプロピル基等に代表されるアルキル基やフッ素、塩素、臭素、ヨウ素等のハロゲンが好ましい。さらに、 $X^b$ 及び $X^c$ は、ハイドライド基、ハライド基、1 ~ 20の炭素原子を含む炭化水素基、1個以上の水素原子がハロゲン原子によって置換された1 ~ 20の炭素原子を含む置換炭化水素基である。

#### 【0077】

上記一般式(II)で表される化合物の具体例としては、トリブチルアンモニウムテトラ(ペンタフルオロフェニル)ボレート、トリブチルアンモニウムテトラ(2，6 - ジトリフルオロメチルフェニル)ボレート、トリブチルアンモニウムテトラ(3，5 - ジトリフルオロメチルフェニル)ボレート、トリブチルアンモニウムテトラ(2，6 - ジフルオロフェニル)ボレート、トリブチルアンモニウムテトラ(パーフルオロナフチル)ボレート、ジメチルアニリニウムテトラ(ペンタフルオロフェニル)ボレート、ジメチルアニリニウムテトラ(2，6 - ジトリフルオロメチルフェニル)ボレート、ジメチルアニリニウムテトラ(3，5 - ジトリフルオロメチルフェニル)ボレート、ジメチルアニリニウムテトラ(2，6 - ジフルオロフェニル)ボレート、ジメチルアニリニウムテトラ(パーフルオロナフチル)ボレート、トリフェニルホスホニウムテトラ(ペンタフルオロフェニル)ボレート、トリフェニルホスホニウムテトラ(2，6 - ジトリフルオロメチルフェニル)ボレート、トリフェニルホスホニウムテトラ(3，5 - ジトリフルオロメチルフェニル)ボレート、トリフェニルホスホニウムテトラ(2，6 - ジフルオロフェニル)ボレート、トリフェニルホスホニウムテトラ(パーフルオロナフチル)ボレート、トリメチルアンモニウムテトラ(2，6 - ジトリフルオロメチルフェニル)ボレート、トリエチルアンモニウムテトラ(ペンタフルオロフェニル)ボレート、トリエチルアンモニウムテトラ(2，

10

20

30

40

50

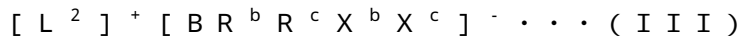
6 - ジトリフルオロメチルフェニル) ボレート、トリエチルアンモニウムテトラ ( パーフ  
 ルオロナフチル) ボレート、トリプロピルアンモニウムテトラ ( ペンタフルオロフェニル  
 ) ボレート、トリプロピルアンモニウムテトラ ( 2 , 6 - ジトリフルオロメチルフェニル  
 ) ボレート、トリプロピルアンモニウムテトラ ( パーフオロナフチル) ボレート、ジ ( 1 -  
 プロピル) アンモニウムテトラ ( ペンタフルオロフェニル) ボレート、ジシクロヘキ  
 シルアンモニウムテトラフェニルボレートなどを例示することができる。

【 0 0 7 8 】

これらの中でも、トリブチルアンモニウムテトラ ( ペンタフルオロフェニル) ボレート  
 、トリブチルアンモニウムテトラ ( 2 , 6 - ジトリフルオロメチルフェニル) ボレート、  
 トリブチルアンモニウムテトラ ( 3 , 5 - ジトリフルオロメチルフェニル) ボレート、トリ  
 ブチルアンモニウムテトラ ( パーフオロナフチル) ボレート、ジメチルアニリニウム  
 テトラ ( ペンタフルオロフェニル) ボレート、ジメチルアニリニウムテトラ ( 2 , 6 - ジ  
 トリフルオロメチルフェニル) ボレート、ジメチルアニリニウムテトラ ( 3 , 5 - ジトリ  
 フルオロメチルフェニル) ボレート、ジメチルアニリニウムテトラ ( パーフオロナフチ  
 ル) ボレートが好ましい。

【 0 0 7 9 】

また、ボレート化合物の第 2 の例は、下記一般式 ( I I I ) で表される。



【 0 0 8 0 】

式 ( I I I ) 中、 $L^2$  は、カルボカチオン、メチルカチオン、エチルカチオン、プロピ  
 ルカチオン、イソプロピルカチオン、ブチルカチオン、イソブチルカチオン、*tert*-  
 ブチルカチオン、ペンチルカチオン、トロピニウムカチオン、ベンジルカチオン、トリチ  
 ルカチオン、ナトリウムカチオン、プロトン等が挙げられる。また、 $R^b$ 、 $R^c$ 、 $X^b$  及  
 び  $X^c$  は、前記一般式 ( I I ) における定義と同じである。

【 0 0 8 1 】

上記化合物の具体例としては、トリチルテトラフェニルボレート、トリチルテトラ ( o -  
 トリル) ボレート、トリチルテトラ ( p - トリル) ボレート、トリチルテトラ ( m - ト  
 リル) ボレート、トリチルテトラ ( o - フルオロフェニル) ボレート、トリチルテトラ ( p -  
 フルオロフェニル) ボレート、トリチルテトラ ( m - フルオロフェニル) ボレート、トリ  
 チルテトラ ( 3 , 5 - ジフルオロフェニル) ボレート、トリチルテトラ ( ペンタフル  
 オロフェニル) ボレート、トリチルテトラ ( 2 , 6 - ジトリフルオロメチルフェニル) ボ  
 レート、トリチルテトラ ( 3 , 5 - ジトリフルオロメチルフェニル) ボレート、トリチル  
 テトラ ( パーフオロナフチル) ボレート、トロピニウムテトラフェニルボレート、トロ  
 ピニウムテトラ ( o - トリル) ボレート、トロピニウムテトラ ( p - トリル) ボレート、  
 トロピニウムテトラ ( m - トリル) ボレート、トロピニウムテトラ ( o - フルオロフェニ  
 ル) ボレート、トロピニウムテトラ ( p - フルオロフェニル) ボレート、トロピニウムテ  
 トラ ( m - フルオロフェニル) ボレート、トロピニウムテトラ ( 3 , 5 - ジフルオロフェ  
 ニル) ボレート、トロピニウムテトラ ( ペンタフルオロフェニル) ボレート、トロピニウ  
 ムテトラ ( 2 , 6 - ジトリフルオロメチルフェニル) ボレート、トロピニウムテトラ ( 3  
 , 5 - ジトリフルオロメチルフェニル) ボレート、トロピニウムテトラ ( パーフオロナ  
 フチル) ボレート、 $NaBPh_4$ 、 $NaB(o-CH_3-Ph)_4$ 、 $NaB(p-CH_3-Ph)_4$ 、 $NaB(m-CH_3-Ph)_4$ 、 $NaB(o-F-Ph)_4$ 、 $NaB(p-F-Ph)_4$ 、 $NaB(m-F-Ph)_4$ 、 $NaB(3,5-F_2-Ph)_4$ 、 $NaB(C_6F_5)_4$ 、 $NaB(2,6-(CF_3)_2-Ph)_4$ 、 $NaB(3,5-(CF_3)_2-Ph)_4$ 、 $NaB(C_{10}F_7)_4$ 、 $HBPh_4 \cdot 2$  ジエチルエーテル、 $HB(3,5-F_2-Ph)_4 \cdot 2$  ジエチルエーテル、 $HB(C_6F_5)_4 \cdot 2$  ジエチルエーテル、 $HB(2,6-(CF_3)_2-Ph)_4 \cdot 2$  ジエチルエーテル、 $HB(3,5-(CF_3)_2-Ph)_4 \cdot 2$  ジエチルエーテル、 $HB(C_{10}H_7)_4 \cdot 2$  ジエチルエーテルを例示することができる。

【 0 0 8 2 】

これらの中でも、トリチルテトラ（ペンタフルオロフェニル）ボレート、トリチルテトラ（2，6 - ジトリフルオロメチルフェニル）ボレート、トリチルテトラ（3，5 - ジトリフルオロメチルフェニル）ボレート、トリチルテトラ（パーフルオロナフチル）ボレート、トロピニウムテトラ（ペンタフルオロフェニル）ボレート、トロピニウムテトラ（2，6 - ジトリフルオロメチルフェニル）ボレート、トロピニウムテトラ（3，5 - ジトリフルオロメチルフェニル）ボレート、トロピニウムテトラ（パーフルオロナフチル）ボレート、 $\text{NaB}(\text{C}_6\text{F}_5)_4$ 、 $\text{NaB}(2,6-(\text{CF}_3)_2-\text{Ph})_4$ 、 $\text{NaB}(3,5-(\text{CF}_3)_2-\text{Ph})_4$ 、 $\text{NaB}(\text{C}_{10}\text{F}_7)_4$ 、 $\text{HB}(\text{C}_6\text{F}_5)_4 \cdot 2$  ジエチルエーテル、 $\text{HB}(2,6-(\text{CF}_3)_2-\text{Ph})_4 \cdot 2$  ジエチルエーテル、 $\text{HB}(3,5-(\text{CF}_3)_2-\text{Ph})_4 \cdot 2$  ジエチルエーテル、 $\text{HB}(\text{C}_{10}\text{H}_7)_4 \cdot 2$  ジエチルエーテルが好ましい。

10

#### 【0083】

さらに好ましくは、これらの中でもトリチルテトラ（ペンタフルオロフェニル）ボレート、トリチルテトラ（2，6 - ジトリフルオロメチルフェニル）ボレート、トロピニウムテトラ（ペンタフルオロフェニル）ボレート、トロピニウムテトラ（2，6 - ジトリフルオロメチルフェニル）ボレート、 $\text{NaB}(\text{C}_6\text{F}_5)_4$ 、 $\text{NaB}(2,6-(\text{CF}_3)_2-\text{Ph})_4$ 、 $\text{HB}(\text{C}_6\text{F}_5)_4 \cdot 2$  ジエチルエーテル、 $\text{HB}(2,6-(\text{CF}_3)_2-\text{Ph})_4 \cdot 2$  ジエチルエーテル、 $\text{HB}(3,5-(\text{CF}_3)_2-\text{Ph})_4 \cdot 2$  ジエチルエーテル、 $\text{HB}(\text{C}_{10}\text{H}_7)_4 \cdot 2$  ジエチルエーテルが挙げられる。

#### 【0084】

20

#### (4) 成分(C)

本発明のオレフィン重合用触媒は、成分(C)である微粒子担体として、無機物担体、粒子状ポリマー担体またはこれらの混合物を用いることが好ましい。無機物担体としては、金属、金属酸化物、金属塩化物、金属炭酸塩、炭素質物、またはこれらの混合物が使用可能である。

#### 【0085】

無機物担体に用いることができる好適な金属としては、例えば、鉄、アルミニウム、ニッケルなどが挙げられる。

また、金属酸化物としては、周期表1～14族の元素の単独酸化物または複合酸化物が挙げられ、例えば、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{B}_2\text{O}_3$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{ZrO}_2$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{MgO}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaO}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{MgO} \cdot \text{CaO}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CuO}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{NiO}$ 、 $\text{SiO}_2 \cdot \text{MgO}$ などの天然または合成の各種単独酸化物または複合酸化物を例示することができる。ここで、上記の式は、分子式ではなく、組成のみを表すものであって、本発明において用いられる複合酸化物の構造および成分比率は特に限定されるものではない。また、本発明において用いる金属酸化物は、少量の水分を吸収していても差し支えなく、少量の不純物を含有していても差し支えない。

30

金属塩化物としては、例えば、アルカリ金属、アルカリ土類金属の塩化物が好ましく、具体的には $\text{MgCl}_2$ 、 $\text{CaCl}_2$ などが特に好適である。金属炭酸塩としては、アルカリ金属、アルカリ土類金属の炭酸塩が好ましく、具体的には、炭酸マグネシウム、炭酸カルシウム、炭酸バリウムなどが挙げられる。

40

炭素質物としては、例えば、カーボンブラック、活性炭などが挙げられる。

#### 【0086】

以上の無機物担体は、いずれも本発明に好適に用いることができるが、特に金属酸化物、シリカ、アルミナなどの使用が好ましい。

#### 【0087】

これら無機物担体は、通常、200～800、好ましくは400～600で空気中または窒素、アルゴン等の不活性ガス中で焼成して、表面水酸基の量を0.8mmol/g～1.5mmol/gに調節して用いるのが好ましい。これら無機物担体の性状と

50

しては、特に制限はないが、通常、平均粒径は $5\mu\text{m} \sim 200\mu\text{m}$ 、好ましくは $10\mu\text{m} \sim 150\mu\text{m}$ 、平均細孔径は $20 \sim 1000$ 、好ましくは $50 \sim 500$ 、比表面積は $150\text{m}^2/\text{g} \sim 1000\text{m}^2/\text{g}$ 、好ましくは $200\text{m}^2/\text{g} \sim 700\text{m}^2/\text{g}$ 、細孔容積は $0.3\text{cm}^3/\text{g} \sim 2.5\text{cm}^3/\text{g}$ 、好ましくは $0.5\text{cm}^3/\text{g} \sim 2.0\text{cm}^3/\text{g}$ 、見掛け比重は $0.20\text{g}/\text{cm}^3 \sim 0.50\text{g}/\text{cm}^3$ 、好ましくは $0.25\text{g}/\text{cm}^3 \sim 0.45\text{g}/\text{cm}^3$ を有する無機物担体を用いるのが好ましい。

#### 【0088】

上記した無機物担体は、そのまま用いることもできるが、予備処理としてこれらの担体をトリメチルアルミニウム、トリエチルアルミニウム、トリイソブチルアルミニウム、トリヘキシルアルミニウム、トリプロピルアルミニウム、トリブチルアルミニウム、トリオクチルアルミニウム、トリデシルアルミニウム、ジイソブチルアルミニウムハイドライドなどの有機アルミニウム化合物や、 $\text{Al}-\text{O}-\text{Al}$ 結合を含む有機アルミニウムオキシ化合物に接触させた後、用いることができる。

#### 【0089】

#### 4. オレフィン重合用触媒の調製方法

本発明のオレフィン系重合体の製造方法の必須成分であるメタロセン化合物である成分(A)と、成分(A)と反応してカチオン性メタロセン化合物を生成させる成分(B)、および微粒子担体である成分(C)からなるオレフィン重合用触媒を得る際の各成分の接触方法は、特に限定されず、例えば、以下の方法が任意に採用可能である。

#### 【0090】

(I) 成分(A)と、成分(B)とを接触させた後、成分(C)を接触させる。

(II) 成分(A)と、成分(C)とを接触させた後、成分(B)を接触させる。

(III) 成分(B)と、成分(C)とを接触させた後、成分(A)を接触させる。

#### 【0091】

これらの接触方法の中で(I)と(III)が好ましく、さらに(I)が最も好ましい。いずれの接触方法においても、通常は窒素またはアルゴンなどの不活性雰囲気中、一般にベンゼン、トルエン、キシレン、エチルベンゼンなどの芳香族炭化水素(通常炭素数は $6 \sim 12$ )、ヘプタン、ヘキサン、デカン、ドデカン、シクロヘキサンなどの脂肪族あるいは脂環族炭化水素(通常炭素数 $5 \sim 12$ )等の液状不活性炭化水素の存在下、攪拌下または非攪拌下に各成分を接触させる方法が採用される。この接触は、通常 $-100 \sim 200$ 、好ましくは $-50 \sim 100$ 、さらに好ましくは $0 \sim 50$ の温度にて、5分 $\sim$ 50時間、好ましくは30分 $\sim$ 24時間、さらに好ましくは30分 $\sim$ 12時間で行うことが望ましい。

#### 【0092】

また、成分(A)、成分(B)および成分(C)の接触に際して使用する溶媒としては、上記した通り、ある種の成分が可溶ないしは難溶な芳香族炭化水素溶媒と、ある種の成分が不溶ないしは難溶な脂肪族または脂環族炭化水素溶媒とがいずれも使用可能である。

#### 【0093】

各成分同士の接触反応を段階的に行う場合にあっては、前段で用いた溶媒などを除去することなく、これをそのまま後段の接触反応の溶媒に用いてもよい。また、可溶性溶媒を使用した前段の接触反応後、ある種の成分が不溶もしくは難溶な液状不活性炭化水素(例えば、ペンタン、ヘキサン、デカン、ドデカン、シクロヘキサン、ベンゼン、トルエン、キシレンなどの脂肪族炭化水素、脂環族炭化水素あるいは芳香族炭化水素)を添加して、所望生成物を固形物として回収した後に、あるいは一旦可溶性溶媒の一部または全部を、乾燥等の手段により除去して所望生成物を固形物として取り出した後に、この所望生成物の後段の接触反応を、上記した不活性炭化水素溶媒のいずれかを使用して実施することもできる。本発明では、各成分の接触反応を複数回行うことを妨げない。

#### 【0094】

本発明において、成分(A)、成分(B)および成分(C)の使用割合は、特に限定されないが、以下の範囲が好ましい。

## 【0095】

成分(B)として、有機アルミニウムオキシ化合物を用いる場合、本発明のメタロセン化合物である成分(A)中の遷移金属(M)に対する有機アルミニウムオキシ化合物のアルミニウムの原子比(A1/M)を、通常、1~100、000、好ましくは5~1000、さらに好ましくは50~200の範囲とすることが望ましい。

また、成分(B)として、ボラン化合物やボレート化合物を用いる場合、本発明のメタロセン化合物である成分(A)中の遷移金属(M)に対する、ホウ素の原子比(B/M)を、通常、0.01~100、好ましくは0.1~50、さらに好ましくは0.2~10の範囲とすることが望ましい。

さらに、成分(B)として、有機アルミニウムオキシ化合物と、ボラン化合物および/またはボレート化合物と、の混合物を用いる場合にあっては、混合物における各化合物について、本発明のメタロセン化合物である成分(A)中の遷移金属(M)に対して上記と同様なA1およびBの使用割合とすることが望ましい。

10

## 【0096】

微粒子担体である成分(C)の使用量は、成分(A)中の遷移金属(M)0.0001~5ミリモル当たり1g、好ましくは0.001~0.5ミリモル当たり1g、さらに好ましくは0.01~0.1ミリモル当たり1gである。

## 【0097】

成分(A)と、成分(B)と、成分(C)とを前記接触方法(I)~(III)のいずれかで相互に接触させ、しかる後、溶媒を除去することで、オレフィン重合用触媒を固体触媒として得ることができる。溶媒の除去は、常圧下または減圧下、0~200、好ましくは20~150で1分~50時間、好ましくは10分~10時間で行うことが望ましい。

20

## 【0098】

なお、本発明のオレフィン重合用触媒は、以下の方法によっても得ることができる。

(IV)成分(A)と成分(C)とを接触させて溶媒を除去し、これを固体触媒成分とし、重合条件下で有機アルミニウムオキシ化合物、ボラン化合物、ボレート化合物またはこれらの混合物である成分(B)と接触させる。

(V)有機アルミニウムオキシ化合物、ボラン化合物、ボレート化合物またはこれらの混合物である成分(B)と成分(C)とを接触させて溶媒を除去し、これを固体触媒成分とし、重合条件下で成分(A)と接触させる。

30

上記(IV)、(V)の接触方法の場合も、成分比、接触条件および溶媒除去条件は、前記と同様の条件が使用できる。

## 【0099】

また、成分(B)と成分(C)とを兼ねる成分として、層状珪酸塩を用いることもできる。層状珪酸塩とは、イオン結合等によって構成される面が互いに弱い結合力で平行に積み重なった結晶構造をとる珪酸塩化合物である。大部分の層状珪酸塩は、天然には主に粘土鉱物の主成分として産出するが、これら、層状珪酸塩は特に天然産のものに限らず、人工合成物であってもよい。

## 【0100】

これらの中では、モンモリロナイト、ザウコナイト、バイデライト、ノントロナイト、サポナイト、ヘクトライト、スチープンサイト、ベントナイト、テニオライト等のスメクタイト族、パーミキュライト族、雲母族が好ましい。

40

## 【0101】

一般に、天然品は、非イオン交換性(非膨潤性)であることが多く、その場合は好ましいイオン交換性(ないし膨潤性)を有するものとするために、イオン交換性(ないし膨潤性)を付与するための処理を行うことが好ましい。そのような処理のうちで特に好ましいものとしては、次のような化学処理が挙げられる。ここで化学処理とは、表面に付着している不純物を除去する表面処理と層状珪酸塩の結晶構造、化学組成に影響を与える処理とのいずれをも用いることができる。具体的には、(イ)塩酸、硫酸等を用いて行う酸処理

50

、(ロ)NaOH、KOH、NH<sub>3</sub>等を用いて行うアルカリ処理、(ハ)周期表第2族から第14族から選ばれた少なくとも1種の原子を含む陽イオンとハロゲン原子または無機酸由来の陰イオンからなる群より選ばれた少なくとも1種の陰イオンからなる塩類を用いた塩類処理、(ニ)アルコール、炭化水素化合物、ホルムアミド、アニリン等の有機物処理等が挙げられる。これらの処理は、単独で行ってもよいし、2つ以上の処理を組み合わせてもよい。

#### 【0102】

前記層状珪酸塩は、全ての工程の前、間、後のいずれの時点においても、粉碎、造粒、分粒、分別等によって粒子性状を制御することができる。その方法は、合目的な任意のものであり得る。特に、造粒法について示せば、例えば、噴霧造粒法、転動造粒法、圧縮造粒法、攪拌造粒法、ブリケットティング法、コンパクティング法、押出造粒法、流動層造粒法、乳化造粒法および液中造粒法等が挙げられる。特に好ましい造粒法は、上記の内、噴霧造粒法、転動造粒法および圧縮造粒法である。

10

#### 【0103】

上記した層状珪酸塩は、もちろんそのまま用いることもできるが、これらの層状珪酸塩をトリメチルアルミニウム、トリエチルアルミニウム、トリイソブチルアルミニウム、トリプロピルアルミニウム、トリブチルアルミニウム、トリヘキシルアルミニウム、トリオクチルアルミニウム、トリデシルアルミニウム、ジイソブチルアルミニウムハイドライドなどの有機アルミニウム化合物やAl-O-Al結合を含む有機アルミニウムオキシ化合物と組み合わせ用いることができる。

20

#### 【0104】

本発明のオレフィン系重合体の製造方法の必須成分である成分(A)を、層状珪酸塩に担持するには、成分(A)と層状珪酸塩とを相互に接触させる、あるいは成分(A)、有機アルミニウム化合物、層状珪酸塩を相互に接触させてもよい。

各成分の接触方法は、特に限定されず、例えば、以下の方法が任意に採用可能である。(VI)成分(A)と有機アルミニウム化合物とを接触させた後、層状珪酸塩担体と接触させる。

(VII)成分(A)と層状珪酸塩担体とを接触させた後、有機アルミニウム化合物と接触させる。

(VIII)有機アルミニウム化合物と層状珪酸塩担体とを接触させた後、成分(A)と接触させる。

30

#### 【0105】

これらの接触方法の中で(VI)と(VIII)が好ましい。いずれの接触方法においても、通常は窒素またはアルゴンなどの不活性雰囲気中、一般にベンゼン、トルエン、キシレン、エチルベンゼンなどの芳香族炭化水素(通常炭素数は6~12)、ヘプタン、ヘキサン、デカン、ドデカン、シクロヘキサンなどの脂肪族あるいは脂環族炭化水素(通常炭素数5~12)等の液状不活性炭化水素の存在下、攪拌下または非攪拌下に各成分を接触させる方法が採用される。

#### 【0106】

成分(A)と、有機アルミニウム化合物、層状珪酸塩担体との使用割合は、特に限定されないが、以下の範囲が好ましい。成分(A)の担持量は、層状珪酸塩担体1gあたり、0.0001ミリモル~5ミリモル、好ましくは0.001ミリモル~0.5ミリモル、さらに好ましくは0.01ミリモル~0.1ミリモルである。また、有機アルミニウム化合物を用いる場合のAl担持量は、0.01モル~100モル、好ましくは0.1モル~50モル、さらに好ましくは0.2モル~10モルの範囲であることが望ましい。

40

#### 【0107】

担持および溶媒除去の方法は、前記の無機物担体と同様の条件が使用できる。成分(B)と成分(C)とを兼ねる成分として、層状珪酸塩を用いると、得られるエチレン系重合体は、分子量分布が狭くなる。さらに、重合活性が高く、長鎖分岐を有するエチレン系重合体の生産性が向上する。こうして得られるオレフィン重合用触媒は、必要に応じてモノ

50

マーの予備重合を行った後に使用しても差し支えない。

【0108】

#### 5. オレフィン系重合体の製造方法

上記したオレフィン重合用触媒は、オレフィン重合、特に、エチレンの単独重合またはエチレンと  $\alpha$ -オレフィンとの共重合、に使用することができる。

本発明のオレフィン系重合体の製造方法においては、少なくともエチレンを含むことが好ましく、実質的に、エチレン単独重合体およびエチレンと  $\alpha$ -オレフィンとの共重合体を包含するエチレン系重合体であることが好ましい。

【0109】

モノマーである  $\alpha$ -オレフィン類には、炭素数3～30、好ましくは3～8のものが包含され、具体的には、プロピレン、1-ブテン、1-ヘキセン、1-オクテン、4-メチル-1-ペンテン等が例示される。 $\alpha$ -オレフィン類は、2種類以上の  $\alpha$ -オレフィンをエチレンと共重合させることも可能である。共重合は、交互共重合、ランダム共重合、ブロック共重合のいずれであっても差し支えない。エチレンと他の  $\alpha$ -オレフィンとを共重合させる場合、当該他の  $\alpha$ -オレフィンの量は、全モノマーの90モル%以下の範囲で任意に選ぶことができるが、一般的には、40モル%以下、好ましくは30モル%以下、さらに好ましくは10モル%以下の範囲で選ばれる。もちろん、エチレンや  $\alpha$ -オレフィン以外のモノマーを少量使用することも可能であり、この場合、スチレン、4-メチルスチレン、4-ジメチルアミノスチレン等のスチレン類、1,4-ブタジエン、1,5-ヘキサジエン、1,4-ヘキサジエン、1,7-オクタジエン等のジエン類、ノルボルネン、シクロペンテン等の環状化合物、ヘキセノール、ヘキセン酸、オクテン酸メチル等の含酸素化合物類、等の重合性二重結合を有する化合物を挙げることができる。

【0110】

本発明において、重合反応は、前記した担持触媒の存在下、好ましくはスラリー重合、又は気相重合にて、行うことができる。スラリー重合の場合、実質的に酸素、水等を断った状態で、イソブタン、ヘキサン、ヘプタン等の脂肪族炭化水素、ベンゼン、トルエン、キシレン等の芳香族炭化水素、シクロヘキサン、メチルシクロヘキサン等の脂環族炭化水素等から選ばれる不活性炭化水素溶媒の存在下または不存在下で、エチレン等を重合させる。また、液状エチレンや液状プロピレン等の液体モノマーも溶媒として使用できることは言うまでもない。また、気相重合の場合、エチレンやモノマーのガス流を導入、流通、または循環した反応器内においてエチレン等を重合させる。本発明において、更に好ましい重合は、気相重合である。重合条件は、温度が0～250℃、好ましくは20～110℃、更に好ましくは60～100℃であり、温度が60～90℃であると、より多くの長鎖分岐が導入される傾向がある。また、圧力が常圧～10MPa、好ましくは常圧～4MPa、更に好ましくは0.5MPa～2MPaの範囲にあり、重合時間としては5分～10時間、好ましくは5分～5時間が採用されるのが普通である。

【0111】

生成重合体の分子量は、重合温度、触媒のモル比等の重合条件を変えることによってある程度調節可能であるが、重合反応系に水素を添加することで、より効果的に分子量調節を行うことができる。

また、重合系中に、水分除去を目的とした成分、いわゆるスカベンジャーを加えても何ら支障なく実施することができる。なお、かかるスカベンジャーとしては、トリメチルアルミニウム、トリエチルアルミニウム、トリイソブチルアルミニウムなどの有機アルミニウム化合物、前記有機アルミニウムオキシ化合物、分岐アルキルを含有する変性有機アルミニウム化合物、ジエチル亜鉛、ジブチル亜鉛などの有機亜鉛化合物、ジエチルマグネシウム、ジブチルマグネシウム、エチルブチルマグネシウムなどの有機マグネシウム化合物、エチルマグネシウムクロリド、ブチルマグネシウムクロリドなどのグリニヤ化合物などが使用される。これらのなかでは、トリエチルアルミニウム、トリイソブチルアルミニウム、エチルブチルマグネシウムが好ましく、トリエチルアルミニウムが特に好ましい。水素濃度、モノマー量、重合圧力、重合温度等の重合条件が互いに異なる2段階以上の多段



階重合方式にも、支障なく適用することができる。

【0112】

6. エチレン系重合体の物性

本発明のオレフィン重合用触媒を用いて製造されたオレフィン系重合体、特にエチレン系重合体は、十分な数と長さの長鎖分岐が導入され、成型加工性がより改善されていることを特徴とする。

【0113】

一般に、ポリエチレンは、フィルム成形、ブロー成形、発泡成形等の熔融状態を経由する附型方法により工業製品へと加工されるが、この際、伸長流動特性が成形性のし易さに大きな影響を与えることはよく知られている。すなわち、分子量分布が狭く、長鎖分岐を持たないポリエチレンは、熔融強度が低いので成形性が悪く、一方、超高分子量成分や長鎖分岐成分を有するポリエチレンは、成型加工性に優れる。

10

本発明のオレフィン用重合触媒により製造されるエチレン系重合体は、示差屈折計 (RI) および粘度検出器 (Viscometer) を装備したGPC装置及び光散乱検出器を組み合わせて測定される分子量10万および100万における分岐指数 ( $g'$ ) の値から、十分な数と長さの長鎖分岐が導入されており、成型加工性に優れていることがわかる。

なお、本明細書においては、分子量10万および100万における分岐指数 ( $g'$ ) の値を、それぞれ、「 $g_a'$ 」および「 $g_b'$ 」という。

【0114】

20

また、本発明のエチレン系重合体は、成型加工性と機械的物性に優れるという観点から、さらに以下の特性を有することが好ましい。

【0115】

(1) MFR

本発明におけるエチレン系重合体のMFR (メルトフローレート、190、2.16 kg 荷重) は、好ましくは0.001 g / 10分 ~ 1000 g / 10分であり、より好ましくは0.01 g / 10分 ~ 100 g / 10分、更に好ましくは0.05 g / 10分 ~ 50 g / 10分、特に好ましくは0.1 g / 10分 ~ 50 g / 10分である。

なお、エチレン系重合体のMFRは、JIS K6760 (190、2.16 Kg 荷重) に準拠して測定したときの値である。

30

【0116】

(2) 密度

本発明におけるエチレン系重合体の密度は、好ましくは0.85 g / cm<sup>3</sup> ~ 0.97 g / cm<sup>3</sup> であり、より好ましくは0.88 g / cm<sup>3</sup> ~ 0.95 g / cm<sup>3</sup>、更に好ましくは0.90 g / cm<sup>3</sup> ~ 0.94 g / cm<sup>3</sup> である。

なお、エチレン系重合体の密度は、JIS K7112 に準拠して測定したときの値である。

【0117】

(3) Mw / Mn

本発明におけるエチレン系重合体の分子量分布 (Mw / Mn) は、好ましくは2.0 ~ 10.0 であり、より好ましくは2.0 ~ 9.0、更に好ましくは2.5 ~ 8.0、特に好ましくは2.5 ~ 7.5 である。

40

なお、エチレン系重合体の分子量分布 (Mw / Mn) は、重量平均分子量 (Mw) と数平均分子量 (Mn) との比 (Mw / Mn) で定義され、ゲル・パーミエーションクロマトグラフィー (GPC) 法により、以下の条件で測定したときの値をいう。

【0118】

保持容量から分子量への換算は、予め作成しておいた標準ポリスチレンによる検量線を用いて行う。使用する標準ポリスチレンは、何れも東ソー (株) 製の以下の銘柄である。F380、F288、F128、F80、F40、F20、F10、F4、F1、A5000、A2500、A1000。各々が0.5 mg / mL となるように、ODCB (0.

50

5 mg / mL の BHT を含む ) に溶解した溶液を 0.2 mL 注入して較正曲線を作成する。較正曲線は、最小二乗法で近似して得られる三次式を用いる。分子量への換算に使用する粘度式  $[\eta] = K \times M$  は、以下の数値を用いる。

PS :  $K = 1.38 \times 10^{-4}$ 、 $a = 0.7$

PE :  $K = 3.92 \times 10^{-4}$ 、 $a = 0.733$

PP :  $K = 1.03 \times 10^{-4}$ 、 $a = 0.78$

#### 【0119】

なお、GPC の測定条件は、以下の通りである。

装置 : Waters 社製 GPC (ALC / GPC 150C)

検出器 : FOXBORO 社製 MIRAN 1A IR 検出器 (測定波長 : 3.42  $\mu$ m)

)

カラム : 昭和電工社製 AD806M / S (3本)

移動相溶媒 : o - ジクロロベンゼン

測定温度 : 140

流速 : 1.0 mL / 分

注入量 : 0.2 mL

試料の調製 : 試料は、ODCB (0.5 mg / mL の BHT を含む) を用いて、1 mg / mL の溶液を調製し、140 で約 1 時間を要して溶解させる。なお、得られたクロマトグラムのベースラインと区間とは、図 1 に例示されるように行う。

#### 【0120】

(4) 分岐指数 ( $g_a'$  および  $g_b'$ )

本発明におけるエチレン系重合体は、分子量 10 万における分岐指数 ( $g_a'$ ) が、好ましくは 0.50 ~ 0.99、より好ましくは 0.50 ~ 0.94、さらに好ましくは 0.50 ~ 0.87、よりさらに好ましくは 0.55 ~ 0.80 である。分岐指数 ( $g_a'$ ) が上記範囲の場合、伸長粘度挙動と熔融流動性とのバランスに優れたエチレン系重合体を得られる。

本発明のエチレン系重合体は、 $g_b'$  が 0.30 ~ 0.75、好ましくは 0.30 ~ 0.68、より好ましくは 0.35 ~ 0.55 であり、さらに好ましくは 0.35 ~ 0.50 である。 $g_b'$  値が 0.75 より大きいと該エチレン系重合体の成形加工性が不十分であったり、透明性が不足したりして好ましくない場合がある。 $g_b'$  値が 0.30 より小さいと、エチレン系重合体の成形加工性は向上するが、成形体の衝撃強度が低下したり、透明性が悪化したりするので好ましくない場合がある。

なお、分岐指数 ( $g_a'$  および  $g_b'$ ) は、以下の方法により測定したときの値である。

#### 【0121】

(i) GPC - VIS による分岐構造解析

示差屈折計 (RI) および粘度検出器 (Viscometer) を装備した GPC 装置として、Waters 社の Alliance GPCV2000 を用いた。また、光散乱検出器として、多角度レーザー光散乱検出器 (MALLS) Wyatt Technology 社の DAWN-E を用いる。検出器は、MALLS、RI、Viscometer の順で接続した。移動相溶媒は、1, 2, 4 - trichlorobenzene (酸化防止剤 Irganox 1076 を 0.5 mg / mL の濃度で添加) である。流量は 1 mL / 分である。カラムは、東ソー社 GMHHR-H (S) HT を 2 本連結して用いる。カラム、試料注入部および各検出器の温度は、140 である。試料濃度は 1 mg / mL とする。注入量 (サンプルループ容量) は 0.2175 mL である。MALLS から得られる絶対分子量 ( $M$ )、慣性二乗半径 ( $R_g$ ) および Viscometer から得られる極限粘度 ( $[\eta]$ ) を求めるにあたっては、MALLS 付属のデータ処理ソフト ASTRA (version 4.73.04) を利用し、以下の文献を参考にして計算を行う。

#### 【0122】

参考文献 :

10

20

30

40

50

1. Developments in polymer characterization, vol. 4. Essex: Applied Science; 1984. Chapter 1.

2. Polymer, 45, 6495 - 6505 (2004)

3. Macromolecules, 33, 2424 - 2436 (2000)

4. Macromolecules, 33, 6945 - 6952 (2000)

#### 【0123】

(ii) 分岐指数 ( $g_a'$  および  $g_b'$ ) の算出

分岐指数 ( $g'$ ) は、サンプルを上記 Viscometer で測定して得られる極限粘度 ( $branch$ ) と、別途、線形ポリマーを測定して得られる極限粘度 ( $lin$ ) との比 ( $branch / lin$ ) として算出する。

10

ポリマー分子に長鎖分岐が導入されると、同じ分子量の線形のポリマー分子と比較して慣性半径が小さくなる。慣性半径が小さくなると極限粘度が小さくなることから、長鎖分岐が導入されるに従い同じ分子量の線形ポリマーの極限粘度 ( $lin$ ) に対する分岐ポリマーの極限粘度 ( $branch$ ) の比 ( $branch / lin$ ) は小さくなっていく。したがって分岐指数 ( $g' = branch / lin$ ) が 1 より小さい値になる場合には分岐が導入されていることを意味し、その値が小さくなるに従い導入されている長鎖分岐が増大していくことを意味する。

図 2 に上記 GPC - VIS による解析結果の一例を示す。図 2 は、分子量 ( $M$ ) における分岐指数 ( $g'$ ) を表す。 $\log M = 5$  の  $g'$  値を  $g_a'$ 、 $\log M = 6$  の  $g'$  値を  $g_b'$  とした。ここで、線形ポリマーとしては、直鎖ポリエチレン Standard Reference Material 1475a (National Institute of Standards & Technology) を用いる。

20

#### 【実施例】

#### 【0124】

以下に、本発明を、実施例を示して具体的に説明するが、本発明は、これらの実施例に限定されるものではない。なお、実施例において使用した評価方法は、以下のとおりであり、以下の触媒合成工程および重合工程は、すべて精製窒素雰囲気下で行い、また、使用した溶媒は、モレキュラーシーブ 4A で脱水精製したものをを用いた。

#### 【0125】

30

1. 各種評価 (測定) 方法

(1) MFR:

JIS K 6760 に準拠し、190、2.16 kg 荷重で測定した。FR (フローレイト比) は、190、10 kg 荷重の条件で同様に測定した MFR である MFR 10 kg と MFR との比 ( $= MFR 10 kg / MFR$ ) から算出した。

#### 【0126】

(2) 分子量分布 ( $M_w / M_n$ ) の測定:

前述した「6. エチレン系重合体の物性」の「(3)  $M_w / M_n$ 」の項に記載の方法で測定した。

#### 【0127】

40

(3) 分岐指数 ( $g'$ ) の測定:

前述した「6. エチレン系重合体の物性」の「(4) 分岐指数 ( $g_a'$  および  $g_b'$ )」の項に記載の方法で測定した。

#### 【0128】

2. 使用材料

[メタロセン化合物の合成]

(1) メタロセン化合物 A: ジメチルシリレン (2, 5 - ジメチル - 3 - フェニル - シクロペンタ [2, 3 - b] チオフェン - 6 - イル) (シクロペンタジエニル) ジルコニウムジクロリドの合成

(1 - 1) 2, 5 - ジメチル - 3 - フェニル - 6 - ヒドロシクロペンタ [1, 2 - b] チ

50

## オフェンの合成

J. Am. Chem. Soc. 2001, 123, 4763-4773の実験項に記載の手順に従って、2, 5 - ジメチル - 3 - フェニル - 6 - ヒドロシクロペンタ [ 1 , 2 - b ] チオフェンの合成を行なった。

( 1 - 2 ) ( 2 , 5 - ジメチル - 3 - フェニル - 6 - ヒドロシクロペンタ [ 2 , 3 - b ] チオフェン - 6 - イル ) ( シクロペンタジエニル ) ジメチルシランの合成

100 ml フラスコに、2, 5 - ジメチル - 3 - フェニル - 6 - ヒドロシクロペンタ [ 1 , 2 - b ] チオフェン 3.48 g ( 15.38 mmol ) と THF 35 ml とを加え溶液とした後、- 78 ° に冷却して n - ブチルリチウム / ヘキサン溶液 ( 2.5 M ) 7.38 ml ( 18.5 mmol ) を加え、10 ° で3時間攪拌した。別途用意した100 ml フラスコにジメチルジクロロシラン 3.97 g ( 30.76 mmol ) と THF 20 ml とを加え、- 78 ° に冷却して先の反応溶液を加えた。10 ° で12時間攪拌した。揮発物を減圧留去で除くことで黄色溶液が得られた。この黄色溶液に THF 58.5 ml を加えて溶液とし、- 30 ° でソジウムシクロペンタジエニリド / THF 溶液 ( 2 M ) 8.08 ml ( 16.2 mmol ) をゆっくり加えた。10 ° で90分間攪拌した。反応物を氷水 100 ml にゆっくりと加え、酢酸エチル 100 ml で2回抽出し、得られた有機相を無水硫酸ナトリウムで乾燥した。硫酸ナトリウムを濾過し、溶液を減圧留去して、シリカゲルカラムで精製し、( 2 , 5 - ジメチル - 3 - フェニル - 6 - ヒドロシクロペンタ [ 2 , 3 - b ] チオフェン - 6 - イル ) ( シクロペンタジエニル ) ジメチルシランの黄色オイル 2.97 g ( 収率 55% ) を得た。

( 1 - 3 ) ジメチルシリレン ( 2 , 5 - ジメチル - 3 - フェニル - シクロペンタ [ 2 , 3 - b ] チオフェン - 6 - イル ) ( シクロペンタジエニル ) ジルコニウムジクロリドの合成

200 ml フラスコに、( 2 , 5 - ジメチル - 3 - フェニル - 6 - ヒドロシクロペンタ [ 2 , 3 - b ] チオフェン - 6 - イル ) ( シクロペンタジエニル ) ジメチルシラン 2.97 g ( 8.52 mmol )、ジエチルエーテル 30 ml を加え、- 78 ° まで冷却した。ここに n - ブチルリチウム / n - ヘキサン溶液 ( 2.5 M ) 7.16 ml ( 17.9 mmol ) を滴下し、室温に戻し3時間攪拌した。反応液の溶媒を減圧留去し、ジクロロメタン 90 ml を加え、- 78 ° まで冷却した。そこに、四塩化ジルコニウム 2.08 g ( 8.95 mmol ) を加え、徐々に室温に戻しながら一夜攪拌した。反応液をろ過して得られたろ液から溶媒を減圧留去することで、黄色粉末が得られた。この粉末をトルエン 18 ml と n - ペンタン 6 ml との混合溶媒で洗浄し、メチルシリレン ( 2 , 5 - ジメチル - 3 - フェニル - シクロペンタ [ 2 , 3 - b ] チオフェン - 6 - イル ) ( シクロペンタジエニル ) ジルコニウムジクロリドの黄色結晶 0.98 g ( 収率 22% ) を得た。

### 【 0 1 2 9 】

<sup>1</sup> H - NMR 値 ( C D C l <sub>3</sub> ) : 0.90 ( s , 3 H ) , 0.95 ( s , 3 H ) , 2.24 ( s , 3 H ) , 2.55 ( s , 3 H ) , 5.94 ( t , 2 H ) , 6.55 ( s , 1 H ) , 6.92 ( m , 2 H ) , 7.34 ( m , 1 H ) , 7.45 ( t , 2 H ) , 7.53 ( m , 2 H ) 。

### 【 0 1 3 0 】

( 2 ) メタロセン化合物 B : ジメチルシリレン ( 3 - フェニル - シクロペンタ [ 2 , 3 - b ] チオフェン - 6 - イル ) ( シクロペンタジエニル ) ジルコニウムジクロリドの合成  
( 2 - 1 ) 4 - フェニルチオフェン - 2 - カルボキシアルデヒドの合成

窒素下で100 ml フラスコに4 - ブロモチオフェン - 2 - カルボキシアルデヒド 2.00 g ( 11.49 mmol )、フェニルボロン酸 1.40 g ( 11.49 mmol )、炭酸ナトリウム 2.44 g ( 22.98 mmol ) とトルエン 15 ml、エタノール 15 ml、水 5 ml を加えた後、Pd ( P P h <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> 663.96 mg を添加し、100 ° で6時間攪拌した。酢酸エチル 100 ml で2回抽出し、得られた有機相を水 50 ml、飽和食塩水 50 ml で洗浄し、無水硫酸ナトリウムで乾燥した。硫酸ナトリウムを濾過し、溶液を減圧留去して、シリカゲルカラムで精製し、4 - フェニルチオフェン - 2 - カルボキシアルデヒドの黄色固体 1.60 g ( 収率 81.3% ) を得た。

## (2-2) 3-(4-フェニル-2-チエニル)-プロピオン酸の合成

窒素下で300mlフラスコにトリエチルアミン29.53g(256.25mmol)を加え、ギ酸30.78g(640.64mmol)を0 でゆっくりと添加した。混合物を25 で1.5時間攪拌した後、DMF15mlを加えた。続いて、2,2-ジメチル-1,3-ジオキサン-4,6-ジオン16.16g(112.11mmol)のDMF100ml溶液を加え、さらに4-フェニルチオフェン-2-カルボキシアルデヒド20.10g(106.77mmol)を25 で添加した。混合物を100 で72時間攪拌すると茶色の溶液となった。反応液を氷水150mlに加え、6N塩酸15mlでpHを1に調整することで、固体が析出した。析出した固体をろ取り、水20mlで5回、酢酸エチル100mlで2回それぞれ洗浄することで、3-(4-フェニル-2-チエニル)-プロピオン酸の黄色固体22.67g(収率91.40%)を得た。

10

## (2-3) 3-フェニル-シクロペンテノ[2,3-b]チオフェン-4-オンの合成

100mlフラスコに3-(4-フェニル-2-チエニル)-プロピオン酸20.60g(88.68mmol)を加え、78~83 でEaton試薬23.06g(15.17ml、96.86mmol)を添加した。混合物を80 で1時間攪拌した後、氷水200mlに注ぎ、ジクロロメタン200mlで3回抽出した。得られた有機相は炭酸ナトリウム水溶液200mlで洗浄し、無水硫酸ナトリウムで乾燥した。硫酸ナトリウムを濾過し、溶液を減圧留去して、シリカゲルカラムで精製し、3-フェニル-シクロペンテノ[2,3-b]チオフェン-4-オンの淡黄色固体8.20g(収率43.2%)を得た。

20

## (2-4) 3-フェニル-6-ヒドロシクロペンタ[1,2-b]チオフェンの合成

窒素下で100mlフラスコに3-フェニル-シクロペンテノ[2,3-b]チオフェン-4-オン3.00g(14.00mmol)と無水THF50mlとを加え、0 でリチウムアルミニウムハイドライド425.04mg(11.20mmol)を添加した。混合物を20 で1.5時間攪拌した後、反応物を氷水20mlへ注ぎ、酢酸エチル50mlで3回抽出した。得られた有機相を飽和塩化アンモニウム水溶液50mlで2回洗浄し、無水硫酸ナトリウムで乾燥した。硫酸ナトリウムを濾過し、溶液を減圧留去して黄色固体2.85gを得た。

窒素下で300mlフラスコに上記の黄色固体2.85gとトルエン150mlとを加え、p-トルエンスルホン酸・一水和物25.06mg(131.80μmol)と2,6-ジ-t-ブチルフェノール27.19mg(131.80μmol)とを添加した。混合物を110 で2時間攪拌すると淡黄色溶液が得られた。得られた淡黄色溶液を飽和炭酸水素ナトリウム水溶液50mlへ注ぎ、有機相を分離した。水相を酢酸エチル30mlで3回抽出し、先の有機相と混合して無水硫酸ナトリウムで乾燥した。硫酸ナトリウムを濾過し、溶液を減圧留去して、シリカゲルカラムで精製し、3-フェニル-6-ヒドロシクロペンタ[1,2-b]チオフェンの淡黄色オイル1.15g(収率44.0%)を得た。

30

## (2-5) (3-フェニル-6-ヒドロシクロペンタ[2,3-b]チオフェン-6-イル)(シクロペンタジエニル)ジメチルシランの合成

窒素下で100mlフラスコに、3-フェニル-6-ヒドロシクロペンタ[1,2-b]チオフェン1.10g(5.55mmol)とTHF30mlとを加え溶液とした後、-78 に冷却してn-ブチルリチウム/ヘキサン溶液(2.5M)2.66ml(6.65mmol)を加え、10 で3時間攪拌した。別途用意した100mlフラスコにジメチルジクロロシラン1.43g(11.10mmol)とTHF10mlとを加え、-78 に冷却して先の反応溶液を加えた。10 で12時間攪拌した後、揮発物を減圧留去で除くことで淡黄色固体1.61gが得られた。この黄色溶液にTHF30mlを加えて溶液とし、-30 でソジウムシクロペンタジエニリド/THF溶液(2M)3.05ml(6.1mmol)を加えた。10 で90分間攪拌した。反応物を氷水20mlに加え、有機相を分離した。水相を酢酸エチル50mlで2回抽出し、先の有機相と混合して無水硫酸ナトリウムで乾燥した。硫酸ナトリウムを濾過し、溶液を減圧留去して、シリ

40

50

カゲルカラムで精製し、(3-フェニル-6-ヒドロシクロペンタ[2,3-b]チオフェン-6-イル)(シクロペンタジエニル)ジメチルシランの淡黄色オイル690mg(収率38.8%)を得た。

(2-6)ジメチルシリレン(3-フェニル-シクロペンタ[2,3-b]チオフェン-6-イル)(シクロペンタジエニル)ジルコニウムジクロリドの合成

窒素下で200mlフラスコに、(3-フェニル-6-ヒドロシクロペンタ[2,3-b]チオフェン-6-イル)(シクロペンタジエニル)ジメチルシラン2.50g(7.80mmol)、ジエチルエーテル50mlを加え、-78℃まで冷却した。ここにn-ブチルリチウム/n-ヘキサン溶液(2.5M)6.55ml(16.4mmol)を滴下し、10℃で3時間撹拌した。反応液の溶媒を減圧留去し、ジクロロメタン90mlを加え、-78℃まで冷却した。そこに、四塩化ジルコニウム1.91g(8.18mmol)を加え、3時間かけて10℃に昇温し、さらに10℃で一夜撹拌した。反応液をろ過して得られたる液から溶媒を減圧留去することで、黄色粉末が得られた。この粉末をトルエン11mlとn-ペンタン4mlとの混合溶媒で洗浄し、さらにジクロロメタン90mlで抽出して不溶分を除去した。得られたジクロロメタン溶液を減圧留去することでジメチルシリレン(3-フェニル-シクロペンタ[2,3-b]チオフェン-6-イル)(シクロペンタジエニル)ジルコニウムジクロリドの黄色結晶0.9g(収率24%)を得た。

【0131】

<sup>1</sup>H-NMR値(CDC1<sub>3</sub>): 0.86(s, 3H), 0.91(s, 3H), 5.94(m, 1H), 6.00(m, 1H), 6.14(m, 1H), 6.90(m, 1H), 6.95(m, 1H), 7.04(d, 1H), 7.35(t, 1H), 7.44(t, 2H), 7.52(d, 1H), 7.66(d, 2H)。

【0132】

(3)メタロセン化合物C:ジメチルシリレン(3-(5-メチル-2-フリル)-シクロペンタ[2,3-b]チオフェン-6-イル)(シクロペンタジエニル)ジルコニウムジクロリドの合成

(3-1)4-プロモチオフェン-2-カルボキシアルデヒドの合成

窒素下で300mlフラスコに3,4-ジプロモチオフェン17.00g(70.27mmol)とジエチルエーテル35mlとを加え、-78℃でn-ブチルリチウム/n-ヘキサン溶液(2.5M)28.11ml(70.28mmol)をゆっくり滴下し、-78℃のまま15分間撹拌した。引き続き、DMF5.14g(70.27mmol)を加え、-78℃で3時間撹拌した。さらに、反応液を15℃へ昇温し、水40mlを加えた。ジエチルエーテル50mlで2回抽出し、有機相を炭酸カリウムで乾燥した。炭酸カリウムを濾過し、溶液を減圧留去して、4-プロモチオフェン-2-カルボキシアルデヒドの粗生成物15g(純度約80%)を得た。

(3-2)3-(4-プロモ-3-チエニル)-プロピオン酸の合成

窒素下で300mlフラスコにギ酸7.54g(157.02mmol)を加え、トリエチルアミン6.36g(62.81mmol)を0℃でゆっくりと添加した。混合物を20℃で1.5時間撹拌した後、DMF50mlを加えた。続いて、2,2-ジメチル-1,3-ジオキササン-4,6-ジオン3.96g(27.48mmol)のDMF10ml溶液を加え、さらに4-プロモチオフェン-2-カルボキシアルデヒド5.00g(26.17mmol)のDMF10ml溶液を20℃で添加した。混合物を100℃で12時間撹拌すると茶色の溶液となった。反応液を氷水100mlに加え、2N水酸化ナトリウム水溶液でpHを12に調整した。ジクロロメタン100mlで2回抽出し、水相を6N塩酸でpHを1に調整し、再びジクロロメタン100mlで3回抽出した。有機相を無水硫酸ナトリウムで乾燥した。硫酸ナトリウムを濾過し、溶液を減圧留去して、3-(4-プロモ-3-チエニル)-プロピオン酸の粗生成物4.30gを得た。

(3-3)3-プロモ-シクロペンタ[2,3-b]チオフェン-6-オンの合成

200mlフラスコにEaton試薬111.38g(73.28ml、467.89

mmol)を加え、40℃で3-(4-ブromo-3-チエニル)-プロピオン酸11.00g(46.79mmol)を添加した。混合物を40℃で30分間攪拌した後、氷水200mlに注ぎ、ジクロロメタン200mlで4回抽出した。得られた有機相は飽和炭酸水素ナトリウム水溶液200mlで洗浄し、無水硫酸ナトリウムで乾燥した。硫酸ナトリウムを濾過し、溶液を減圧留去して、シリカゲルカラムで精製し、3-ブromo-シクロペンテノ[2,3-b]チオフェン-6-オンの黄色固体1.90g(収率18.7%)を得た。

(3-4)3-(5-メチル-2-フリル)-シクロペンテノ[2,3-b]チオフェン-6-オンの合成

窒素下で500mlフラスコに3-ブromo-シクロペンテノ[2,3-b]チオフェン-6-オン8.00g(36.85mmol)、Pd(dba)<sub>2</sub>423.81mg(737.00μmol)、トリフェニルホスフィン773.29mg(2.95mmol)とトルエン200mlとを加えた後、別途調製したトリ(n-ブチル)(5-メチル-2-フリル)すず16.41gのトルエン40ml溶液を添加し、110℃で16時間攪拌した。反応液を酢酸エチル300mlで希釈し、5%フッ化カリウム水溶液200mlで洗浄した。有機相を分離後、水相を酢酸エチル200mlで2回抽出し、得られた有機相を先の有機相と合わせ、飽和食塩水300mlで洗浄し、無水硫酸ナトリウムで乾燥した。硫酸ナトリウムを濾過し、溶液を減圧留去して、シリカゲルカラムで精製し、さらに酢酸エチル/石油エーテルの混合溶媒で再結晶し3-(5-メチル-2-フリル)-シクロペンテノ[2,3-b]チオフェン-6-オンの黄色固体7.04g(収率87.5%)を得た。

(3-5)3-(5-メチル-2-フリル)-6-ヒドロシクロペンタ[1,2-b]チオフェンの合成

窒素下で100mlフラスコに3-(5-メチル-2-フリル)-シクロペンテノ[2,3-b]チオフェン-6-オン4.00g(18.33mmol)とエタノール40mlとを加え、20℃で4-メチルベンゼンスルホンヒドラジド3.58g(19.25mmol)とトルエンスルホン酸一水和物697.19mg(3.67mmol)とを添加した。混合物を78℃で16時間攪拌し、黄色の懸濁液が得られた。0℃に冷却し、ろ過で黄色固体を回収して0℃のエタノール10mlで3回洗浄した後、黄色固体を減圧乾燥した。

窒素下で500mlフラスコに得られた黄色固体とTHF300mlとを加え、-78℃でn-ブチルリチウム/n-ヘキサン溶液(2.5M)16.04ml(40.1mmol)を滴下し、66℃で20分間攪拌した。反応液を氷水200mlに注ぎ、有機相を分離した後、水相を酢酸エチル200mlで2回抽出し、先の有機相と合わせ無水硫酸ナトリウムで乾燥した。硫酸ナトリウムを濾過し、溶液を減圧留去して、シリカゲルカラムで精製し、3-(5-メチル-2-フリル)-6-ヒドロシクロペンタ[1,2-b]チオフェンの黄色オイル2.27g(収率61.4%)を得た。

(3-6)(3-(5-メチル-2-フリル)-6-ヒドロシクロペンタ[2,3-b]チオフェン-6-イル)(シクロペンタジエニル)ジメチルシランの合成

窒素下で100mlフラスコに3-(5-メチル-2-フリル)-6-ヒドロシクロペンタ[1,2-b]チオフェン1.00g(4.94mmol)とTHF20mlとを加え、-78℃に冷却してn-ブチルリチウム/ヘキサン溶液(2.5M)2.37ml(5.93mmol)を加え、20℃で3時間攪拌した。続いて、-78℃でシクロペンタジエニルジメチルシリルクロリド/ヘキサン溶液(0.67M)11.06ml(7.41mmol)をゆっくり添加し、20℃で1.5時間攪拌した。反応液を氷水150mlに注ぎ、酢酸エチル100mlで4回抽出した。有機相を飽和食塩水で洗浄し、無水硫酸ナトリウムで乾燥した。硫酸ナトリウムを濾過し、溶液を減圧留去して、シリカゲルカラムで精製し、(3-(5-メチル-2-フリル)-6-ヒドロシクロペンタ[2,3-b]チオフェン-6-イル)(シクロペンタジエニル)ジメチルシランの淡黄色オイル1.04g(収率64.9%)を得た。

(3-7)ジメチルシリレン(3-(5-メチル-2-フリル)-シクロペンタ[2,3-b]チオフェン-6-イル)(シクロペンタジエニル)ジルコニウムジクロリドの合成  
窒素下で200mlフラスコに、(3-(5-メチル-2-フリル)-6-ヒドロシクロペンタ[2,3-b]チオフェン-6-イル)(シクロペンタジエニル)ジメチルシラン1.20g(3.70mmol)、ジエチルエーテル18mlを加え、-78℃まで冷却した。ここにn-ブチルリチウム/n-ヘキサン溶液(2.5M)3.11ml(7.78mmol)を滴下し、20℃で3時間攪拌した。反応液の溶媒を減圧留去し、ジクロロメタン50mlを加え、-78℃まで冷却した。そこに、四塩化ジルコニウム947.93mg(4.07mmol)を加え、3時間かけて20℃に昇温し、さらに20℃で一晩攪拌した。反応液をろ過して得られたろ液から溶媒を減圧留去することで、黄色粉末が得られた。この粉末をトルエン10mlとn-ペンタン5mlとの混合溶媒で洗浄し、さらにトルエン50mlで抽出して不溶分を除去した。得られたトルエン溶液を減圧留去することでジメチルシリレン(3-(5-メチル-2-フリル)-シクロペンタ[2,3-b]チオフェン-6-イル)(シクロペンタジエニル)ジルコニウムジクロリドの緑色固体270mg(収率15.1%)を得た。

10

## 【0133】

$^1\text{H-NMR}$ 値( $\text{CDCl}_3$ ): 0.85(s, 3H), 0.89(s, 3H), 2.36(s, 3H), 5.92(d, 1H), 5.99(d, 1H), 6.07(d, 1H), 6.13(d, 1H), 6.50(d, 1H), 6.87(d, 1H), 6.93(d, 1H), 7.00(d, 1H), 7.56(s, 1H)。

20

## 【0134】

(4)メタロセン化合物D:ジメチルシリレン(3-フェニル-4-メチル-シクロペンタ[2,3-b]チオフェン-6-イル)(シクロペンタジエニル)ジルコニウムジクロリドの合成

(4-1)3-フェニル-4-メチル-6-ヒドロシクロペンタ[1,2-b]チオフェンの合成

窒素下で200mlフラスコに(2)メタロセン化合物Bの合成の(2-3)で得られる3-フェニル-シクロペンテノ[2,3-b]チオフェン-4-オン8.00g(37.33mmol)とトルエン100mlとを加え、0℃でメチルマグネシウムブロミド(3M)18.67ml(56.01mmol)を添加し、15℃で12時間攪拌した。反応液を氷水100mlへ注ぎ、有機相を分離し無水硫酸ナトリウムで乾燥した。硫酸ナトリウムを濾過し、溶液を減圧留去して茶色オイル8.3gを得た。

30

窒素下で1000mlフラスコに先の茶色オイル5.00gとトルエン500mlとを加え、20℃でトルエンスルホン酸一水和物41.29mg(217.1 $\mu\text{mol}$ )と2,6-ジ-t-ブチルフェノール44.79mg(217.1 $\mu\text{mol}$ )とを添加し、110℃で1時間攪拌した。室温まで冷却し、反応液を飽和炭酸水素ナトリウム水溶液100mlへ注いだ。有機相を分離し、水相を酢酸エチル100mlで3回抽出し、先の有機相と混合し無水硫酸ナトリウムで乾燥した。シリカゲルカラムで精製し、3-(5-メチル-2-フリル)-6-ヒドロシクロペンタ[1,2-b]チオフェンの黄色オイル2.27g(収率61.4%)を得た。硫酸ナトリウムを濾過し、溶液を減圧留去して、シリカゲルカラムで精製し、3-フェニル-4-メチル-6-ヒドロシクロペンタ[1,2-b]チオフェンの黄色オイル1.80g(収率39.1%)を得た。

40

(4-2)(3-フェニル-4-メチル-6-ヒドロシクロペンタ[2,3-b]チオフェン-6-イル)(シクロペンタジエニル)ジメチルシランの合成

窒素下で100mlフラスコに、3-フェニル-4-メチル-6-ヒドロシクロペンタ[1,2-b]チオフェン3.70g(17.43mmol)とTHF50mlとを加え溶液とした後、-78℃に冷却してn-ブチルリチウム/ヘキサン溶液(2.5M)8.37ml(20.9mmol)を加え、10℃で3時間攪拌した。再び-78℃に冷却し、ジメチルジクロロシラン4.50g(34.86mmol)を素早く添加し、10℃で12時間攪拌した。揮発物を減圧留去で除くことで淡黄色オイル5.31gを得た。この

50



黄色溶液にTHF 60 mlを加えて溶液とし、-78 でソジウムシクロペンタジエニド/THF溶液(2 M) 9.14 ml(18.3 mmol)を添加した。10 で2時間攪拌し、反応物を氷水50 mlに加え、有機相を分離した。水相を酢酸エチル100 mlで2回抽出し、先の有機相と混合して無水硫酸ナトリウムで乾燥した。硫酸ナトリウムを濾過し、溶液を減圧留去して、シリカゲルカラムで精製し、(3-フェニル-4-メチル-6-ヒドロシクロペンタ[2,3-b]チオフェン-6-イル)(シクロペンタジエニル)ジメチルシランの淡黄色オイル2.20 g(収率32.1%)を得た。

(4-3)ジメチルシリレン(3-フェニル-4-メチル-シクロペンタ[2,3-b]チオフェン-6-イル)(シクロペンタジエニル)ジルコニウムジクロリドの合成

窒素下で200 mlフラスコに、(3-フェニル-4-メチル-6-ヒドロシクロペンタ[2,3-b]チオフェン-6-イル)(シクロペンタジエニル)ジメチルシラン2.20 g(6.58 mmol)、ジエチルエーテル50 mlを加え、-78 まで冷却した。ここにn-ブチルリチウム/n-ヘキサン溶液(2.5 M) 5.53 ml(13.8 mmol)を滴下し、10 で3時間攪拌した。反応液の溶媒を減圧留去し、ジクロロメタン70 mlを加え、-78 まで冷却した。そこに、四塩化ジルコニウム1.69 g(7.24 mmol)を加え、3時間かけて10 に昇温し、さらに10 で一夜攪拌した。反応液をろ過して得られたろ液から溶媒を減圧留去することで、茶色固体が得られた。この固体をトルエン11 mlとn-ペンタン4 mlとの混合溶媒で洗浄し、減圧乾燥することでジメチルシリレン(3-フェニル-4-メチル-シクロペンタ[2,3-b]チオフェン-6-イル)(シクロペンタジエニル)ジルコニウムジクロリドの淡緑色固体1.40 g(収率43.0%)を得た。

【0135】

<sup>1</sup>H-NMR値(CDC1<sub>3</sub>): 0.80(s, 3H), 0.90(s, 3H), 2.17(s, 3H), 5.62(s, 1H), 5.81(q, 1H), 5.94(q, 1H), 6.95(m, 1H), 7.01(m, 1H), 7.28(s, 1H), 7.36-7.40(m, 3H), 7.49(d, 2H)。

【0136】

(5)メタロセン化合物E:ジメチルシリレン(3-(5-メチル-2-フリル)-4-メチル-シクロペンタ[2,3-b]チオフェン-6-イル)(シクロペンタジエニル)ジルコニウムジクロリドの合成

(5-1)3-アセチル-4-プロモチオフェンの合成

窒素下で500 mlフラスコに3,4-ジプロモチオフェン40.00 g(165.34 mmol)とジエチルエーテル200 mlとを加え、-78 でn-ブチルリチウム/n-ヘキサン溶液(2.5 M) 66.14 ml(165.4 mmol)をゆっくり滴下し、-78 のまま30分間攪拌した。引き続き、-78 でN-メトキシ-N-メチル-アセトアミド20.46 g(198.41 mmol)を加え、20 で12時間攪拌した。反応液を2N塩酸でpH=7に調整し、酢酸エチル100 mlで3回抽出した。有機相を水100 mlで洗浄し、無水硫酸ナトリウムで乾燥した。硫酸ナトリウムを濾過し、溶液を減圧留去して、シリカゲルカラムで精製し、3-アセチル-4-プロモチオフェンの淡黄色オイル19.0 g(収率56.0%)を得た。

(5-2)3-(4-プロモ-3-チエニル)-3-ヒドロキシ酪酸エチルの合成

窒素下で500 mlフラスコに亜鉛22.96 g(351.10 mmol)とTHF 180 mlとを加え、20 でトリメチルシリルクロリド3.18 g(29.26 mmol)を添加し、30分間攪拌した。混合物を40 に加温し、プロモ酢酸エチル29.32 g(175.55 mmol)をゆっくりと添加し、40 で2時間攪拌して茶色の懸濁液を得た。別途用意した500 mlフラスコに窒素下で3-アセチル-4-プロモチオフェン30.00 g(146.29 mmol)とTHF 80 mlとを加え、66 で先の茶色懸濁液をゆっくり添加し、66 のまま6時間攪拌した。反応液を氷水400 mlに注ぎ酢酸エチル200 mlで2回抽出した。有機相を水100 mlで3回洗浄し、無水硫酸ナトリウムで乾燥した。硫酸ナトリウムを濾過し、溶液を減圧留去して、3-(4-プロモ

10

20

30

40

50

- 3 - チエニル) - 3 - ヒドロキシ酪酸エチルの茶色オイル 40.00 g を得た。

(5 - 3) 3 - (4 - ブロモ - 3 - チエニル) - 酪酸エチルの合成

窒素下で 1000 ml フラスコに 3 - (4 - ブロモ - 3 - チエニル) - 3 - ヒドロキシ酪酸エチル 40.00 g (136.43 mmol) とトリエチルシラン 19.04 g (163.72 mmol) とトリフルオロ酢酸 308.02 g (2.70 mol) とを加え、71 で 4 時間撹拌した。反応液を濃縮し、酢酸エチル 500 ml に溶解して、炭酸ナトリウム水溶液で pH = 7 に調整した。有機相を分離し、水 100 ml で 3 回洗浄し、無水硫酸ナトリウムで乾燥した。硫酸ナトリウムを濾過し、溶液を減圧留去して、3 - (4 - ブロモ - 3 - チエニル) - 3 - ヒドロキシ酪酸エチルの茶色オイル 55.00 g を得た。

(5 - 4) 3 - (4 - ブロモ - 3 - チエニル) - 3 - ヒドロキシ酪酸の合成

窒素下で 1000 ml フラスコに 3 - (4 - ブロモ - 3 - チエニル) - 3 - ヒドロキシ酪酸エチル 50.00 g (180.39 mmol) とエタノール 300 ml とを加え、20 で水酸化カリウム 40.49 g (721.56 mmol) を添加し、78 で 12 時間撹拌した。反応液を濃縮し、水 300 を加え酢酸エチル 100 ml で 3 回抽出した。水相を 6 N 塩酸で pH = 3 に調整し、ジクロロメタン 200 ml で 3 回抽出した。有機相を無水硫酸ナトリウムで乾燥した。硫酸ナトリウムを濾過し、溶液を減圧留去して、3 - (4 - ブロモ - 3 - チエニル) - 3 - ヒドロキシ酪酸の茶色オイル 25.00 g を得た。

(5 - 5) 3 - ブロモ - 4 - メチル シクロペンテノ [2, 3 - b] チオフェン - 6 - オンの合成

窒素下で 500 ml フラスコに 3 - (4 - ブロモ - 3 - チエニル) - 3 - ヒドロキシ酪酸 30.00 g (120.42 mmol) を加え、20 で塩化チオニル 246.00 g (2.07 mol) を添加した。混合物を 76 で 3 時間撹拌し、未反応の塩化チオニルを減圧留去で除いた。引き続き、ジクロロメタン 200 ml を加え、0 で塩化アルミニウム 19.14 g (143.51 mmol) を添加し、20 で 2 時間撹拌した。反応液を氷水 200 ml に注ぎ、ジクロロメタン 200 ml で 3 回抽出し、有機相を水 100 ml で 3 回洗浄して、無水硫酸ナトリウムで乾燥した。硫酸ナトリウムを濾過し、溶液を減圧留去して、3 - ブロモ - 4 - メチル シクロペンテノ [2, 3 - b] チオフェン - 6 - オンの茶色オイル 24.50 g を得た。

(5 - 6) 3 - (5 - メチル - 2 - フリル) - 4 - メチル シクロペンテノ [2, 3 - b] チオフェン - 6 - オンの合成

窒素下で 500 ml フラスコに 3 - ブロモ - 4 - メチル シクロペンテノ [2, 3 - b] チオフェン - 6 - オン 13.50 g (58.41 mmol)、Pd(dba)<sub>2</sub> 671.77 mg (1.17 mmol)、トリフェニルホスフィン 1.23 g (4.67 mmol) とトルエン 250 ml とを加えた後、別途調製したトリ(n - ブチル)(5 - メチル - 2 - フリル)すず 26.02 g (70.10 mmol) を添加し、110 で 12 時間撹拌した。反応液を 5 % フッ化カリウム水溶液 400 ml に注ぎ、酢酸エチル 200 ml で 3 回抽出し、水 100 ml で 3 回洗浄して、有機相を無水硫酸ナトリウムで乾燥した。硫酸ナトリウムを濾過し、溶液を減圧留去して、シリカゲルカラムで精製し、3 - (5 - メチル - 2 - フリル) - 4 - メチル シクロペンテノ [2, 3 - b] チオフェン - 6 - オンの淡黄色オイル 9.30 g (収率 68.54%) を得た。

(5 - 7) 3 - (5 - メチル - 2 - フリル) - 4 - メチル 6 - ヒドロシクロペンタ [1, 2 - b] チオフェンの合成

窒素下で 100 ml フラスコに 3 - (5 - メチル - 2 - フリル) - 4 - メチル シクロペンテノ [2, 3 - b] チオフェン - 6 - オン 5.00 g (21.52 mmol) とエタノール 40 ml とを加え、20 で 4 - メチルベンゼンスルホンヒドラジド 4.81 g (25.82 mmol) とトルエンスルホン酸一水和物 1.02 g (5.38 mmol) とを添加した。混合物を 78 で 18 時間撹拌し、黄色の懸濁液が得られた。ろ過で黄色固体を回収し、エタノール 10 ml で 2 回洗浄した後、減圧乾燥し黄色固体 4.6 g を得た。この反応をもう一度行ない、黄色固体を合計で 6.8 g 確保した。

窒素下で 200 ml フラスコに得られた黄色固体 5.00 g と THF 60 ml とを加え

10

20

30

40

50

、 - 78 で  $n$ -ブチルリチウム /  $n$ -ヘキサン溶液 (2.5 M) 12.48 ml (31.20 mmol) を滴下し、66 で1時間撹拌した。反応液を氷水 80 ml に注ぎ、酢酸エチル 60 ml で3回抽出して、得られた有機相を無水硫酸ナトリウムで乾燥した。硫酸ナトリウムを濾過し、溶液を減圧留去して、シリカゲルカラムで精製し、3-(5-メチル-2-フリル)-4-メチル-6-ヒドロシクロペンタ[1,2-b]チオフェンの黄色オイル 1.60 g (収率 59.3%) を得た。

(5-8) (3-(5-メチル-2-フリル)-4-メチル-6-ヒドロシクロペンタ[2,3-b]チオフェン-6-イル)(シクロペンタジエニル)ジメチルシランの合成

窒素下で 100 ml フラスコに 3-(5-メチル-2-フリル)-4-メチル-6-ヒドロシクロペンタ[1,2-b]チオフェン 2.00 g (9.25 mmol) と THF 20 ml とを加え、-78 に冷却して  $n$ -ブチルリチウム / ヘキサン溶液 (2.5 M) 4.07 ml (10.18 mmol) を加え、20 で3時間撹拌した。続いて、-78 でシクロペンタジエニルジメチルシリルクロリド / ヘキサン溶液 (0.67 M) 15.19 ml (10.18 mmol) をゆっくり添加し、20 で1.5時間撹拌した。反応液を氷水 150 ml に注ぎ、酢酸エチル 100 ml で4回抽出した。有機相を飽和食塩水で洗浄し、無水硫酸ナトリウムで乾燥した。硫酸ナトリウムを濾過し、溶液を減圧留去して、シリカゲルカラムで精製し、(3-(5-メチル-2-フリル)-4-メチル-6-ヒドロシクロペンタ[2,3-b]チオフェン-6-イル)(シクロペンタジエニル)ジメチルシランの黄色オイル 1.46 g (収率 46.6%) を得た。

(5-9) ジメチルシリレン(3-(5-メチル-2-フリル)-4-メチルシクロペンタ[2,3-b]チオフェン-6-イル)(シクロペンタジエニル)ジルコニウムジクロリドの合成

窒素下で 200 ml フラスコに、(3-(5-メチル-2-フリル)-4-メチル-6-ヒドロシクロペンタ[2,3-b]チオフェン-6-イル)(シクロペンタジエニル)ジメチルシラン 1.46 g (4.31 mmol)、ジエチルエーテル 20 ml を加え、-78 まで冷却した。ここに  $n$ -ブチルリチウム /  $n$ -ヘキサン溶液 (2.5 M) 3.62 ml (9.05 mmol) を滴下し、20 で3時間撹拌した。反応液の溶媒を減圧留去し、ジクロロメタン 55 ml を加え、-78 まで冷却した。そこに、四塩化ジルコニウム 1.10 g (4.74 mmol) を加え、3時間かけて 20 に昇温し、さらに 20

で一夜撹拌した。反応液をろ過して得られたろ液から溶媒を減圧留去することで、茶色粉末が得られた。この粉末をトルエン 5 ml と  $n$ -ペンタン 10 ml との混合溶媒で洗浄し、さらにトルエン 100 ml で抽出して不溶分を除去した。得られたトルエン溶液を減圧留去することでジメチルシリレン(3-(5-メチル-2-フリル)-4-メチルシクロペンタ[2,3-b]チオフェン-6-イル)(シクロペンタジエニル)ジルコニウムジクロリドの緑色固体 207 mg (収率 9.67%) を得た。

【0137】

$^1\text{H}$ -NMR 値 ( $\text{CDCl}_3$ ): 0.80 (s, 3H), 0.89 (s, 3H), 2.35 (s, 3H), 2.49 (s, 3H), 5.65 (s, 1H), 5.81-5.83 (m, 1H), 5.91-5.93 (m, 1H), 6.03-6.05 (m, 1H), 6.45 (d, 1H), 6.91-6.94 (m, 1H), 6.96-6.99 (m, 1H), 7.47 (s, 1H)。

【0138】

(6) メタロセン化合物 F: ジメチルシリレン(3-(5-メチル-2-フリル)-4-メチル-シクロペンタ[2,3-b]チオフェン-6-イル)(2,3,4,5-テトラメチルシクロペンタジエニル)ジルコニウムジクロリドの合成

(6-1) (3-(5-メチル-2-フリル)-4-メチル-6-ヒドロシクロペンタ[2,3-b]チオフェン-6-イル)(2,3,4,5-テトラメチルシクロペンタジエニル)ジメチルシランの合成

窒素下で 100 ml フラスコに (5) メタロセン化合物 E の合成の (5-7) で得られる 3-(5-メチル-2-フリル)-4-メチル-6-ヒドロシクロペンタ[1,2-b

〕チオフェン 2.50 g (11.56 mmol) と無水 THF 40 ml とを加え、-78 に冷却して n-ブチルリチウム/ヘキサン溶液 (2.5 M) 5.78 ml (14.45 mmol) を加え、20 で3時間攪拌した。続いて、-78 でシクロペンタジエニルジメチルシリルクロリド/ヘキサン溶液 (0.67 M) 22.94 ml (15.37 mmol) をゆっくり添加し、20 で1.5時間攪拌した。反応液を氷水 150 ml に注ぎ、酢酸エチル 150 ml で3回抽出した。有機相を飽和食塩水で洗浄し、無水硫酸ナトリウムで乾燥した。硫酸ナトリウムを濾過し、溶液を減圧留去して、シリカゲルカラムで精製し、(3-(5-メチル-2-フリル)-4-メチル-6-ヒドロシクロペンタ[2, 3-b]チオフェン-6-イル)(2, 3, 4, 5-テトラメチルシクロペンタジエニル)ジメチルシランの黄色オイル 2.48 g (収率 54.4%) を得た。

10

(6-2)ジメチルシリレン(3-(5-メチル-2-フリル)-4-メチルシクロペンタ[2, 3-b]チオフェン-6-イル)(2, 3, 4, 5-テトラメチルシクロペンタジエニル)ジルコニウムジクロリドの合成

窒素下で100 ml フラスコに、(3-(5-メチル-2-フリル)-4-メチル-6-ヒドロシクロペンタ[2, 3-b]チオフェン-6-イル)(2, 3, 4, 5-テトラメチルシクロペンタジエニル)ジメチルシラン 1.06 g (2.69 mmol)、ジエチルエーテル 20 ml を加え、-78 まで冷却した。ここに n-ブチルリチウム/n-ヘキサン溶液 (2.5 M) 2.64 ml (6.60 mmol) を滴下し、20 で3時間攪拌した。反応液の溶媒を減圧留去し、ジクロロメタン 40 ml を加え、-78 まで冷却した。そこに、四塩化ジルコニウム 689.57 mg (2.96 mmol) を加え、3時間かけて20 に昇温し、さらに20 で一夜攪拌した。反応液をろ過して得られたる液から溶媒を減圧留去することで、黄色粉末が得られた。この粉末をトルエン 15 ml と n-ペンタン 25 ml との混合溶媒で洗浄し、さらにトルエン 150 ml で抽出して不溶分を除去した。得られたトルエン溶液を減圧留去することでジメチルシリレン(3-(5-メチル-2-フリル)-4-メチルシクロペンタ[2, 3-b]チオフェン-6-イル)(2, 3, 4, 5-テトラメチルシクロペンタジエニル)ジルコニウムジクロリドの黄色固体 409 mg (収率 27.4%) を得た。

20

【0139】

<sup>1</sup>H-NMR 値 (CDCl<sub>3</sub>): 0.90 (s, 3H), 1.02 (s, 3H), 1.93 (s, 3H), 2.00 (s, 3H), 2.05 (s, 3H), 2.08 (s, 3H), 2.35 (s, 3H), 2.48 (s, 3H), 5.33 (s, 1H), 6.02 (s, 1H), 6.39 (s, 1H), 7.44 (s, 1H)。

30

【0140】

(7)メタロセン化合物 G:ジメチルシリレン(2, 5-ジメチル-シクロペンタ[2, 3-b]チオフェン-6-イル)(シクロペンタジエニル)ジルコニウムジクロリドの合成

(7-1)2, 5-ジメチルシクロペンテノ[2, 3-b]チオフェン-4-オンの合成

300 ml フラスコに Eaton 試薬 152.04 g (638.69 mmol) を加え、78~83 で2-メチルチオフェン 10.00 g (101.86 mmol) とメタクリル酸 10.52 g (122.24 mmol) との混合物を30分掛けて添加した。混合物を80 で5分間攪拌した後、氷水 200 ml に徐々に注ぎ、ジクロロメタン 300 ml で抽出した。有機相を分離し、水相をジクロロメタン 300 ml で2回抽出した。得られた有機相を合わせて飽和炭酸ナトリウム水溶液 300 ml で2回洗浄し、無水硫酸ナトリウムで乾燥した。硫酸ナトリウムを濾過し、溶液を減圧留去して、シリカゲルカラムで精製し、2, 5-ジメチル-シクロペンテノ[2, 3-b]チオフェン-4-オンの黄色液体 4.90 g (収率 28%) を得た。

40

(7-2)2, 5-ジメチル-6-ヒドロシクロペンタ[1, 2-b]チオフェンの合成

窒素下で100 ml フラスコに2, 5-ジメチル-シクロペンテノ[2, 3-b]チオフェン-4-オン 4.90 g (29.48 mmol) と無水 THF 50 ml とを加え、0

50

でリチウムアルミニウムハイドライド 1.34 g (35.38 mmol) を添加した。混合物を 15 で 2 時間攪拌した後、反応物を氷水 100 ml へゆっくり注ぎ、酢酸エチル 300 ml で 2 回抽出した。得られた有機相を無水硫酸ナトリウムで乾燥した。硫酸ナトリウムを濾過し、溶液を減圧留去して黄色固体 4.44 g を得た。

窒素下で 50 ml フラスコに上記の黄色固体 780 mg とトルエン 15 ml とを加え、p - トルエンスルホン酸・一水和物 44.13 mg (232.00  $\mu$ mol) と 2, 6 - ジ - t - ブチルフェノール 9.57 mg (46.40  $\mu$ mol) とを添加した。混合物を 110 で 10 分間攪拌した後、室温に戻し、飽和炭酸ナトリウム水溶液 50 ml と水 50 ml とでそれぞれ洗浄した。得られた有機相を無水硫酸ナトリウムで乾燥した。硫酸ナトリウムを濾過し、溶液を減圧留去して、シリカゲルカラムで精製し、2, 5 ジメチル - 6 - ヒドロシクロペンタ [1, 2 - b] チオフェンの黄色オイル 460.00 mg (収率 66%) を得た。

(7 - 3) (2, 5 ジメチル - 4 - ヒドロシクロペンタ [2, 3 - b] チオフェン - 4 - イル) (シクロペンタジエニル) ジメチルシランの合成

窒素下で 100 ml フラスコに、2, 5 ジメチル - 6 - ヒドロシクロペンタ [1, 2 - b] チオフェン 2.06 g (13.71 mmol) と THF 30 ml とを加え溶液とした後、-78 に冷却して n - ブチルリチウム / ヘキサン溶液 (2.5 M) 6.58 ml (16.5 mmol) を加え、15 で 3 時間攪拌した。別途用意した 100 ml フラスコにジメチルジクロロシラン 3.54 g (27.42 mmol) と THF 10 ml とを加え、-78 に冷却して先の反応溶液を加えた。10 で 12 時間攪拌した後、揮発物を減圧留去で除くことで黄色オイル 3.33 g が得られた。この黄色オイル 2.57 g に THF 30 ml を加えて溶液とし、-78 でソジウムシクロペンタジエニリド / THF 溶液 (2 M) 6.18 ml (12.4 mmol) を加えた。15 で 2 時間攪拌した。反応物を氷水 50 ml に加え、有機相を分離した。水相を酢酸エチル 100 ml で 2 回抽出し、先の有機相と混合して無水硫酸ナトリウムで乾燥した。硫酸ナトリウムを濾過し、溶液を減圧留去して、シリカゲルカラムで精製し、(2, 5 ジメチル - 4 - ヒドロシクロペンタ [2, 3 - b] チオフェン - 4 - イル) (シクロペンタジエニル) ジメチルシランの黄色オイル 1.76 g (収率 57.6%) を得た。

(7 - 4) ジメチルシリレン (2, 5 ジメチル - シクロペンタ [2, 3 - b] チオフェン - 4 - イル) (シクロペンタジエニル) ジルコニウムジクロリドの合成

窒素下で 200 ml フラスコに、(2, 5 ジメチル - 4 - ヒドロシクロペンタ [2, 3 - b] チオフェン - 4 - イル) (シクロペンタジエニル) ジメチルシラン 2.40 g (8.81 mmol)、ジエチルエーテル 30 ml を加え、-78 まで冷却した。ここに n - ブチルリチウム / n - ヘキサン溶液 (2.5 M) 7.40 ml (18.5 mmol) を滴下し、15 で 3 時間攪拌した。

反応液の溶媒を減圧留去し、黄色固体 2.50 g を得た。この黄色固体 1.95 g (6.86 mmol) にジクロロメタン 80 ml を加え、-78 まで冷却した。そこに、四塩化ジルコニウム 1.68 g (7.20 mmol) を加え、3 時間かけて 20 に升温し、さらに 20 で一夜攪拌した。反応液をろ過して得られたろ液から溶媒を減圧留去することで黄色粉末が得られた。この粉末をトルエン 34 ml と n - ペンタン 11 ml との混合溶媒で抽出して不溶分を除き、得られた溶液を減圧留去することで黄緑色固体が得られた。さらにこの固体をジクロロメタン 50 ml で抽出し、得られた溶液を減圧留去することでジメチルシリレン (2, 5 ジメチル - シクロペンタ [2, 3 - b] チオフェン - 4 - イル) (シクロペンタジエニル) ジルコニウムジクロリドの黄緑色固体 0.92 g (収率 31%) を得た。

【0141】

$^1\text{H}$  - NMR 値 ( $\text{CDCl}_3$ ): 0.905 (s, 3H), 0.913 (s, 3H), 2.23 (s, 3H), 2.45 (s, 3H), 5.69 (m, 1H), 5.97 (m, 1H), 6.43 (s, 1H), 6.55 (s, 1H), 6.87 (m, 1H), 6.95 (m, 1H)。

## 【 0 1 4 2 】

( 8 ) メタロセン化合物 H : ジメチルシリレン ( 4 - フェニル - インデニル - 1 - イル ) ( シクロペンタジエニル ) ジルコニウムジクロリドの合成

ジメチルシリレン ( 4 - フェニル - インデニル - 1 - イル ) ( シクロペンタジエニル ) ジルコニウムジクロリドの合成は、特開 2 0 1 1 - 1 3 7 1 4 6 の実施例 ( 合成例 5 ) に記載の手順に従って合成した。

## 【 0 1 4 3 】

( 参考例 1 )

( 1 ) 固体触媒の調製

窒素雰囲気下、200 ml 二口フラスコに 600 で 5 時間焼成したシリカ 5 g を入れ、150 のオイルバスで加熱しながら真空ポンプで 1 時間減圧乾燥した。別途用意した 100 ml 二口フラスコに窒素雰囲気下でメタロセン化合物 A 64 mg を入れ、脱水トルエン 13.4 ml で溶解した。室温でメタロセン化合物 A のトルエン溶液にアルペマール社製の 20 % メチルアルミノキサン / トルエン溶液 8.6 ml を加え 30 分間撹拌した。真空乾燥済みシリカの入った 200 ml 二口フラスコを 40 のオイルバスで加熱および撹拌しながら、メタロセン化合物 A とメチルアルミノキサンとの反応物のトルエン溶液を全量加えた。40 で 1 時間撹拌した後、40 に加熱したままトルエン溶媒を減圧留去することで固体触媒を得た。

## 【 0 1 4 4 】

( 2 ) エチレン・1 - ブテン共重合体の製造

上記参考例 1 の ( 1 ) 固体触媒の調製で得た固体触媒を用いてエチレン・1 - ブテン共重合体を製造した。

すなわち、撹拌および温度制御装置を有する内容積 1 リットルのステンレス鋼製オートクレーブに、充分脱水および脱酸素したヘプタン 500 ml、トリエチルアルミニウムを 57 mg、水素を常圧で 34 ml 導入した後、撹拌しながら 75 に昇温した。1 - ブテンをエチレンに対して 5 モル % 含むエチレンを分圧が 1.4 MPa になるまで導入し、上記固体触媒 0.100 g のヘプタンスラリー 10 ml をアルゴンガスで圧入し、エチレン分圧 1.4 MPa、温度 75 を保って 60 分間重合を継続した。

その結果、23.6 g のエチレン・1 - ブテン共重合体が生成した。得られた共重合体の MFR は 0.05 g / 10 分であった。重合条件を表 6 に、重合結果を表 7 にまとめた。

## 【 0 1 4 5 】

( 参考例 2 )

参考例 1 で得られた固体触媒 0.100 g を用い、1 - ブテン 10 重量 % を含むエチレンを導入する前に水素を常圧で 68 ml 導入した以外は、参考例 1 と同様に、エチレン・1 - ブテン共重合体を製造した。

その結果、25.2 g のエチレン・1 - ブテン共重合体が生成した。得られた共重合体の MFR は 0.35 g / 10 分であった。重合条件を表 6 に、重合結果を表 7 にまとめた。

## 【 0 1 4 6 】

【表 6】

表 6

例	触媒						重合条件							
	成分(A)		成分(B)		成分(C)		固体触媒量(g)	TEA (mmol)	溶媒	水素 H2/C2 (%)	コモノマー	温度 (°C)	C2分圧 (MPa)	重合時間 (分)
	メタセン化合物	使用量 (mmol)	化合物	使用量 (mmol)	化合物	使用量 (g)								
1	A	0.00193	MAO	0.39	シリカ	0.077	0.100	0.50	ヘプタン	0.185	C4/C2=5.0mol%	75	1.4	60
2	A	0.00193	MAO	0.39	シリカ	0.077	0.100	0.50	ヘプタン	0.321	C4/C2=5.0mol%	75	1.4	60

10

20

30

40

50

【 0 1 4 7 】

【表 7】

表7

例	結果							
	収量 (g)	活性 (g-PE /g-Cat/hr)	MFR (g/10分)	FR	Mw $\times 10^4$	Mw/Mn	g'	
							$\varepsilon_a'$ 値	$\varepsilon_b'$ 値
1	23.6	236	0.05	18.3	14.6	3.6	0.93	0.67
2	25.2	252	0.35	14.1	10.9	3.7	0.94	0.67

10

【 0 1 4 8 】

(参考例 3)

上記参考例 1 の ( 1 ) 固体触媒の調製で得た固体触媒を用いてエチレン・ 1 - ブテン共重合体を製造した。

すなわち、攪拌および温度制御装置を有する内容積 1 . 5 リットルのステンレス鋼製オートクレーブに、充分脱水および脱酸素したイソブタン 8 0 0 m l、トリエチルアルミニウムを 3 4 m g、窒素で濃度 5 % に希釈した水素を常圧で 6 4 8 3 m l、1 - ブテンを 0 . 6 M P a で 1 0 m l 導入した後、攪拌しながら 7 5 ℃ へ昇温した。エチレンを分圧が 1 . 4 M P a になるまで導入し、上記固体触媒 0 . 0 9 3 g を窒素ガスで圧入し、エチレン分圧 1 . 4 M P a、温度 7 5 ℃ を保って 6 0 分間重合を継続した。

20

その結果、1 0 8 . 0 g のエチレン・ 1 - ブテン共重合体が生成した。得られた共重合体の M F R は 0 . 2 0 g / 1 0 分であった。重合条件を表 8 に、重合結果を表 9 にまとめた。

【 0 1 4 9 】

(実施例 4)

( 1 ) 固体触媒の調製

メタロセン化合物 A の代わりにメタロセン化合物 B 6 0 m g を用いた以外は、(参考例 1 ) の ( 1 ) 固体触媒の調製と同様に固体触媒を調製した。

( 2 ) エチレン・ 1 - ブテン共重合体の製造

上記実施例 4 の ( 1 ) 固体触媒の調製で得た固体触媒を用いてエチレン・ 1 - ブテン共重合体を製造した。

30

実施例 4 の ( 1 ) 固体触媒の調製で得られた固体触媒 0 . 2 0 9 g を用い、1 - ブテンを 0 . 6 M P a で 3 0 m l 導入し、水素を導入しなかった以外は、参考例 3 と同様に、エチレン・ 1 - ブテン共重合体を製造した。

その結果、5 3 . 3 g のエチレン・ 1 - ブテン共重合体が生成した。得られた共重合体の M F R は 3 . 5 5 g / 1 0 分であった。重合条件を表 8 に、重合結果を表 9 にまとめた。

【 0 1 5 0 】

(実施例 5)

( 1 ) 固体触媒の調製

メタロセン化合物 A の代わりにメタロセン化合物 C 6 1 m g を用いた以外は、(参考例 1 ) の ( 1 ) 固体触媒の調製と同様に固体触媒を調製した。

( 2 ) エチレン・ 1 - ブテン共重合体の製造

上記実施例 5 の ( 1 ) 固体触媒の調製で得た固体触媒を用いてエチレン・ 1 - ブテン共重合体を製造した。

40

実施例 5 の ( 1 ) 固体触媒の調製で得られた固体触媒 0 . 1 7 9 g を用い、1 - ブテンを 0 . 6 M P a で 3 0 m l 導入し、水素を導入しなかった以外は、参考例 3 と同様に、エチレン・ 1 - ブテン共重合体を製造した。

その結果、3 0 . 4 g のエチレン・ 1 - ブテン共重合体が生成した。得られた共重合体の M F R は 2 . 1 1 g / 1 0 分であった。重合条件を表 8 に、重合結果を表 9 にまとめた

50

。

【0151】

(実施例6)

(1) 固体触媒の調製

メタロセン化合物Aの代わりにメタロセン化合物D 62 mgを用いた以外は、(参考例1)の(1) 固体触媒の調製と同様に固体触媒を調製した。

(2) エチレン・1-ブテン共重合体の製造

上記実施例6の(1) 固体触媒の調製で得た固体触媒を用いてエチレン・1-ブテン共重合体を製造した。

実施例6の(1) 固体触媒の調製で得られた固体触媒0.062 gを用い、1-ブテンを0.6 MPaで70 ml導入し、窒素で濃度5%に希釈した水素を常圧で540 ml導入した以外は、参考例3と同様に、エチレン・1-ブテン共重合体を製造した。

その結果、40.0 gのエチレン・1-ブテン共重合体が生成した。得られた共重合体のMFRは0.12 g/10分であった。重合条件を表8に、重合結果を表9にまとめた。

。

【0152】

(実施例7)

(1) 固体触媒の調製

メタロセン化合物Aの代わりにメタロセン化合物E 62 mgを用いた以外は、(参考例1)の(1) 固体触媒の調製と同様に固体触媒を調製した。

(2) エチレン・1-ブテン共重合体の製造

上記実施例7の(1) 固体触媒の調製で得た固体触媒を用いてエチレン・1-ブテン共重合体を製造した。

実施例7の(1) 固体触媒の調製で得られた固体触媒0.069 gを用い、1-ブテンを0.6 MPaで70 ml導入し、窒素で濃度5%に希釈した水素を常圧で550 ml導入した以外は、参考例3と同様に、エチレン・1-ブテン共重合体を製造した。

その結果、5.6 gのエチレン・1-ブテン共重合体が生成した。得られた共重合体のMFRは0.24 g/10分であった。重合条件を表8に、重合結果を表9にまとめた。

【0153】

(実施例8)

(1) 固体触媒の調製

メタロセン化合物Aの代わりにメタロセン化合物F 69 mgを用いた以外は、(参考例1)の(1) 固体触媒の調製と同様に固体触媒を調製した。

(2) エチレン・1-ブテン共重合体の製造

上記実施例8の(1) 固体触媒の調製で得た固体触媒を用いてエチレン・1-ブテン共重合体を製造した。

実施例8で得られた固体触媒0.038 gを用い、1-ブテンを0.6 MPaで70 ml導入し、窒素で濃度5%に希釈した水素を常圧で1958 ml導入した以外は、参考例3と同様に、エチレン・1-ブテン共重合体を製造した。

その結果、92.2 gのエチレン・1-ブテン共重合体が生成した。得られた共重合体のMFRは0.10 g/10分であった。重合条件を表8に、重合結果を表9にまとめた。

。

【0154】

(比較例1)

(1) 固体触媒の調製

メタロセン化合物Aの代わりにメタロセン化合物G 54 mgを用いた以外は、(参考例1)の(1) 固体触媒の調製と同様に固体触媒を調製した。

(2) エチレン・1-ブテン共重合体の製造

上記比較例1の(1) 固体触媒の調製で得た固体触媒を用いてエチレン・1-ブテン共重合体を製造した。



比較例 1 の ( 1 ) 固体触媒の調製で得られた固体触媒 0 . 1 0 8 g を用い、1 - ブテンを 0 . 6 M P a で 1 0 m l 導入し、窒素で濃度 5 % に希釈した水素を常圧で 6 0 1 2 m l 導入した以外は、参考例 3と同様に、エチレン・1 - ブテン共重合体を製造した。

その結果、3 8 . 0 g のエチレン・1 - ブテン共重合体が生成した。得られた共重合体の M F R は 1 . 8 7 g / 1 0 分であった。重合条件を表 8 に、重合結果を表 9 にまとめた。

【 0 1 5 5 】

( 比較例 2 )

( 1 ) 固体触媒の調製

メタロセン化合物 A の代わりにメタロセン化合物 H 5 1 m g を用いた以外は、( 参考例 1 ) の ( 1 ) 固体触媒の調製と同様に固体触媒を調製した。

10

( 2 ) エチレン・1 - ブテン共重合体の製造

上記比較例 2 の ( 1 ) 固体触媒の調製で得た固体触媒を用いてエチレン・1 - ブテン共重合体を製造した。

比較例 2 の ( 1 ) 固体触媒の調製で得られた固体触媒 0 . 2 0 0 g を用い、1 - ブテン 1 0 重量 % を含むエチレンを導入する前に水素を常圧で 6 8 m l 導入した以外は、参考例 1と同様に、エチレン・1 - ブテン共重合体を製造した。

その結果、1 7 . 0 g のエチレン・1 - ブテン共重合体が生成した。得られた共重合体の M F R は 0 . 5 4 g / 1 0 分であった。重合条件を表 8 に、重合結果を表 9 にまとめた。

20

【 0 1 5 6 】

【表 8】

例	触媒							重合条件						
	成分(A)		成分(B)		成分(C)		固体 触媒 量(g)	TEA (mmol)	溶媒	水素		温度 (°C)	C2 分圧 (MPa)	重合 時間 (分)
	メタセレン 化合物	使用量 (mmol)	化合物	使用量 (mmol)	化合物	使用量 (g)				H2/C2 (%)	モノマー			
3	A	0.00178	MAO	0.36	シリカ	0.071	0.093	0.30	イソブタン	0.642	C4/10ml初期張り	75	1.4	60
4	B	0.00403	MAO	0.81	シリカ	0.161	0.209	0.30	イソブタン	0.063	C4/30ml初期張り	75	1.4	60
5	C	0.00345	MAO	0.69	シリカ	0.138	0.179	0.30	イソブタン	0.075	C4/30ml初期張り	75	1.4	60
6	D	0.00119	MAO	0.24	シリカ	0.048	0.062	0.30	イソブタン	0.062	C4/70ml初期張り	75	1.4	60
7	E	0.00133	MAO	0.27	シリカ	0.053	0.069	0.30	イソブタン	0.049	C4/70ml初期張り	75	1.4	60
8	F	0.00073	MAO	0.15	シリカ	0.029	0.038	0.30	イソブタン	0.139	C4/70ml初期張り	75	1.4	60
C1	G	0.00208	MAO	0.42	シリカ	0.083	0.108	0.30	イソブタン	0.633	C4/10ml初期張り	75	1.4	60
C2	H	0.00386	MAO	0.77	シリカ	0.154	0.200	0.50	ヘブタン	0.252	C4/C2=5.0mol%	75	1.4	60

【表 9】

表9

例	結果							
	収量 (g)	活性 (g-PE /g-Cat/hr)	MFR (g/10分)	FR	Mw $\times 10^4$	Mw/Mn	g'	
							g <sub>a</sub> ' 値	g <sub>b</sub> ' 値
3	108.0	1153	0.20	23.4	10.7	3.9	0.89	— (0.59)
4	53.3	255	3.55	9.4	9.7	5.1	0.75	0.38
5	30.4	170	2.11	9.0	9.4	4.5	0.81	0.42
6	40.0	645	0.12	22.0	12.5	4.1	0.82	0.52
7	5.6	81	0.24	21.5	11.7	4.3	0.76	0.49
8	92.2	2459	0.10	20.8	10.4	3.4	0.85	0.63
C1	38.0	353	1.87	15.1	6.8	3.7	0.87	— (0.63)
C2	17.0	85	0.54	16.5	10.4	5.1	0.86	— (0.60)

【 0 1 5 8 】

## 4 . 評価

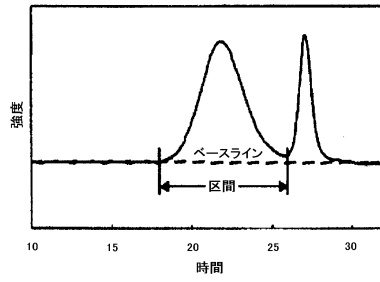
表 7 から、本発明に係るメタロセン化合物を含む触媒を用いた参考例 1 及び 2 では、得られたエチレン系重合体の g<sub>a</sub>' 値が 0 . 9 4 以下及び g<sub>b</sub>' 値が 0 . 6 7 であり、長鎖分岐が導入されたエチレン系重合体を得られたことが明らかにされた。g' 値の記載について、信頼できる g<sub>b</sub>' 値が得られない場合は - と記した。また g' の極小値が log M = 5 から log M = 6 の間に存在する場合は、その極小値を g<sub>b</sub>' の欄に ( ) 内に記した。

また、表 9 から、本発明に係るメタロセン化合物を含む触媒を用いた参考例 3 及び実施例 4 ~ 7 では、得られたエチレン系重合体の g<sub>a</sub>' 値が 0 . 7 6 ~ 0 . 8 9 と比較例 1 及び 2 の g<sub>a</sub>' 値と同等またはそれ以下の値を示している。そして、参考例 3 及び実施例 4 ~ 7 のエチレン系重合体の g<sub>b</sub>' 値は 0 . 3 8 ~ 0 . 5 9 と比較例 1 及び 2 の g<sub>b</sub>' 値より低く、シクロペンタチオフェンの 3 位に置換基を有していないメタロセン化合物（比較例 1）、あるいはシクロペンタチオフェンの代わりにインデンを有するメタロセン化合物（比較例 2）より長鎖分岐が多く導入されたエチレン系重合体を得られたことが明らかにされた。当該エチレン系重合体は、伸長粘度挙動と熔融流動性のバランスに優れたエチレン系重合体であって、成形加工性が良好である。さらに、実施例 8 で得られたエチレン系重合体の g<sub>a</sub>' 値および g<sub>b</sub>' 値は比較例 1 および比較例 2 と同等ではあるが、重合活性が非常に高い結果が得られており、生産性も良好である。

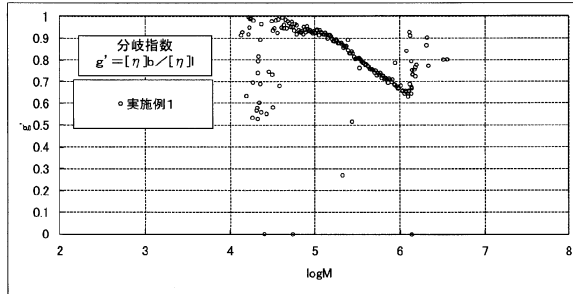
【 0 1 5 9 】

本発明を詳細にまた特定の実施態様を参照して説明したが、本発明の精神と範囲を逸脱することなく様々な変更や修正を加えることができることは当業者にとって明らかである。本出願は 2 0 1 6 年 3 月 4 日出願の日本特許出願（特願 2 0 1 6 - 0 4 2 8 5 3）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。

【図 1】



【図 2】



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
C 0 7 F 7/08 (2006.01) C 0 7 F 7/08 C

(56)参考文献 国際公開第 0 1 / 0 4 4 3 1 8 ( W O , A 1 )  
国際公開第 2 0 0 6 / 0 6 5 8 4 4 ( W O , A 1 )  
特開 2 0 1 1 - 1 3 7 1 4 6 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)  
C 0 7 F  
C A p l u s ( S T N )  
R E G I S T R Y ( S T N )