(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2016-166366
(P2016-166366A)
(43)公開日　平成28年9月15日(2016.9.15)

(51)Int.Cl.		F I		テーマコード（参考）
C10G 21/24	***(2006.01)***	C10G	21/24	
C10G 29/06	***(2006.01)***	C10G	29/06	

審査請求 有　請求項の数 27　ＯＬ　（全 48 頁）

(21)出願番号　特願2016-83361 (P2016-83361)
(22)出願日　平成28年4月19日 (2016.4.19)
(62)分割の表示　特願2013-532270 (P2013-532270)の分割
原出願日　平成23年10月5日 (2011.10.5)
(31)優先権主張番号　1016751.8
(32)優先日　平成22年10月5日 (2010.10.5)
(33)優先権主張国　英国(GB)

(71)出願人　502194159
ザ　クイーンズ　ユニバーシティ　オブ　ベルファスト
イギリス国　ベルファスト　ビーティ１７　１エヌエヌ　ユニバーシティ　ロード　（番地なし）
(74)代理人　100140109
弁理士　小野　新次郎
(74)代理人　100075270
弁理士　小林　泰
(72)発明者　アバイ，マフプザ
イギリス国　ベルファスト・アントリム　ビーティー９・５エイジー，ストランミリス・ロード，デヴィッド・キア・ビルディング，ザ・クイール・リサーチ・センター
最終頁に続く

(54)【発明の名称】炭化水素から金属を除去するためのプロセス

(57)【要約】　（修正有）
【課題】特異的に選択されたイオン液体を使用して、水銀を含有する炭化水素流体供給物から水銀を除去するためのプロセスの提供。
【解決手段】元素形態、イオン形態、および有機形態の水銀を含有する炭化水素流体供給物と下式を有するイオン液体とを接触させる工程、および水銀を含有する流体供給物と比較して減少した水銀含量を有する炭化水素流体生成物をイオン液体から分離する工程を含むプロセス。［Ｃａｔ$^{+}$］［Ｍ$^{+}$］［Ｘ$^{-}$］｛［Ｃａｔ$^{+}$］は一種以上のカチオン；［Ｍ$^{+}$］は＋２以上の酸化状態を有する遷移金属カチオンから選択される金属カチオン；［Ｘ$^{-}$］は１種以上のアニオン｝
【選択図】なし

【特許請求の範囲】
【請求項１】
水銀を含有する炭化水素流体供給物から水銀を除去するためのプロセスであって、
（ｉ）水銀を含有する炭化水素流体供給物と式：
［Ｃａｔ$^{+}$］［Ｍ$^{+}$］［Ｘ$^{-}$］
（式中、
［Ｃａｔ$^{+}$］は１種以上の有機カチオン化学種であり；
［Ｍ$^{+}$］は、＋２以上の酸化状態を有する遷移金属カチオンから選択される１種以上の金属カチオンであり；
［Ｘ$^{-}$］は１種以上のアニオン化学種である）
を有するイオン液体とを接触させる工程；および
（ｉｉ）水銀を含有する流体供給物と比較して減少した水銀含量を有する炭化水素流体生成物をイオン液体から分離する工程；
を含む上記プロセス。
【請求項２】
［Ｍ$^{+}$］が、第一列遷移金属カチオンとモリブデンカチオンから選択される、少なくとも＋２の酸化状態を有する１種以上の金属カチオンである、請求項１に記載のプロセス。
【請求項３】
［Ｍ$^{+}$］が、鉄カチオン、銅カチオン、モリブデンカチオン、およびコバルトカチオンから選択される、少なくとも＋２の酸化状態を有する１種以上の金属カチオンである、請求項２に記載のプロセス。
【請求項４】
［Ｍ$^{+}$］が、Ｆｅ$^{3+}$、Ｃｕ$^{2+}$、Ｍｏ$^{6+}$、およびＣｏ$^{2+}$から選択される１種以上の金属カチオンである、請求項３に記載のプロセス。
【請求項５】
［Ｍ$^{+}$］がＦｅ$^{3+}$である、請求項４に記載のプロセス。
【請求項６】
［Ｍ$^{+}$］がＣｕ$^{2+}$である、請求項４に記載のプロセス。
【請求項７】
水銀含有炭化水素流体供給物中の水銀濃度が１～２５０，０００パーツ・パー・ビリオンの範囲である、請求項１～６のいずれか一項に記載のプロセス。
【請求項８】
炭化水素流体供給物が、元素状水銀、粒子状水銀、または有機水銀の少なくとも１種を含む、請求項１～７のいずれか一項に記載のプロセス。
【請求項９】
水銀含有炭化水素流体供給物が液体である、請求項１～８のいずれか一項に記載のプロセス。
【請求項１０】
水銀含有炭化水素流体供給物が、
（ｉ）液化天然ガス；
（ｉｉ）液化石油ガス、ガソリン、および／又はナフサを含む軽質留分；
（ｉｉｉ）天然ガスコンデンセート；
（ｉｖ）ケロシン及び／又はディーゼルを含む中間留分；
（ｖ）重質留分；および
（ｖｉ）原油；
の１種以上を含む、請求項９に記載のプロセス。
【請求項１１】
水銀含有炭化水素流体供給物がガスである、請求項１～８のいずれか一項に記載のプロセス。
【請求項１２】

水銀含有炭化水素流体供給物が天然ガス及び／又は製油所ガスを含む、請求項１１に記載のプロセス。

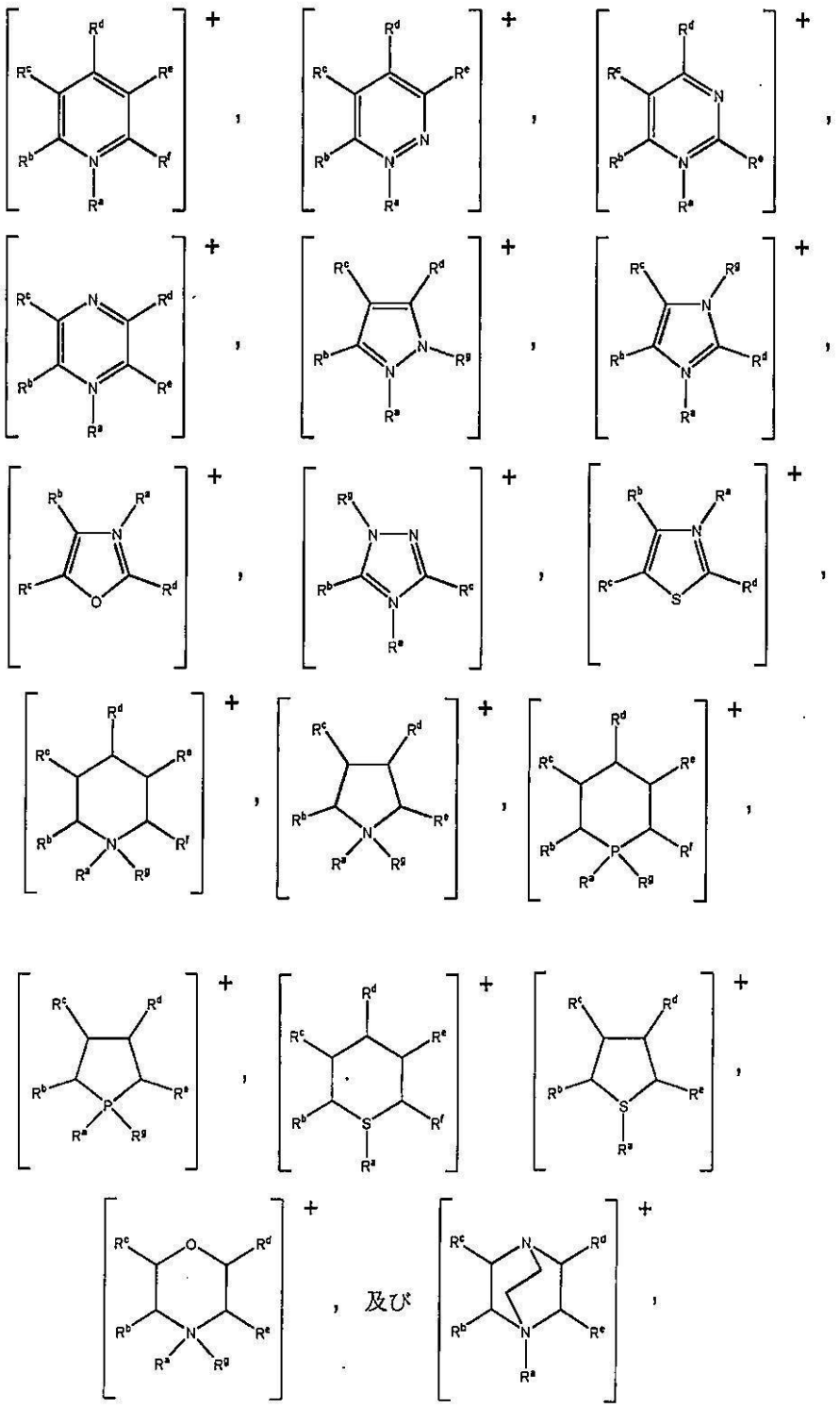
【請求項１３】

［Ｃａｔ$^{+}$］が、アンモニウム、ベンゾイミダゾリウム、ベンゾフラニウム、ベンゾチオフェニウム、ベンゾトリアゾリウム、ボロリウム、シンノリニウム、ジアザビシクロデセニウム、ジアザビシクロノネニウム、１，４－ジアザビシクロ［２．２．２］オクタニウム、ジアザビシクロ－ウンデセニウム、ジチアゾリウム、フラニウム、グアニジニウム、イミダゾリウム、インダゾリウム、インドリニウム、インドリウム、モルホリニウム、オキサボロリウム、オキサホスホリウム、オキサジニウム、オキサゾリウム、イソ－オキサゾリウム、オキソチアゾリウム、ホスホリウム、ホスホニウム、フタラジニウム、ピペラジニウム、ピペリジニウム、ピラニウム、ピラジニウム、ピラゾリウム、ピリダジニウム、ピリジニウム、ピリミジニウム、ピロリジニウム、ピロリウム、キナゾリニウム、キノリニウム、イソ－キノリニウム、キノキサリニウム、キヌクリジニウム、セレナゾリウム、スルホニウム、テトラゾリウム、チアジアゾリウム、イソ－チアジアゾリウム、チアジニウム、チアゾリウム、イソ－チアゾリウム、チオフェニウム、チウロニウム、トリアジニウム、トリアゾリウム、イソ－トリアゾリウム、およびウロニウムからなる群から選ばれるカチオン化学種を含む、請求項１～１２のいずれか一項に記載のプロセス。

【請求項１４】

［Ｃａｔ$^{+}$］が、

【化１】

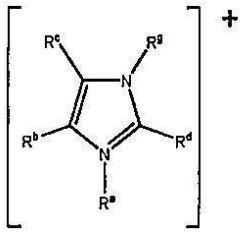


〔式中、R^a、R^b、R^c、R^d、R^e、R^f、およびR^gはそれぞれ、水素、C_1－C_{20}の直鎖もしくは分岐鎖アルキル基、C_3－C_8シクロアルキル基、またはC_6－C_{10}アリール基から独立して選ばれるか、あるいは隣接の炭素原子に結合したR^b、R^c、R^d、R^e、およびR^fのいずれか２つがメチレン鎖－（CH_2）$_q$－（式中、ｑは３～６である）を形成し、前記のアルキル基、シクロアルキル基、もしくはアリール基、または前記メチレン鎖は未置換であるか、あるいはC_1－C_6アルコキシ、C_2－C_{12}アルコキシアルコキシ、C_3－C_8シクロアルキル、C_6－C_{10}アリール、C_7－C_{10}アルカリール、C_7－C_{10}アラルキル、－ＣＮ、－ＯＨ、－ＳＨ、－NO_2、－CO_2R^x、－ＯＣ（Ｏ）R^x、－Ｃ（Ｏ）R^x、－Ｃ（Ｓ）R^x、－CS_2R^x、－ＳＣ（Ｓ）R^x、－Ｓ（Ｏ）（C_1－C_6）アルキル、－Ｓ（Ｏ）Ｏ（C_1－C_6）アルキル、－Ｏ

Ｓ（Ｏ）（Ｃ$_{1}$－Ｃ$_{6}$）アルキル、－Ｓ（Ｃ$_{1}$－Ｃ$_{6}$）アルキル、－Ｓ－Ｓ（Ｃ$_{1}$－Ｃ$_{6}$）アルキル、－ＮＲ^{x}Ｃ（Ｏ）ＮＲ^{y}Ｒ^{z}、－ＮＲ^{x}Ｃ（Ｏ）ＯＲ^{y}、－ＯＣ（Ｏ）ＮＲ^{y}Ｒ^{z}、－ＮＲ^{x}Ｃ（Ｓ）ＯＲ^{y}、－ＯＣ（Ｓ）ＮＲ^{y}Ｒ^{z}、－ＮＲ^{x}Ｃ（Ｓ）ＳＲ^{y}、－ＳＣ（Ｓ）ＮＲ^{y}Ｒ^{z}、－ＮＲ^{x}Ｃ（Ｓ）ＮＲ^{y}Ｒ^{z}、－Ｃ（Ｏ）ＮＲ^{y}Ｒ^{z}、－Ｃ（Ｓ）ＮＲ^{y}Ｒ^{z}、－ＮＲ^{y}Ｒ^{z}、または複素環基から選ばれる１～３基で置換されてもよく、ここでＲ^{x}、Ｒ^{y}、およびＲ^{z}はそれぞれ、水素またはＣ$_{1}$－Ｃ$_{6}$アルキルから独立して選ばれる〕
からなる群から選ばれるカチオン化学種を含む、請求項１３に記載のプロセス。

【請求項１５】
［Ｃａｔ$^{+}$］が、

【化２】

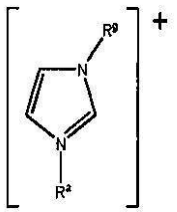


，

（式中、Ｒ^{a}、Ｒ^{b}、Ｒ^{c}、Ｒ^{d}、Ｒ^{e}、Ｒ^{f}、およびＲ^{g}は、請求項１４において定義したとおりである）
から選ばれるカチオン化学種を含む、請求項１４に記載のプロセス。

【請求項１６】
［Ｃａｔ$^{+}$］が、

【化３】



，

（式中、Ｒ^{a}とＲ^{g}は、請求項１４において定義したとおりである）
から選ばれるカチオン化学種を含む、請求項１５に記載のプロセス。

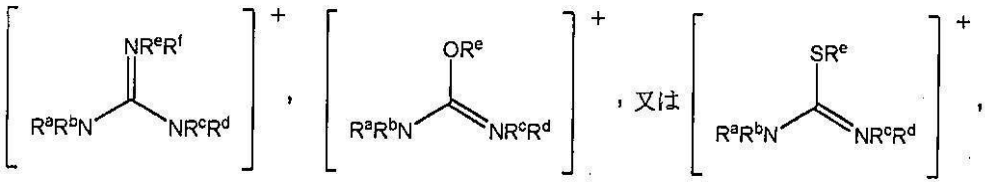
【請求項１７】
［Ｃａｔ$^{+}$］が、

【化４】

$[N(R^{a})(R^{b})(R^{c})(R^{d})]^{+}$, $[P(R^{a})(R^{b})(R^{c})(R^{d})]^{+}$, 及び $[S(R^{a})(R^{b})(R^{c})]^{+}$,

〔式中、Ｒ^{a}、Ｒ^{b}、Ｒ^{c}、およびＲ^{d}はそれぞれ、Ｃ$_{1}$－Ｃ$_{20}$の直鎖もしくは分岐鎖アルキル基、Ｃ$_{3}$－Ｃ$_{8}$シクロアルキル基、またはＣ$_{6}$－Ｃ$_{10}$アリール基から独立して選択され、前記のアルキル基、シクロアルキル基、またはアリール基は、未置換であるか、あるいはＣ$_{1}$－Ｃ$_{6}$アルコキシ、Ｃ$_{2}$－Ｃ$_{12}$アルコキシアルコキシ、Ｃ$_{3}$－Ｃ$_{8}$シクロアルキル、Ｃ$_{6}$－Ｃ$_{10}$アリール、Ｃ$_{7}$－Ｃ$_{10}$アルカリール、Ｃ$_{7}$－Ｃ$_{10}$アラルキル、－ＣＮ、－ＯＨ、－ＳＨ、－ＮＯ$_{2}$、－ＣＯ$_{2}$Ｒ^{x}、－ＯＣ（Ｏ）Ｒ^{x}、－Ｃ（Ｏ）Ｒ^{x}、－Ｃ（Ｓ）Ｒ^{x}、－ＣＳ$_{2}$Ｒ^{x}、－ＳＣ（Ｓ）Ｒ^{x}、－Ｓ（Ｏ）（Ｃ$_{1}$－Ｃ$_{6}$）アルキル、－Ｓ（Ｏ）Ｏ（Ｃ$_{1}$－Ｃ$_{6}$）アルキル、－ＯＳ（Ｏ）（Ｃ$_{1}$－Ｃ$_{6}$）アルキル、－Ｓ（Ｃ$_{1}$－Ｃ$_{6}$）アルキル、－Ｓ－Ｓ（Ｃ$_{1}$－Ｃ$_{6}$）アルキル、－ＮＲ^{x}Ｃ（Ｏ）ＮＲ^{y}Ｒ^{z}、－ＮＲ^{x}Ｃ（Ｏ）ＯＲ^{y}、－ＯＣ（Ｏ）ＮＲ^{y}Ｒ^{z}、－ＮＲ^{x}Ｃ（Ｓ）ＯＲ^{y}、－ＯＣ（Ｓ）ＮＲ^{y}Ｒ^{z}、－ＮＲ^{x}Ｃ（Ｓ）ＳＲ^{y}、－ＳＣ（Ｓ）ＮＲ^{y}Ｒ^{z}、－ＮＲ^{x}Ｃ（Ｓ）ＮＲ^{y}Ｒ^{z}、－Ｃ（Ｏ）ＮＲ^{y}Ｒ^{z}、－Ｃ（Ｓ）ＮＲ^{y}Ｒ^{z}、－ＮＲ^{y}Ｒ^{z}、または複素環基から選択される１～３基で置換されてもよく、ここでＲ^{x}、Ｒ^{y}、およびＲ

^{z}は、水素またはC_1－C_6アルキルから独立して選択され、R^a、R^b、R^c、およびR^dの１つが水素であってもよい〕
からなる群から選ばれる、請求項１３に記載のプロセス。
【請求項１８】
［Cat^+］が、
【化５】



（式中、式中、R^a、R^b、R^c、R^d、R^e、およびR^fは、請求項１４において定義したとおりである）
からなる群から選ばれる、請求項１３に記載のプロセス。
【請求項１９】
［X^-］が、ハロゲン化物アニオン、過ハロゲン化物アニオン、偽ハロゲン化物アニオン、硫酸アニオン、亜硫酸アニオン、スルホン酸アニオン、スルホンイミドアニオン、リン酸アニオン、亜リン酸アニオン、ホスホン酸アニオン、メチドアニオン、ホウ酸アニオン、カルボン酸アニオン、アゾレートアニオン、炭酸アニオン、カルバミン酸アニオン、チオリン酸アニオン、チオカルボン酸アニオン、チオカルバミン酸アニオン、チオ炭酸アニオン、キサントゲン酸アニオン、チオスルホン酸アニオン、チオ硫酸アニオン、硝酸アニオン、亜硝酸アニオン、過塩素酸アニオン、ハロメタレートアニオン、アミノ酸アニオン、およびホウ酸アニオンを含む、請求項１～１８のいずれか一項に記載のプロセス。
【請求項２０】
［X^-］が、［$F]^-$、［$Cl]^-$、［$Br]^-$、［$I]^-$、［$I_3]^-$、［$I_2Br]^-$、［$IBr_2]^-$、［$Br_3]^-$、［$Br_2C]^-$、［$BrCl_2]^-$、［$ICl_2]^-$、［$I_2Cl]^-$、［$N_3]^-$、［NCS］$^-$、［NCSe］$^-$、［NCO］$^-$、［CN］$^-$、［$HSO_4]^-$、［$SO_4]^{2-}$、［$R^2OSO_2O]^-$、［$HSO_3]^-$、［$SO_3]^{2-}$、［$R^2OSO_2]^-$、［$R^1SO_2O]^-$、［$(R^1SO_2)_2N]^-$、［$H_2PO_4]^-$、［$HPO_4]^{2-}$、［$PO_4]^{3-}$、［$R_2OPO_3]^{2-}$、［$(R_2O)_2PO_2]^-$、［$H_2PO_3]^-$、［$HPO_3]^{2-}$、［$R^2OPO_2]^{2-}$、［$(R^2O)_2PO]^-$、［$R^1PO_3]^{2-}$、［$R^1P(O)(OR^2)O]^-$、［$(R^1SO_2)_3C]^-$、［ビスオキサラートボラート］アニオン、［ビスマロナートボラート］アニオン、［$R^2CO_2]^-$、［３，５－ジニトロ－１，２，４－トリアゾレート］アニオン、［４－ニトロ－１，２，３－トリアゾレート］アニオン、［２，４－ジニトロイミダゾレート］アニオン、［４，５－ジニトロイミダゾレート］アニオン、［４，５－ジシアノイミダゾレート］アニオン、［４－ニトロイミダゾレート］アニオン、［テトラゾレート］アニオン、［$R^2OCS_2]^-$、［$R^2_2NCS_2]^-$、［$R^1CS_2]^-$、［$(R^2O)_2PS_2]^-$、［$RS(O)_2S]^-$、［$ROS(O)_2S]^-$、［$NO_3]^-$、および［$NO_2]^-$から選ばれる１種以上のアニオンを含むか、あるいは前記１種以上のアニオンからなり、
ここでR^1とR^2は、C_1－C_{10}アルキル、C_6アリール、C_1－C_{10}アルキル（C_6）アリール、およびC_6アリール（C_1－C_{10}）アルキルからなる群から独立して選択され、R^1とR^2のそれぞれが、フルオロ、クロロ、ブロモ、ヨード、C_1－C_6アルコキシ、C_2－C_{12}アルコキシアルコキシ、C_3－C_8シクロアルキル、C_6－C_{10}アリール、C_7－C_{10}アルカリール、C_7－C_{10}アラルキル、－CN、－OH、－SH、－NO_2、－CO_2R^x、－OC（O）R^x、－C（O）R^x、－C（S）R^x、－CS_2R^x、－SC（S）R^x、－S（O）（C_1－C_6）アルキル、－S（O）O（C_1－C_6）アルキル、－OS（O）（C_1－C_6）アルキル、－S（C_1－C_6）アルキル、－S－S（C_1－C_6）アルキル、－NR^xC（O）NR^yR^z、－NR^xC（O

）ＯＲ^{y}、－ＯＣ（Ｏ）ＮＲ^{y}Ｒ^{z}、－ＮＲ^{x}Ｃ（Ｓ）ＯＲ^{y}、－ＯＣ（Ｓ）ＮＲ^{y}Ｒ^{z}、－ＮＲ^{x}Ｃ（Ｓ）ＳＲ^{y}、－ＳＣ（Ｓ）ＮＲ^{y}Ｒ^{z}、－ＮＲ^{x}Ｃ（Ｓ）ＮＲ^{y}Ｒ^{z}、－Ｃ（Ｏ）ＮＲ^{y}Ｒ^{z}、－Ｃ（Ｓ）ＮＲ^{y}Ｒ^{z}、－ＮＲ^{y}Ｒ^{z}、または複素環基から選択される１つ以上の基で置換されてもよく、ここでＲ^{x}、Ｒ^{y}、およびＲ^{z}は、水素またはＣ$_{1}$－Ｃ$_{6}$アルキルから独立して選択され、Ｒ^{1}は、フッ素、塩素、臭素、またはヨウ素であってもよい、請求項１９に記載のプロセス。

【請求項２１】

［Ｘ$^{－}$］が、［Ｆ］$^{－}$、［Ｃｌ］$^{－}$、［Ｂｒ］$^{－}$、［Ｉ］$^{－}$、［Ｎ$_{3}$］$^{－}$、［ＮＣＳ］$^{－}$、［ＮＣＳｅ］$^{－}$、［ＮＣＯ］$^{－}$、［ＣＮ］$^{－}$、［ＳＯ$_{4}$］$^{2－}$、［Ｒ^{2}ＯＳＯ$_{2}$Ｏ］$^{－}$、［ＨＳＯ$_{3}$］$^{－}$、［ＳＯ$_{3}$］$^{2－}$、［Ｒ^{2}ＯＳＯ$_{2}$］$^{－}$、［Ｒ^{1}ＳＯ$_{2}$Ｏ］$^{－}$、［（Ｒ^{1}ＳＯ$_{2}$）$_{2}$Ｎ］$^{－}$、［ＰＯ$_{4}$］$^{3－}$、［Ｒ$_{2}$ＯＰＯ$_{3}$］$^{2－}$、［（Ｒ$_{2}$Ｏ）$_{2}$ＰＯ$_{2}$］$^{－}$、［ＨＰＯ$_{3}$］$^{2－}$、［Ｒ^{2}ＯＰＯ$_{2}$］$^{2－}$、［（Ｒ^{2}Ｏ）$_{2}$ＰＯ］$^{－}$、［Ｒ^{1}ＰＯ$_{3}$］$^{2－}$、［Ｒ^{1}Ｐ（Ｏ）（ＯＲ^{2}）Ｏ］$^{－}$、［（Ｒ^{1}ＳＯ$_{2}$）$_{3}$Ｃ］$^{－}$、［ビスオキサラートボラート］アニオン、［ビスマロナートボラート］アニオン、［Ｒ^{2}ＣＯ$_{2}$］$^{－}$、［３，５－ジニトロ－１，２，４－トリアゾレート］アニオン、［４－ニトロ－１，２，３－トリアゾレート］アニオン、［２，４－ジニトロイミダゾレート］アニオン、［４，５－ジニトロイミダゾレート］アニオン、［４，５－ジシアノイミダゾレート］アニオン、［４－ニトロイミダゾレート］アニオン、［テトラゾレート］アニオン、［Ｒ^{2}ＯＣＳ$_{2}$］$^{－}$、［Ｒ^{2}$_{2}$ＮＣＳ$_{2}$］$^{－}$、［Ｒ^{1}ＣＳ$_{2}$］$^{－}$、［Ｒ^{2}Ｏ）$_{2}$ＰＳ$_{2}$］$^{－}$、［ＲＳ（Ｏ）$_{2}$Ｓ］$^{－}$、［ＲＯＳ（Ｏ）$_{2}$Ｓ］$^{－}$、［ＮＯ$_{3}$］$^{－}$、および［ＮＯ$_{2}$］$^{－}$から選ばれる１種以上のアニオンを含むか、あるいは前記１種以上のアニオンからなり、ここでＲ^{1}とＲ^{2}は、請求項２０において定義したとおりである、請求項２０に記載のプロセス。

【請求項２２】

［Ｘ$^{－}$］が、［Ｆ］$^{－}$、［Ｃｌ］$^{－}$、［Ｂｒ］$^{－}$、［Ｉ］$^{－}$、［Ｎ$_{3}$］$^{－}$、［ＮＣＳ］$^{－}$、［ＮＣＳｅ］$^{－}$、［ＮＣＯ］$^{－}$、［ＣＮ］$^{－}$、［Ｒ^{2}ＣＯ$_{2}$］$^{－}$、および［ＳＯ$_{4}$］$^{2－}$から選ばれる１種以上のアニオンを含むか、あるいは前記１種以上のアニオンからなり、ここでＲ^{1}とＲ^{2}は、請求項２０において定義したとおりである、請求項２１に記載のプロセス。

【請求項２３】

［Ｘ$^{－}$］が、［Ｆ］$^{－}$、［Ｃｌ］$^{－}$、［Ｂｒ］$^{－}$、および［Ｉ］$^{－}$から選ばれる１種以上のアニオンを含むか、あるいは前記１種以上のアニオンからなる、請求項２２に記載のプロセス。

【請求項２４】

［Ｘ$^{－}$］が、［Ｎ$_{3}$］$^{－}$、［ＮＣＳ］$^{－}$、［ＮＣＳｅ］$^{－}$、［ＮＣＯ］$^{－}$、および［ＣＮ］$^{－}$から選ばれる１種以上のアニオンを含むか、あるいは前記１種以上のアニオンからなる、請求項２２に記載のプロセス。

【請求項２５】

［Ｘ$^{－}$］が、［ＨＣＯ$_{2}$］$^{－}$、［ＭｅＣＯ$_{2}$］$^{－}$、［ＥｔＣＯ$_{2}$］$^{－}$、［ＣＨ$_{2}$（ＯＨ）ＣＯ$_{2}$］$^{－}$、［ＣＨ$_{3}$ＣＨ（ＯＨ）ＣＨ$_{2}$ＣＯ$_{2}$］$^{－}$、および［ＰｈＣＯ$_{2}$］$^{－}$から選ばれる１種以上のアニオンを含むか、あるいは前記１種以上のアニオンからなる、請求項２２に記載のプロセス。

【請求項２６】

［Ｘ$^{－}$］が［ＳＯ$_{4}$］$^{2－}$を含むか、あるいは［ＳＯ$_{4}$］$^{2－}$からなる、請求項２２に記載のプロセス。

【請求項２７】

イオン液体中の［Ｃａｔ$^{＋}$］と［Ｍ$^{＋}$］とのモル比が１０：１～１：２の範囲である、請求項１～２６のいずれか一項に記載のプロセス。

【請求項２８】

イオン液体中の［Ｃａｔ$^{＋}$］と［Ｍ$^{＋}$］とのモル比が２：１～１：１の範囲である、請求項２７に記載のプロセス。

【請求項２９】
該イオン液体が、式［Ｃａｔ$^{+}$］［Ｘ$^{-}$］（式中、［Ｃａｔ$^{+}$］と［Ｘ$^{-}$］は、請求項１において定義したとおりである）を有するイオン液体に金属カチオン［Ｍ＋］の塩を加えることによって作製される、請求項１～２８のいずれか一項に記載のプロセス。
【請求項３０】
塩がハロゲン化物アニオンを含む、請求項２９に記載のプロセス。
【請求項３１】
塩が、$FeCl_3$、$FeBr_3$、$CuCl_2$、および$CuBr_2$から選ばれる、請求項３０に記載のプロセス。
【請求項３２】
金属カチオン［M^{+}］と１つ以上のリガンドとを結びつけて配位錯体を形成させる、請求項１～３１のいずれか一項に記載のプロセス。
【請求項３３】
配位錯体が式：
$[(M^{x+})_n(L^{y-})_m]^{(nx-my)}$
（式中、
各M^{x+}は、独立して、ｘ＋の電荷を有する、請求項１～６のいずれか一項において定義した金属イオン［Ｍ＋］であり；
各L^{y-}は、独立して、ｙ－の電荷を有するリガンドであり；
ｎは、１、２、または３であり；
ｍは、２、３、４、５、６、７、または８であり；
ｘは、２、３、４、５、または６であり；そして
ｙは、０、１、２、または３である）
を有する、請求項３２に記載のプロセス。
【請求項３４】
各L^{y-}が、請求項１９～２６のいずれか一項において定義の［Ｘ$^{-}$］、［O^{2-}］、および［S^{2-}］から独立して選ばれるアニオン化学種である、請求項３３に記載のプロセス。
【請求項３５】
各L^{y-}が、ハロゲン化物アニオン、過ハロゲン化物アニオン、カルボン酸アニオン、［O^{2-}］、および［S^{2-}］から独立して選ばれるアニオン化学種である、請求項３４に記載のプロセス。
【請求項３６】
各L^{y-}が、［Ｆ］$^{-}$、［Ｃｌ］$^{-}$、［Ｂｒ］$^{-}$、［Ｉ］$^{-}$、［N_3］$^{-}$、［ＮＣＳ］$^{-}$、［ＮＣＳｅ］$^{-}$、［ＮＣＯ］$^{-}$、［ＣＮ］$^{-}$、［R^2CO_2］$^{-}$（式中、R^2は、前記にて定義したとおりである）、［O^{2-}］、および［S^{2-}］から独立して選ばれるアニオン化学種である、請求項３５に記載のプロセス。
【請求項３７】
$[(M^{x+})_n(L^{y-})_m]^{(nx-my)}$がメタレートアニオンである、請求項３３～３６のいずれか一項に記載のプロセス。
【請求項３８】
メタレートアニオンが、$[FeCl_4]^{-}$、$[CuCl_4]^{2-}$、$[Cu_2Cl_6]^{2-}$、および$[MoS_4]^{2-}$から選ばれる、請求項３７に記載のプロセス。
【請求項３９】
イオン液体が２５０℃以下の融点を有する、請求項１～３８のいずれか一項に記載のプロセス。
【請求項４０】
イオン液体が３０℃以下の融点を有する、請求項３９に記載のプロセス。
【請求項４１】
イオン液体が、水銀含有炭化水素流体供給物および炭化水素流体生成物に対して不混和

性である、請求項１～４０のいずれか一項に記載のプロセス。
【請求項４２】
イオン液体が固体担体物質上に固定化される、請求項１～４１のいずれか一項に記載のプロセス。
【請求項４３】
水銀を含有する炭化水素流体供給物から水銀を除去するためのプロセスであって、
（ｉ）水銀を含有する炭化水素流体供給物と固体担体物質上に固定化されたイオン液体とを接触させる工程、ここで該イオン液体は式：
［Ｃａｔ$^{+}$］［Ｍ$^{+}$］［Ｘ$^{-}$］
（式中、
［Ｃａｔ$^{+}$］は１種以上の有機カチオン化学種であり；
［Ｍ$^{+}$］は、＋２以上の酸化状態を有する遷移金属カチオンから選択される１種以上の金属カチオンであり；
［Ｘ$^{-}$］は１種以上のアニオン化学種である）
を有する；および
（ｉｉ）水銀を含有する流体供給物と比較して減少した水銀含量を有する炭化水素流体生成物をイオン液体から分離する工程；
を含む上記プロセス。
【請求項４４】
イオン液体が請求項２～６および請求項１３～４０のいずれか一項において定義したとおりである、請求項４３に記載のプロセス。
【請求項４５】
固体担体物質が、１０ｍ^{2}・ｇ$^{-1}$～３０００ｍ^{2}・ｇ$^{-1}$のＢＥＴ表面積を有する多孔質担体物質を含むか、あるいは前記多孔質担体物質からなる、請求項４２～４４のいずれか一項に記載のプロセス。
【請求項４６】
固体担体物質が、１００ｍ^{2}・ｇ$^{-1}$～３００ｍ^{2}・ｇ$^{-1}$のＢＥＴ表面積を有する多孔質担体物質を含むか、あるいは前記多孔質担体物質からなる、請求項４５に記載のプロセス。
【請求項４７】
固体担体物質が、０．１～１００ｍｍの範囲の質量平均直径を有するペレット、グラニュール、またはビーズの形態をとっている、請求項４２～４６のいずれか一項に記載のプロセス。
【請求項４８】
固体担体物質が、シリカ、アルミナ、シリカ－アルミナ、および活性炭から選ばれる、請求項４２～４７のいずれか一項に記載のプロセス。
【請求項４９】
固体担体物質がシリカである、請求項４８に記載のプロセス。
【請求項５０】
イオン液体と固体担体物質の総重量を基準として１～５０重量％のイオン液体が固体担体物質上に固定化される、請求項４２～４９のいずれか一項に記載のプロセス。
【請求項５１】
イオン液体と水銀含有炭化水素流体供給物とを１：１～１：１０，０００の体積比にて接触させる、請求項１～５０のいずれか一項に記載のプロセス。
【請求項５２】
水銀含有炭化水素流体供給物中の水銀１モルにつき１～１０，０００モルのイオン液体を水銀含有炭化水素流体供給物と接触させる、請求項１～５１のいずれか一項に記載のプロセス。
【請求項５３】
イオン液体と水銀含有炭化水素流体供給物とを０℃～２５０℃の温度にて接触させる、

請求項１～５２のいずれか一項に記載のプロセス。
【請求項５４】
イオン液体と水銀含有炭化水素流体供給物とを大気圧にて接触させる、請求項１～５３のいずれか一項に記載のプロセス。
【請求項５５】
水銀含有炭化水素流体供給物とイオン液体とを０．１分～５時間接触させる、請求項１～５４のいずれか一項に記載のプロセス。
【請求項５６】
水銀を含有する炭化水素流体供給物から水銀を除去するためのプロセスであって、（ｉ）水銀を含有する炭化水素流体供給物と固体担体物質上に固定化されたメタレート塩とを接触させる工程、ここで該メタレート塩は式：
$[Q^{+}]\,[(M^{x+})_{n}(L^{y-})_{m}]^{(nx-my)}$
〔式中、
各M^{x+}は、独立して、ｘ＋の電荷を有する請求項１～５のいずれか一項に定義の金属カチオン$[M^{+}]$であり；
各L^{y-}は、独立して、ｙ－の電荷を有するリガンドであり；
ｎは１、２、または３であり；
ｍは２、３、４、５、６、７、または８であり；
ｘは２、３、４、５、または６であり；
ｙは０、１、２、または３であり；（ｎｘ－ｍｙ）は負の数であり；
$[Q^{+}]$は、（ｍｙ－ｎｘ）の全電荷を有する１種以上の無機カチオンである〕
を有する；および
（ｉｉ）水銀含有流体供給物と比較して水銀含量の減少した炭化水素流体生成物をイオン液体から分離する工程；
を含む上記プロセス。
【請求項５７】
各L^{y-}が、請求項１９～２６のいずれか一項に定義の$[X^{-}]$、$[O^{2-}]$、および$[S^{2-}]$から独立して選ばれるアニオン化学種である、請求項５６に記載のプロセス。
【請求項５８】
各L^{y-}が、$[F]^{-}$、$[Cl]^{-}$、$[Br]^{-}$、$[I]^{-}$、$[N_3]^{-}$、$[NCS]^{-}$、$[NCSe]^{-}$、$[NCO]^{-}$、$[CN]^{-}$、$[R^{2}CO_2]^{-}$（式中、R^{2}は、前記にて定義したとおりである）、$[O^{2-}]$、および$[S^{2-}]$から独立して選ばれるアニオン化学種である、請求項５７に記載のプロセス。
【請求項５９】
メタレート塩が、$[FeCl_4]^{-}$、$[CuCl_4]^{2-}$、$[Cu_2Cl_6]^{2-}$、および$[MoS_4]^{2-}$から選ばれるメタレートアニオンを含む、請求項５８に記載のプロセス。
【請求項６０】
$[Q^{+}]$が、$[Li]^{+}$、$[Na]^{+}$、$[K]^{+}$、$[Mg]^{2+}$、$[Ca]^{2+}$、および$[NH_4]^{+}$から選ばれる１種以上のイオンである、請求項５６～５９のいずれか一項に記載のプロセス。
【請求項６１】
固体担体物質が、請求項４５～４９のいずれか一項において定義したとおりである、請求項５６～６０のいずれか一項に記載のプロセス。
【請求項６２】
固体担持されたメタレート塩と水銀含有炭化水素流体供給物とを０℃～２５０℃の温度にて接触させる、請求項５６～６１のいずれか一項に記載のプロセス。
【請求項６３】
固体担持されたメタレート塩と水銀含有炭化水素流体供給物とを大気圧にて接触させる、請求項５６～６２のいずれか一項に記載のプロセス。

【請求項６４】
水銀含有炭化水素流体供給物と固体担持されたメタレート塩とを０．１分～５時間接触させる、請求項５６～６３のいずれか一項に記載のプロセス。
【請求項６５】
炭化水素流体生成物が、水銀含有炭化水素流体供給物の水銀含量の４０重量％未満を含有する、請求項１～６４のいずれか一項に記載のプロセス。
【請求項６６】
炭化水素流体生成物が、水銀含有炭化水素流体供給物の水銀含量の５重量％未満を含有する、請求項６５に記載のプロセス。
【請求項６７】
炭化水素流体生成物が５０ｐｐｂ未満の水銀を含有する、請求項１～６６のいずれか一項に記載のプロセス。
【請求項６８】
炭化水素流体生成物が１ｐｐｂ未満の水銀を含有する、請求項６７に記載のプロセス。
【請求項６９】
請求項１～６および請求項１３～４２のいずれか一項において定義したイオン液体の、水銀含有炭化水素流体供給物から水銀を除去するための使用。
【請求項７０】
請求項４３～５０のいずれか一項において定義した、固体担体物質上に固定化されたイオン液体の、水銀含有炭化水素流体供給物から水銀を除去するための使用。
【請求項７１】
請求項５６～６１のいずれか一項において定義した、固体担体物質上に固定化されたメタレート塩の、水銀含有炭化水素流体供給物から水銀を除去するための使用。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、炭化水素流体から金属（特に水銀）を除去するためのプロセスに関する。さらに詳細には、本発明は、イオン液体を使用してガス状炭化水素または液体炭化水素から金属を抽出するプロセスに関する。
【背景技術】
【０００２】
油田やガス田から得られる液体炭化水素とガス状炭化水素は、水銀で汚染されていることが多い。特に、オランダ、ドイツ、カナダ、米国、マレーシア、ブルネイ、および英国とその周辺の油田やガス田から得られる液体炭化水素とガス状炭化水素は、水銀を含有していることが知られている。Ｎ．Ｓ．Ｂｌｏｏｍ（Ｆｒｅｓｅｎｉｕｓ Ｊ．Ａｎａｌ．Ｃｈｅｍ．，２０００，３６６，４３８－４４３）が報告しているように、このような炭化水素中に含有されている水銀は様々な形態をとることがある。元素状水銀である場合が多いが、天然に存在する炭化水素源には、粒子状水銀（すなわち、粒状物質に結合した水銀）、有機水銀（たとえば、ジメチル水銀やジエチル水銀）、およびイオン性水銀（たとえば二塩化水銀）も見出されることがある。原油中の水銀濃度は、油井や場所に応じて１パーツ・パー・ビリオン（ｐｐｂ）未満～数千ｐｐｂの範囲である。同様に、天然ガス中の水銀濃度は１ｎｇ・ｍ$^{-3}$未満～１０００μｇ・ｍ$^{-3}$超の範囲である。
【０００３】
炭化水素中に水銀が存在すると、その毒性ゆえに問題がある。水銀はさらに、炭化水素処理装置（たとえば、精油所やガス精製所において使用される装置）に対して腐食性である。水銀は、炭化水素処理装置のアルミニウム成分と反応してアマルガム形成することができ、このアマルガムが装置の破損を引き起こすことがある。たとえば、パイプライン溶接部、低温部材、アルミニウム熱交換器、および水素化触媒はいずれも、水銀で汚染された炭化水素によって損傷を受けることがある。このことは、きびしい経済的意味づけを伴う運転停止に至ることもあるし、あるいは極端な場合には、破滅的な結果を伴う恐れのあ

る封じ込めの制御低下や完全なプラント破損に至ることもある。さらに、水銀汚染レベルの高い製品はより低品質であると考えられ、したがって売価はより低くなる。

【０００４】

炭化水素からの水銀の除去に対して多くの対処法が提唱されている。これらの対処法としては、イオウ、遷移金属硫化物、重金属硫化物、遷移金属ヨウ化物、または重金属ヨウ化物を活性担体上に含有する固定床カラムを使用するスクラビング法；無機水銀や有機水銀を元素形態に還元してからスクラビングまたはアマルガム化を施すというプロセス；および、酸化の後にイオウ含有化合物で錯体形成させるというプロセス；などがある。しかしながら、原油蒸留物や天然ガス等の炭化水素から水銀を除去するためのより効果的なプロセスが依然として求められている（特に、２種以上の形態の水銀を含有する炭化水素源から‘全’水銀を除去するために）。

【０００５】

本明細書で使用されている“イオン液体”とは、塩を溶融することにより生成させることのできる、そしてこのように生成させたときにイオンだけからなる液体を表わす。イオン液体は、１種のカチオン化学種と１種のアニオン化学種を含む均一物質から形成させることもできるし、あるいは１種より多いカチオン化学種及び／又は１種より多いアニオン化学種で構成させることもできる。したがってイオン液体は、１種より多いカチオン化学種と１種のアニオン化学種で構成させることができる。イオン液体はさらに、１種のカチオン化学種と１種以上のアニオン化学種で構成させることもできる。イオン液体はさらに、１種より多いカチオン化学種と１種より多いアニオン化学種で構成させることもできる。

【０００６】

“イオン液体”という用語は、高融点を有する化合物と低融点（たとえば室温以下）を有する化合物の両方を含む。したがってイオン液体の多くは、２００℃未満（特に１００℃未満）、ほぼ室温（１５～３０℃）、または更に０℃未満の融点を有する。約３０℃未満の融点を有するイオン液体は、一般には“室温イオン液体”と呼ばれており、窒素含有複素環カチオン（たとえばイミダゾリウムベースカチオンやピリジニウムベースカチオン）を有する有機塩から誘導されることが多い。室温イオン液体においては、カチオンとアニオンの構造により秩序ある結晶構造の形成が妨げられ、したがって塩は室温にて液体となる。

【０００７】

イオン液体は、溶媒として最も広く知られている。イオン液体の多くは、無視しうる蒸気圧、温度安定性、低い燃焼性、および低いリサイクル可能性を有することが示されている。アニオン／カチオンの組み合わせ数が膨大であることにより、ある特定用途の要件に適合するよう、イオン液体の物理的特性（たとえば、融点、密度、粘度、および水もしくは有機溶媒との混和性）を微調整することができる。

【０００８】

無機系からイオン液体中への金属の分配（ｐａｒｔｉｔｉｏｎｉｎｇ）について調べている限られた数のレポートがある。

【０００９】

たとえば、水からイオン液体中への水銀イオン（＋２の高い酸化状態での）の分配がＲｏｇｅｒｓ，ｅｔ　ａｌ．（Ｇｒｅｅｎ　Ｃｈｅｍ．，２００３，５，１２９－１３５）によって報告されており、該報告によれば、ジカチオン性モノアニオン性液体錯形成剤（ｄｉｃａｔｉｏｎｉｃ　ａｎｉｏｎｉｃ　ｌｉｑｕｉｄ　ｃｏｍｐｌｅｘａｎｔｓ）を使用して、水性塩からのＨｇ（ＩＩ）と酸性溶液とに分配できることが示された。Ｐｒａｕｓｎｉｔｚ，ｅｔ　ａｌ．（Ｉｎｄ．Ｅｎｇ．Ｃｈｅｍ．Ｒｅｓ．，２００８，４７，５０８０－５０８６）は、水銀イオンが優先的に水から疎水性イオン液体中に分配する、ということを示した。

【００１０】

Ｐｉｎｔｏ　ｅｔ　ａｌ．（米国特許出願第２００７／０１２３６６０号明細書）は、

金属錯形成リガンドと不活性担体上にコーティングされたイオン液体との組み合わせを、石炭燃焼煙道ガスから水銀を除去するための吸着剤として使用できる、ということを示した（Ｊｉ ｅｔ ａｌ．，Ｗａｔｅｒ，Ａｉｒ，＆ Ｓｏｉｌ Ｐｏｌｕｔｉｏｎ：Ｆｏｃｕｓ ２００８，８，３４９－３５８；Ｉｎｄ．Ｅｎｇ．Ｃｈｅｍ．Ｒｅｓ．，２００８，４７，８３９６－８４００；およびＭａｉｎ Ｇｒｏｕｐ Ｃｈｅｍｉｓｔｒｙ ２００８，７，１８１－１８９；を参照）。

【００１１】

国際公開第９８／０６１０６号には、核燃料や核燃料クラッド材を硝酸塩ベースのイオン液体中に酸化溶解するためのプロセスが開示されている。開示されているイオン液体は、硝酸アニオン（および必要に応じて、硫酸アニオンまたはテトラフルオロホウ酸アニオン）、および溶媒の酸化力を高めるのに必要なブレンステッド酸またはフランクリン酸（たとえば、硝酸、硫酸、またはニトロニウムカチオン）を含む。開示されているイオン液体は、全て水溶性である。

【００１２】

Ｐｉｔｎｅｒ，Ｗ．Ｒ．らは、硝酸アニオンを含むイオン液体と硝酸との混合物中にて酸化ウランを可溶性化学種であるUO_2^{2+}に酸化する、という不溶性の酸化ウラン（UO_2）を溶解するための類似のプロセスを説明している（Ｇｒｅｅｎ Ｉｎｄｕｓｔｒｉａｌ Ａｐｐｌｉｃａｔｉｏｎｓ ｏｆ Ｉｏｎｉｃ Ｌｉｑｕｉｄｓ，ＮＡＴＯ Ｓｃｉｅｎｃｅ Ｓｒｉｅｓ ＩＩ：Ｍａｔｈｅｍａｔｉｃｓ，Ｐｈｙｓｉｃｓ ａｎｄ Ｃｈｅｍｉｓｔｒｙ，２００３，９２，２０９－２２６，Ｋｌｕｗｅｒ Ａｃａｄｅｍｉｃ Ｐｕｂｌｉｓｈｅｒｓ，Ｄｏｒｄｒｅｃｈｔ．）。しかしながら、元素金属の溶解については説明されていない。

【００１３】

国際公開第９８／０６１０６号とＰｉｔｎｅｒらの文献中に開示の酸化プロセスは、ニトロニウムイオンを含有する高腐食性酸の使用を必要とする。このようなプロセスが炭化水素のプロセシングと相容れないのは自明のことである。なぜなら、オレフィンや芳香族化合物等の炭化水素成分は、酸やニトロニウムイオンとの反応（好ましくない副生物を生成する）を起こしやすいからである。酸の使用はさらに、特に炭化水素流体に対しては、組成物の全酸性度の望ましくない増大を招く。さらに、国際公開第９８／０６１０６号とＰｉｔｎｅｒらの文献中に開示の系は、腐食性が高いために、金属製の炭化水素処理装置、炭化水素貯蔵装置、および炭化水素輸送装置には不適合となる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【００１４】

【特許文献１】Ｐｉｎｔｏ ｅｔ ａｌ．（米国特許出願第２００７／０１２３６６０号明細書）

【特許文献２】国際公開第９８／０６１０６号

【非特許文献】

【００１５】

【非特許文献１】Ｎ．Ｓ．Ｂｌｏｏｍ（Ｆｒｅｓｅｎｉｕｓ Ｊ．Ａｎａｌ．Ｃｈｅｍ．，２０００，３６６，４３８－４４３）

【非特許文献２】Ｒｏｇｅｒｓ，ｅｔ ａｌ．（Ｇｒｅｅｎ Ｃｈｅｍ．，２００３，５，１２９－１３５）

【非特許文献３】Ｐｒａｕｓｎｉｔｚ，ｅｔ ａｌ．（Ｉｎｄ．Ｅｎｇ．Ｃｈｅｍ．Ｒｅｓ．，２００８，４７，５０８０－５０８６）

【非特許文献４】Ｊｉ ｅｔ ａｌ．，Ｗａｔｅｒ，Ａｉｒ，＆ Ｓｏｉｌ Ｐｏｌｕｔｉｏｎ：Ｆｏｃｕｓ ２００８，８，３４９－３５８

【非特許文献５】Ｉｎｄ．Ｅｎｇ．Ｃｈｅｍ．Ｒｅｓ．，２００８，４７，８３９６－８４００

【非特許文献６】Ｍａｉｎ Ｇｒｏｕｐ Ｃｈｅｍｉｓｔｒｙ ２００８，７，１８１－

１８９
【非特許文献７】Ｐｉｔｎｅｒ，Ｗ．Ｒ．ｅｔ ａｌ．（Ｇｒｅｅｎ Ｉｎｄｕｓｔｒｉａｌ Ａｐｐｌｉｃａｔｉｏｎｓ ｏｆ Ｉｏｎｉｃ Ｌｉｑｕｉｄｓ，ＮＡＴＯ Ｓｃｉｅｎｃｅ Ｓｒｉｅｓ ＩＩ：Ｍａｔｈｅｍａｔｉｃｓ，Ｐｈｙｓｉｃｓ ａｎｄ Ｃｈｅｍｉｓｔｒｙ，２００３，９２，２０９－２２６，Ｋｌｕｗｅｒ Ａｃａｄｅｍｉｃ Ｐｕｂｌｉｓｈｅｒｓ，Ｄｏｒｄｒｅｃｈｔ．）
【発明の概要】
【００１６】
本発明は、特定の金属含有イオン液体が、元素形態、イオン形態、および有機形態の水銀を炭化水素流体から高効率で抽出することができる、という驚くべき知見に基づいている。イオン液体が、溶解水銀に対して極めて高い容量を有する、たとえば、イオン液体中への溶解水銀に対する容量が、イオン液体と水銀との総重量を基準として２０重量％の高さである場合がある、ということが見出された。
【００１７】
第１の態様では、本発明は、水銀を含有する炭化水素流体供給物から水銀を除去するためのプロセスを提供し、該プロセスは、
（ｉ）水銀を含有する炭化水素流体供給物と式：
［Ｃａｔ$^{+}$］［Ｍ$^{+}$］［Ｘ$^{-}$］
（式中、
［Ｃａｔ$^{+}$］は１種以上の有機カチオン化学種であり；
［Ｍ$^{+}$］は、＋２以上の酸化状態を有する遷移金属カチオンから選択される１種以上の金属カチオンであり；
［Ｘ$^{-}$］は１種以上のアニオン化学種である）
を有するイオン液体とを接触させる工程；および
（ｉｉ）水銀を含有する流体供給物と比較して減少した水銀含量を有する炭化水素流体生成物をイオン液体から分離する工程；
を含む。
【００１８】
特定の理論で拘束されるつもりはないが、元素状水銀が極めて可溶性のイオン水銀化学種に酸化されるという穏やかに酸化する環境を、そして有機水銀化学種が、極めて可溶性の水銀イオンを形成するよう酸化開裂を受けるという穏やかに酸化する環境をイオン液体がもたらすと考えられる。このようして形成される水銀イオンは、炭化水素流体からイオン液体に高い選択性で分配すると考えられる。したがって本発明のイオン液体は、水銀を酸化し、酸化水銀化学種のための捕捉媒体として機能する、という二重の機能を果たす。これにより、全スペシエーションタイプの水銀を、炭化水素流体から高効率で除去することが可能となる。
【００１９】
本発明のプロセスにおいて使用されるイオン液体は、イオン液体と、炭化水素流体及び／又は炭化水素処理／輸送／貯蔵装置との反応が防止されるほどに充分に温和である。この点において、本発明のプロセスは、炭化水素物質のプロセシングと適合しない腐食性の酸性媒体及び／又はニトロ化媒体（たとえば、硫酸アニオン、硝酸アニオン、ニトロニウムアニオン、及び／又は硫酸水素アニオンを含有するイオン液体）の使用を必要としない、ということがわかる。
【００２０】
好ましい実施態様では、［Ｍ$^{+}$］は、少なくとも＋２の酸化状態を有する第一列遷移金属カチオン（すなわち、スカンジウム、チタン、バナジウム、クロム、マンガン、鉄、コバルト、ニッケル、銅、および亜鉛から選ばれ、少なくとも＋２の酸化状態を有する金属カチオン）から選ばれる１種以上の金属カチオンであってよい。
【００２１】
したがって本発明によれば、［Ｍ$^{+}$］は、Ｓｃ$^{2+}$、Ｓｃ$^{3+}$、Ｔｉ$^{2+}$、Ｔｉ$^{3+}$、

Ti^{4+}、V^{2+}、V^{3+}、V^{4+}、V^{5+}、Cr^{2+}、Cr^{3+}、Cr^{4+}、Cr^{5+}、Cr^{6+}、Mn^{2+}、Mn^{3+}、Mn^{4+}、Mn^{5+}、Mn^{6+}、Mn^{7+}、Fe^{2+}、Fe^{3+}、Fe^{4+}、Fe^{5+}、Fe^{6+}、Co^{2+}、Co^{3+}、Co^{4+}、Co^{5+}、Ni^{2+}、Ni^{3+}、Ni^{4+}、Zn^{2+}、Mo^{2+}、Mo^{3+}、Mo^{4+}、Mo^{5+}、及び／又はMo^{6+}から選ばれる１種以上の金属カチオンであってよい。

【００２２】

さらなる好ましい実施態様では、［M^{+}］は、少なくとも＋２の酸化状態を有する鉄カチオン（すなわち、Fe^{2+}、Fe^{3+}、Fe^{4+}、Fe^{5+}、及び／又はFe^{6+}から選ばれる鉄カチオン）であってよい。

【００２３】

さらなる好ましい実施態様では、［M^{+}］は、少なくとも＋２の酸化状態を有する銅カチオン（すなわち、Cu^{2+}、Cu^{3+}、及び／又はCu^{4+}から選ばれるカチオン）であってよい。さらに好ましくは、［M^{+}］はCu^{2+}であってよい。

【００２４】

さらなる好ましい実施態様では、［M^{+}］は、少なくとも＋２の酸化状態を有するモリブデンカチオン（すなわち、Mo^{2+}、Mo^{3+}、Mo^{4+}、Mo^{5+}、及び／又はMo^{6+}から選ばれるカチオン）であってよい。さらに好ましくは、［M＋］はMo^{6+}であってよい。

【００２５】

さらなる好ましい実施態様では、［M^{+}］は、少なくとも＋２の酸化状態を有するコバルトカチオン（すなわち、Co^{2+}、Co^{3+}、Co^{4+}、及び／又はCo^{5+}から選ばれるカチオン）であってよい。さらに好ましくは、［M＋］はCo^{2+}であってよい。

【００２６】

言うまでもないが、特定の実施態様では、［M^{+}］は、１種より多い金属カチオンであってもよい。たとえば、［M^{+}］は、上記に開示の好ましいカチオン群から選ばれる１種より多い金属カチオン（すなわち、異なる金属のカチオンの混合物、及び／又は、同じ金属であって、異なる酸化状態を有する金属のカチオンの混合物）であってよい。

【００２７】

特に好ましい実施態様では、［M^{+}］は、Fe^{3+}、Cu^{2+}、Mo^{6+}、およびCo^{2+}から選ばれる１種以上の金属カチオンである。さらに好ましくは、［M^{+}］は、Fe^{3+}とCu^{2+}から選ばれる１種以上の金属カチオンである。

【００２８】

特に好ましい実施態様では、［M^{+}］はFe^{3+}である。

【００２９】

さらなる特に好ましい実施態様では、［M^{+}］はCu^{2+}である。

【００３０】

少なくとも＋２の酸化状態を有する１種以上の金属イオンを使用することの１つの利点は、水銀の酸化時における該金属イオンの還元が、一般には、少なくとも＋１の酸化状態を有する金属イオンの形成につながり、したがって副生物としての元素状金属の形成が防止される、という点である。

【００３１】

金属イオンは、水銀の酸化後に少なくとも＋１の酸化状態を有するように選択されるのが好ましい（たとえば、Cu^{2+}がCu^{+}に還元される）。このように、本発明にしたがって処理することができる水銀含有炭化水素流体は、１パーツ・パー・ビリオン（ｐｐｂ）～２５０，０００ｐｐｂの水銀（たとえば、１～２００，０００ｐｐｂの水銀、１～１００，０００ｐｐｂの水銀、１～５０，０００ｐｐｂの水銀、２～１０，０００ｐｐｂの水銀、または５～１０００ｐｐｂの水銀）を含んでよい。

【００３２】

天然に存在する炭化水素流体の水銀含有物は、さまざまな形態をとることがあり、本発明は、炭化水素流体から元素状水銀、粒子状水銀、有機水銀、またはイオン性水銀を除去

するのに適用することができる。１つの好ましい実施態様では、炭化水素流体供給物は、元素状水銀、粒子状水銀、または有機水銀の少なくとも１種を含む。さらに好ましくは、炭化水素流体供給物は、元素状水銀と有機水銀の少なくとも１種を含む。したがって、１つの好ましい実施態様では、炭化水素流体供給物は元素状水銀を含む。さらに好ましい実施態様では、炭化水素流体供給物は有機水銀を含む。

【００３３】

本発明のプロセスは、１種より多い水銀スペシエーション（ｍｅｒｃｕｒｙ　ｓｐｅｃｉａｔｉｏｎ）（たとえば、２種以上の水銀スペシエーション）を含有する炭化水素流体から水銀を抽出するのに特に適している。本発明の好ましい実施態様では、炭化水素流体は、

（ｉ）元素状水銀と無機水銀；

（ｉｉ）元素状水銀と有機水銀；

（ｉｉｉ）無機水銀と有機水銀；または

（ｉｖ）元素状水銀、無機水銀、および有機水銀の全３種；

を含んでよい。

【００３４】

本発明のプロセスは、水銀を含んでいて、プロセスの操作条件下にて液状もしくはガス状である、実質的に全ての炭化水素供給物に対して使用することができる。

【００３５】

本明細書で使用している“炭化水素”という用語は、少なくとも５０重量％の炭化水素、さらに好ましくは少なくとも６０重量％の炭化水素、さらに好ましくは少なくとも７０重量％の炭化水素、さらに好ましくは少なくとも８０重量％の炭化水素、さらに好ましくは少なくとも９０重量％の炭化水素、そして最も好ましくは少なくとも９５重量％の炭化水素を含有する液状もしくはガス状物質を表わしている。

【００３６】

本発明にしたがって処理することができる炭化水素流体の例としては、液化天然ガス等の液体炭化水素；軽質留分（たとえば、液化石油ガス、ガソリン、および／又はナフサを含む留分）；天然ガスコンデンセート；中間留分（たとえば、ケロシン及び／又はディーゼルを含む留分）；重質留分（たとえば燃料油）；および原油；などがある。本発明にしたがって処理することができる炭化水素流体はさらに、天然ガスや製油所ガス（ｒｅｆｉｎｅｒｙ　ｇａｓ）等のガス状炭化水素を含む。

【００３７】

本発明によれば、［Ｃａｔ$^{+}$］は、アンモニウム、ベンゾイミダゾリウム、ベンゾフラニウム、ベンゾチオフェニウム、ベンゾトリアゾリウム、ボロリウム、シンノリニウム、ジアザビシクロデセニウム、ジアザビシクロノネニウム、１，４－ジアザビシクロ［２．２．２］オクタニウム、ジアザビシクロ－ウンデセニウム、ジチアゾリウム、フラニウム、グアニジニウム、イミダゾリウム、インダゾリウム、インドリニウム、インドリウム、モルホリニウム、オキサボロリウム、オキサホスホリウム、オキサジニウム、オキサゾリウム、イソ－オキサゾリウム、オキソチアゾリウム、ホスホリウム、ホスホニウム、フタラジニウム、ピペラジニウム、ピペリジニウム、ピラニウム、ピラジニウム、ピラゾリウム、ピリダジニウム、ピリジニウム、ピリミジニウム、ピロリジニウム、ピロリウム、キナゾリニウム、キノリニウム、イソ－キノリニウム、キノキサリニウム、キヌクリジニウム、セレナゾリウム、スルホニウム、テトラゾリウム、チアジアゾリウム、イソ－チアジアゾリウム、チアジニウム、チアゾリウム、イソ－チアゾリウム、チオフェニウム、チウロニウム、トリアジニウム、トリアゾリウム、イソ－トリアゾリウム、およびウロニウムから選ばれるカチオン化学種を含んでよい。

【００３８】

本発明の１つの好ましい実施態様では、［Ｃａｔ$^{+}$］は、ベンゾイミダゾリウム、ベンゾフラニウム、ベンゾチオフェニウム、ベンゾトリアゾリウム、シンノリニウム、ジアザビシクロデセニウム、ジアザビシクロノネニウム、ジアザビシクロ－ウンデセニウム、ジ

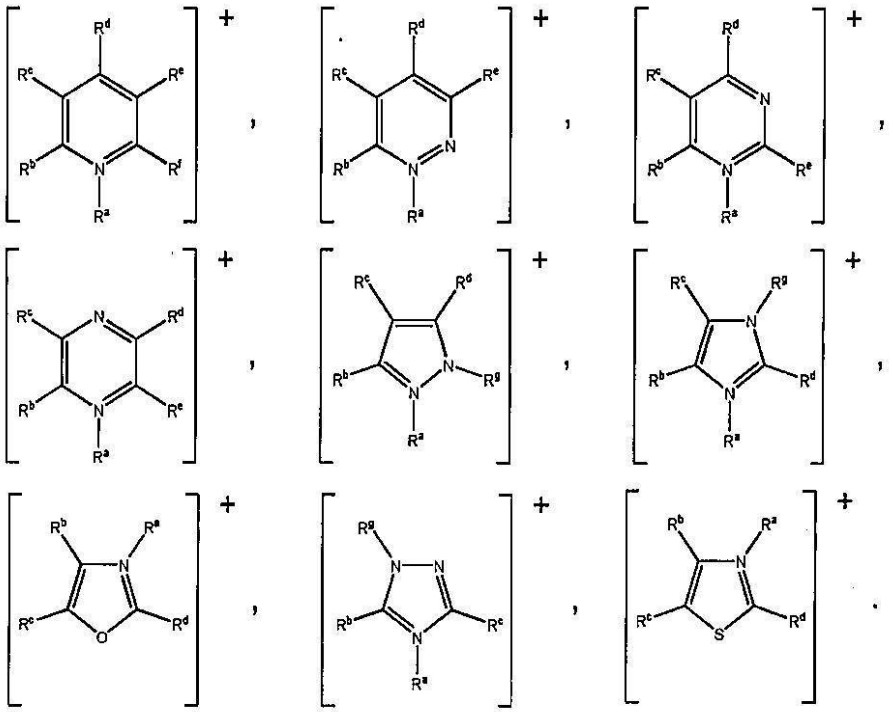
チアゾリウム、イミダゾリウム、インダゾリウム、インドリニウム、インドリウム、オキサジニウム、オキサゾリウム、イソ－オキサゾリウム、オキサチアゾリウム、フタラジニウム、ピラジニウム、ピラゾリウム、ピリダジニウム、ピリジニウム、ピリミジニウム、キナゾリニウム、キノリニウム、イソ－キノリニウム、キノキサリニウム、テトラゾリウム、チアジアゾリウム、イソ－チアジアゾリウム、チアジニウム、チアゾリウム、イソ－チアゾリウム、トリアジニウム、トリアゾリウム、およびイソ－トリアゾリウムから選ばれる芳香族複素環カチオン化学種を含む。

【００３９】

さらに好ましくは、［Ｃａｔ$^{+}$］は、式：

【００４０】

【化１】



【００４１】

〔式中、Ｒ^{a}、Ｒ^{b}、Ｒ^{c}、Ｒ^{d}、Ｒ^{e}、Ｒ^{f}、およびＲ^{g}はそれぞれ、水素、Ｃ$_{1}$－Ｃ$_{20}$の直鎖もしくは分岐鎖アルキル基、Ｃ$_{3}$－Ｃ$_{8}$シクロアルキル基、またはＣ$_{6}$－Ｃ$_{10}$アリール基から独立して選ばれるか、あるいは隣接の炭素原子に結合したＲ^{b}、Ｒ^{c}、Ｒ^{d}、Ｒ^{e}、およびＲ^{f}のいずれか２つがメチレン鎖－（ＣＨ$_{2}$）$_{q}$－（式中、ｑは３～６である）を形成し、前記のアルキル基、シクロアルキル基、もしくはアリール基、または前記メチレン鎖は未置換であるか、あるいはＣ$_{1}$－Ｃ$_{6}$アルコキシ、Ｃ$_{2}$－Ｃ$_{12}$アルコキシアルコキシ、Ｃ$_{3}$－Ｃ$_{8}$シクロアルキル、Ｃ$_{6}$－Ｃ$_{10}$アリール、Ｃ$_{7}$－Ｃ$_{10}$アルカリール、Ｃ$_{7}$－Ｃ$_{10}$アラルキル、－ＣＮ、－ＯＨ、－ＳＨ、－ＮＯ$_{2}$、－ＣＯ$_{2}$Ｒ^{x}、－ＯＣ（Ｏ）Ｒ^{x}、－Ｃ（Ｏ）Ｒ^{x}、－Ｃ（Ｓ）Ｒ^{x}、－ＣＳ$_{2}$Ｒ^{x}、－ＳＣ（Ｓ）Ｒ^{x}、－Ｓ（Ｏ）（Ｃ$_{1}$－Ｃ$_{6}$）アルキル、－Ｓ（Ｏ）Ｏ（Ｃ$_{1}$－Ｃ$_{6}$）アルキル、－ＯＳ（Ｏ）（Ｃ$_{1}$－Ｃ$_{6}$）アルキル、－Ｓ（Ｃ$_{1}$－Ｃ$_{6}$）アルキル、－Ｓ－Ｓ（Ｃ$_{1}$－Ｃ$_{6}$）アルキル、－ＮＲ^{x}Ｃ（Ｏ）ＮＲ^{y}Ｒ^{z}、－ＮＲ^{x}Ｃ（Ｏ）ＯＲ^{y}、－ＯＣ（Ｏ）ＮＲ^{y}Ｒ^{z}、－ＮＲ^{x}Ｃ（Ｓ）ＯＲ^{y}、－ＯＣ（Ｓ）ＮＲ^{y}Ｒ^{z}、－ＮＲ^{x}Ｃ（Ｓ）ＳＲ^{y}、－ＳＣ（Ｓ）ＮＲ^{y}Ｒ^{z}、－ＮＲ^{x}Ｃ（Ｓ）ＮＲ^{y}Ｒ^{z}、－Ｃ（Ｏ）ＮＲ^{y}Ｒ^{z}、－Ｃ（Ｓ）ＮＲ^{y}Ｒ^{z}、－ＮＲ^{y}Ｒ^{z}、または複素環基から選ばれる１～３基で置換されてもよく、ここでＲ^{x}、Ｒ^{y}、およびＲ^{z}はそれぞれ、水素またはＣ$_{1}$－Ｃ$_{6}$アルキルから独立して選ばれる〕

を有する。

【００４２】

R^aは、C_1－C_{15}の直鎖もしくは分岐鎖アルキルから選択するのが好ましく、C_2－C_{10}の直鎖もしくは分岐鎖アルキルから選択するのがさらに好ましく、C_2－C_8の直鎖もしくは分岐鎖アルキルから選択するのがさらに好ましく、C_4－C_8の直鎖もしくは分岐鎖アルキルから選択するのが最も好ましい。さらなる例としては、R^aが、メチル、エチル、ｎ－プロピル、ｎ－ブチル、ｎ－ペンチル、ｎ－ヘキシル、ｎ－ヘプチル、ｎ－オクチル、ｎ－ノニル、ｎ－デシル、ｎ－ウンデシル、ｎ－ドデシル、ｎ－トリデシル、ｎ－テトラデシル、ｎ－ペンタデシル、ｎ－ヘキサデシル、ｎ－ヘプタデシル、およびｎ－オクタデシルから選択される場合がある。

【００４３】

R^g基を含むカチオンでは、R^gは、C_1－C_{10}の直鎖もしくは分岐鎖アルキルから選択するのが好ましく、C_1－C_5の直鎖もしくは分岐鎖アルキルから選択するのがさらに好ましく、メチル基であるのが最も好ましい。

【００４４】

R^a基とR^g基の両方を含むカチオンでは、R^aとR^gはそれぞれ、C_1－C_{20}の直鎖もしくは分岐鎖アルキルから独立して選択するのが好ましく、R^aとR^gの一方が水素であってもよい。さらに好ましくは、R^aとR^gの一方は、C_2－C_{10}の直鎖もしくは分岐鎖アルキルから選択することができ、さらに好ましくはC_2－C_8の直鎖もしくは分岐鎖アルキルから選択することができ、最も好ましくはC_4－C_8の直鎖もしくは分岐鎖アルキルから選択することができ、そしてR^aとR^gの他方は、C_1－C_{10}の直鎖もしくは分岐鎖アルキルから選択することができ、さらに好ましくはC_1－C_0の直鎖もしくは分岐鎖アルキルから選択することができ、最も好ましくはメチル基である。さらなる好ましい実施態様では、R^aとR^g（存在する場合）はそれぞれ、C_1－C_{20}の直鎖もしくは分岐鎖アルキルおよびC_1－C_{15}アルコキシアルキルから独立して選択することができる。

【００４５】

さらなる好ましい実施態様では、R^aとR^gの一方が、ヒドロキシ、メトキシ、またはエトキシで置換されてもよい。

【００４６】

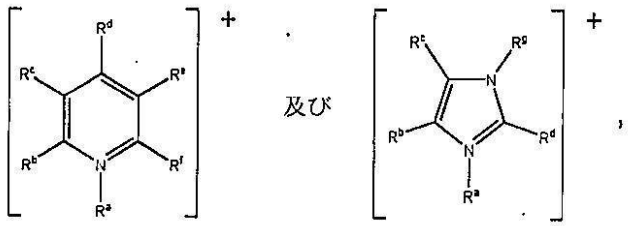
さらなる好ましい実施態様態様では、R^b、R^c、R^d、R^e、およびR^fは、水素およびC_1－C_{15}の直鎖もしくは分岐鎖アルキルから独立して選択され、R^b、R^c、R^d、R^e、およびR^fのそれぞれが水素であるのがさらに好ましい。

【００４７】

本発明のこの実施態様では、［Ｃａｔ$^+$］は、

【００４８】

【化２】



【００４９】

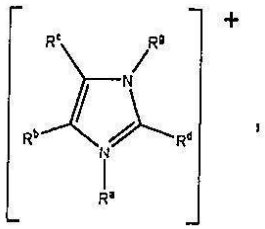
（式中、R^a、R^b、R^c、R^d、R^e、R^f、およびR^gは、前記したとおりである）から選択されるカチオンを含むのが好ましい。

【００５０】

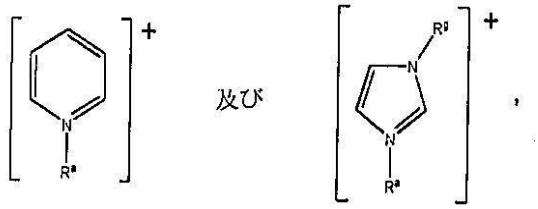
［Ｃａｔ$^+$］は、

【００５１】

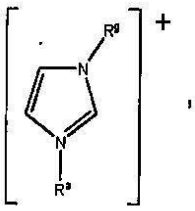
【化３】



【００５２】
（式中、Ｒ^{a}、Ｒ^{b}、Ｒ^{c}、Ｒ^{d}、Ｒ^{e}、Ｒ^{f}、およびＲ^{g}は、前記したとおりである）
から選択されるカチオンを含むのがさらに好ましい。
【００５３】
［Ｃａｔ$^{+}$］は、
【００５４】
【化４】

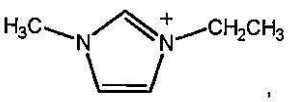


【００５５】
（式中、Ｒ^{a}とＲ^{g}は、前記したとおりである）
から選択されるカチオンを含むのが好ましい。
【００５６】
［Ｃａｔ$^{+}$］は、
【００５７】
【化５】

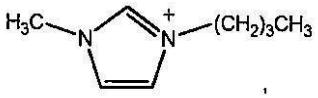


【００５８】
（式中、Ｒ^{a}とＲ^{g}は、前記したとおりである）
から選択されるカチオンを含むのがさらに好ましい。
【００５９】
本発明にしたがって使用できる好ましい窒素含有芳香族複素環カチオンの特定の例としては、
【００６０】

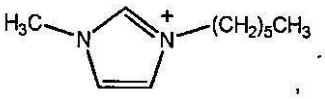
【化６】



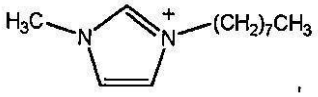
[emimｍ]



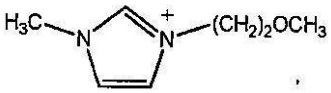
[bmim]



[hmim]

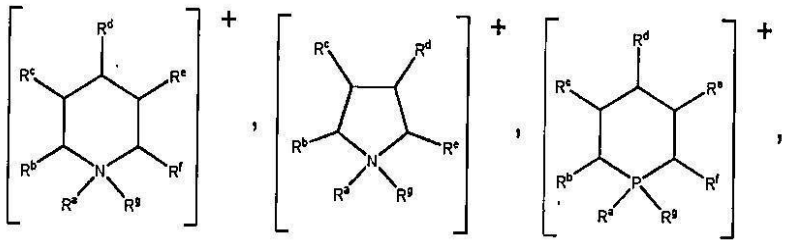


[C8mim]

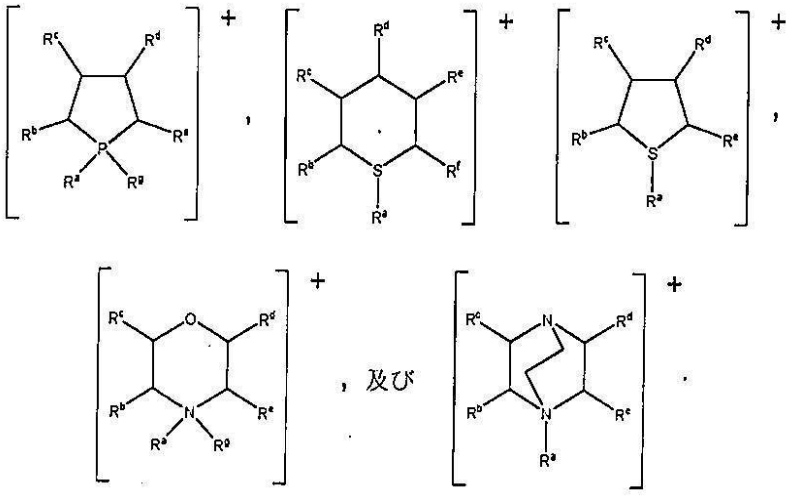


[MeOC2mim]

【００６１】
などがある。
【００６２】
本発明の他の好ましい実施態様では、［Ｃａｔ$^{+}$］は、環状アンモニウム、１，４－ジアザビシクロ［２．２．２］オクタニウム、モルホリニウム、環状ホスホニウム、ピペラジニウム、ピペリジニウム、キヌクリジニウム、および環状スルホニウムから選択される飽和複素環カチオンを含む。
【００６３】
［Ｃａｔ$^{+}$］は、式：
【００６４】
【化７】

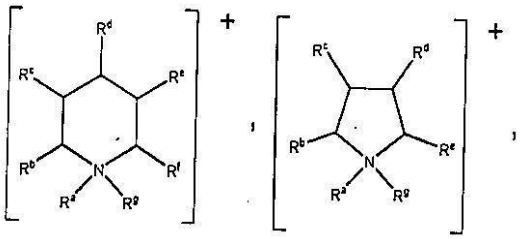


【００６５】
【化８】



【００６６】
（式中、Ｒ^{a}、Ｒ^{b}、Ｒ^{c}、Ｒ^{d}、Ｒ^{e}、Ｒ^{f}、およびＲ^{g}は、前記したとおりである）を有する飽和複素環カチオンを含むのがさらに好ましい。
【００６７】
［Ｃａｔ$^{+}$］は、式：
【００６８】

【化９】

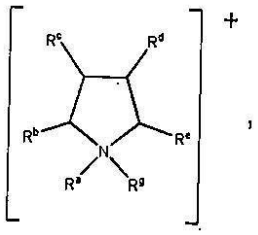


【００６９】

（式中、Ｒ^{a}、Ｒ^{b}、Ｒ^{c}、Ｒ^{d}、Ｒ^{e}、Ｒ^{f}、およびＲ^{g}は、前記したとおりである）を有する飽和複素環カチオンを含むのがさらに好ましく、式：

【００７０】

【化１０】



【００７１】

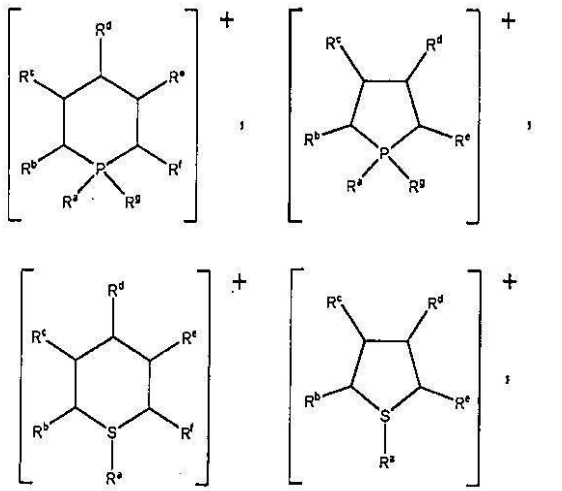
（Ｒ^{a}、Ｒ^{b}、Ｒ^{c}、Ｒ^{d}、Ｒ^{e}、およびＲ^{g}は、前記したとおりである）を有する飽和複素環カチオンを含むのが最も好ましい。

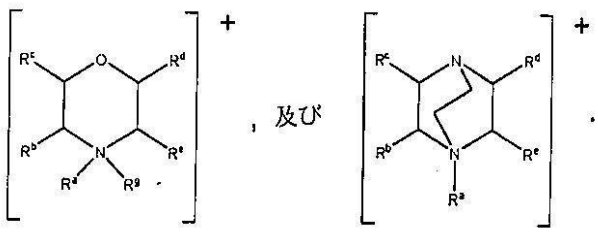
【００７２】

さらに本発明のこの実施態様によれば、［Ｃａｔ$^{+}$］は、

【００７３】

【化１１】





【００７４】

から選択される法複素環カチオンを含むのが好ましい。

【００７５】

上記の飽和複素環カチオンでは、R^aは、C_1－C_{15}の直鎖もしくは分岐鎖アルキルから選択するのが好ましく、C_2－C_{10}の直鎖もしくは分岐鎖アルキルから選択するのがさらに好ましく、C_2－C_8の直鎖もしくは分岐鎖アルキルから選択するのがさらに好ましく、C_4－C_8の直鎖もしくは分岐鎖アルキルから選択するのが最も好ましい。さらなる例としては、R^aが、メチル、エチル、ｎ－プロピル、ｎ－ブチル、ｎ－ペンチル、ｎ－ヘキシル、ｎ－ヘプチル、ｎ－オクチル、ｎ－ノニル、ｎ－デシル、ｎ－ウンデシル、ｎ－ドデシル、ｎ－トリデシル、ｎ－テトラデシル、ｎ－ペンタデシル、ｎ－ヘキサデシル、ｎ－ヘプタデシル、およびｎ－オクタデシルから選択される場合がある。

【００７６】

R^g基を含むカチオンでは、R^gは、C_1－C_{10}の直鎖もしくは分岐鎖アルキルから選択するのが好ましく、C_1－C_5の直鎖もしくは分岐鎖アルキルから選択するのがさらに好ましく、メチル基であるのが最も好ましい。

【００７７】

R^a基とR^g基の両方を含む飽和複素環カチオンでは、R^aとR^gはそれぞれ、C_1－C_{20}の直鎖もしくは分岐鎖アルキルから独立して選択するのが好ましく、R^aとR^gの一方が水素であってもよい。さらに好ましくは、R^aとR^gの一方は、C_2－C_{10}の直鎖もしくは分岐鎖アルキルから選択することができ、さらに好ましくはC_2－C_8の直鎖もしくは分岐鎖アルキルから選択することができ、最も好ましくはC_4－C_8の直鎖もしくは分岐鎖アルキルから選択することができ、そしてR^aとR^gの他方は、C_1－C_{10}の直鎖もしくは分岐鎖アルキルから選択することができ、さらに好ましくはC_1－C_0の直鎖もしくは分岐鎖アルキルから選択することができ、最も好ましくはメチル基である。さらなる好ましい実施態様では、R^aとR^g（存在する場合）はそれぞれ、C_1－C_{20}の直鎖もしくは分岐鎖アルキルおよびC_1－C_{15}アルコキシアルキルから独立して選択することができる。

【００７８】

さらなる好ましい実施態様では、R^b、R^c、R^d、R^e、およびR^fが、水素およびC_1－C_5の直鎖もしくは分岐鎖アルキル独立して選択され、さらに好ましくは、R^b、R^c、R^d、R^e、およびR^fがそれぞれ水素である。

【００７９】

さらなる好ましい実施態様では、R^aが、ヒドロキシ、メトキシ、またはエトキシで置換されてもよい。

【００８０】

本発明の他の好ましい実施態様では、［Cat^+］は、

【００８１】

【化１２】

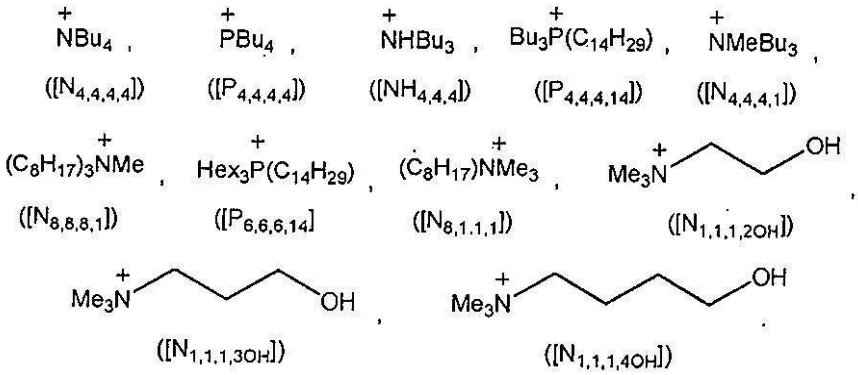
$[N(R^a)(R^b)(R^c)(R^d)]^+$, $[P(R^a)(R^b)(R^c)(R^d)]^+$, 及び $[S(R^a)(R^b)(R^c)]^+$,

【００８２】

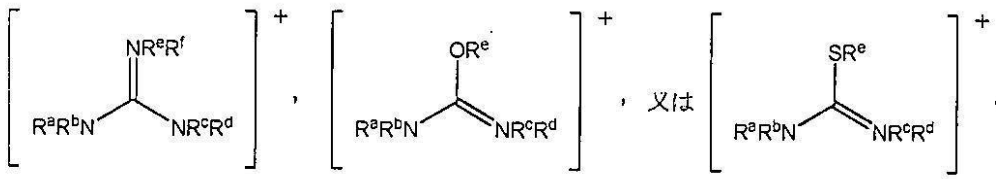
〔式中、R^a、R^b、R^c、およびR^dはそれぞれ、C_1－C_{20}の直鎖もしくは分岐鎖アルキル基、C_3－C_8シクロアルキル基、またはC_6－C_{10}アリール基から独立して選択され、前記のアルキル基、シクロアルキル基、またはアリール基は、未置換であるか、あるいはC_1－C_6アルコキシ、C_2－C_{12}アルコキシアルコキシ、C_3－C_8シクロアルキル、C_6－C_{10}アリール、C_7－C_{10}アルカリール、C_7－C_{10}アラルキル、－ＣＮ、－ＯＨ、－ＳＨ、－NO_2、－CO_2R^x、－ＯＣ（Ｏ）R^x、－Ｃ（Ｏ）R^x、－Ｃ（Ｓ）R^x、－CS_2R^x、－ＳＣ（Ｓ）R^x、－Ｓ（Ｏ）（C_1－C_6）アルキル、－Ｓ（Ｏ）Ｏ（C_1－C_6）アルキル、－ＯＳ（Ｏ）（C_1－C_6）アルキル、－Ｓ（C_1－C_6）アルキル、－Ｓ－Ｓ（C_1－C_6）アルキル、－NR^xC（Ｏ）NR^yR^z、－NR^xC（Ｏ）OR^y、－ＯＣ（Ｏ）NR^yR^z、－NR^xC（Ｓ）OR^y、－ＯＣ（Ｓ）NR^yR^z、－NR^xC（Ｓ）SR^y、－ＳＣ（Ｓ）NR^yR^z、－NR^xC（Ｓ）NR^yR^z、－Ｃ（Ｏ）NR^yR^z、－Ｃ（Ｓ）NR^yR^z、－NR^yR^z、ま

たは複素環基から選択される１～３基で置換されてもよく、ここでＲ^{x}、Ｒ^{y}、およびＲ^{z}は、水素またはＣ$_{1}$－Ｃ$_{6}$アルキルから独立して選択され、Ｒ^{a}、Ｒ^{b}、Ｒ^{c}、およびＲ^{d}の１つが水素であってもよい〕
から選択されるアクリルカチオンを含む。
【００８３】
さらに好ましくは、［Ｃａｔ$^{+}$］は、
【００８４】
【化１３】
$[N(R^a)(R^b)(R^c)(R^d)]^+$, $[P(R^a)(R^b)(R^c)(R^d)]^+$,
【００８５】
〔式中、Ｒ^{a}、Ｒ^{b}、Ｒ^{c}、およびＲ^{d}はそれぞれ、Ｃ$_{1}$－Ｃ$_{20}$の直鎖もしくは分岐鎖アルキル基、Ｃ$_{3}$－Ｃ$_{8}$シクロアルキル基、またはＣ$_{6}$アリール基から独立して選択され、前記のアルキル基、シクロアルキル基、またはアリール基は、未置換であるか、あるいはＣ$_{1}$－Ｃ$_{6}$アルコキシ、Ｃ$_{2}$－Ｃ$_{12}$アルコキシアルコキシ、Ｃ$_{3}$－Ｃ$_{8}$シクロアルキル、Ｃ$_{6}$－Ｃ$_{10}$アリール、Ｃ$_{7}$－Ｃ$_{10}$アルカリール、Ｃ$_{7}$－Ｃ$_{10}$アラルキル、－ＣＮ、－ＯＨ、－ＳＨ、－ＮＯ$_{2}$、－ＣＯ$_{2}$Ｒ^{x}、－ＯＣ（Ｏ）Ｒ^{x}、－Ｃ（Ｏ）Ｒ^{x}、－Ｃ（Ｓ）Ｒ^{x}、－ＣＳ$_{2}$Ｒ^{x}、－ＳＣ（Ｓ）Ｒ^{x}、－Ｓ（Ｏ）（Ｃ$_{1}$－Ｃ$_{6}$）アルキル、－Ｓ（Ｏ）Ｏ（Ｃ$_{1}$－Ｃ$_{6}$）アルキル、－ＯＳ（Ｏ）（Ｃ$_{1}$－Ｃ$_{6}$）アルキル、－Ｓ（Ｃ$_{1}$－Ｃ$_{6}$）アルキル、－Ｓ－Ｓ（Ｃ$_{1}$－Ｃ$_{6}$）アルキル、－ＮＲ^{x}Ｃ（Ｏ）ＮＲ^{y}Ｒ^{z}、－ＮＲ^{x}Ｃ（Ｏ）ＯＲ^{y}、－ＯＣ（Ｏ）ＮＲ^{y}Ｒ^{z}、－ＮＲ^{x}Ｃ（Ｓ）ＯＲ^{y}、－ＯＣ（Ｓ）ＮＲ^{y}Ｒ^{z}、－ＮＲ^{x}Ｃ（Ｓ）ＳＲ^{y}、－ＳＣ（Ｓ）ＮＲ^{y}Ｒ^{z}、－ＮＲ^{x}Ｃ（Ｓ）ＮＲ^{y}Ｒ^{z}、－Ｃ（Ｏ）ＮＲ^{y}Ｒ^{z}、－Ｃ（Ｓ）ＮＲ^{y}Ｒ^{z}、－ＮＲ^{y}Ｒ^{z}、または複素環基から選択される１～３基で置換されてもよく、ここでＲ^{x}、Ｒ^{y}、およびＲ^{z}は、水素またはＣ$_{1}$－Ｃ$_{6}$アルキルから独立して選択され、Ｒ^{a}、Ｒ^{b}、Ｒ^{c}、およびＲ^{d}の１つが水素であってもよい〕
から選択されるカチオンを含む。
【００８６】
上記アクリルカチオンにおいて、Ｒ$_{a}$は、Ｃ$_{1}$－Ｃ$_{20}$の直鎖もしくは分岐鎖アルキルから選択するのが好ましく、Ｃ$_{2}$－Ｃ$_{16}$の直鎖もしくは分岐鎖アルキルから選択するのがさらに好ましく、Ｃ$_{4}$－Ｃ$_{14}$の直鎖もしくは分岐鎖アルキルから選択するのが最も好ましい。さらなる例としては、Ｒ^{a}が、メチル、エチル、ｎ－プロピル、ｎ－ブチル、ｎ－ペンチル、ｎ－ヘキシル、ｎ－ヘプチル、ｎ－オクチル、ｎ－ノニル、ｎ－デシル、ｎ－ウンデシル、ｎ－ドデシル、ｎ－トリデシル、ｎ－テトラデシル、ｎ－ペンタデシル、ｎ－ヘキサデシル、ｎ－ヘプタデシル、およびｎ－オクタデシルから選択される場合がある。
【００８７】
上記アクリルカチオンにおいて、Ｒ^{b}、Ｒ^{c}、およびＲ^{d}は、Ｃ$_{1}$－Ｃ$_{10}$の直鎖もしくは分岐鎖アルキルから独立して選択するのが好ましく、Ｃ$_{1}$－Ｃ$_{5}$の直鎖もしくは分岐鎖アルキルから独立して選択するのがさらに好ましい。
【００８８】
好ましくはＲ^{b}、Ｒ^{c}、およびＲ^{d}のうちの２つが、さらに好ましくはＲ^{b}、Ｒ^{c}、およびＲ^{d}のそれぞれが、メチル、エチル、ｎ－プロピル、ｎ－ブチル、ｎ－ペンチル、およびｎ－ヘキシルから選択される。
【００８９】
さらに好ましくはＲ^{b}、Ｒ^{c}、およびＲ^{d}のうちの２つが、さらに好ましくはＲ^{b}、Ｒ^{c}、およびＲ^{d}のそれぞれがｎ－ブチルまたはｎ－ヘキシルである。
【００９０】
さらなる好ましい実施態様では、Ｒ^{a}、Ｒ^{b}、Ｒ^{c}、およびＲ^{d}のうちの１つが、ヒドロキシ、メトキシ、またはエトキシで置換されてもよい。

【００９１】
本発明に従った使用に適した好ましいアンモニウムカチオンおよびホスホニウムカチオンの特定の例としては、
【００９２】
【化１４】



【００９３】
などがある。
【００９４】
本発明のさらなる実施態様では、［Ｃａｔ$^{+}$］は、グアニジニウム、環状グアニジニウム、ウロニウム、環状ウロニウム、チウロニウム、および環状チウロニウムから選択されるカチオンを含む。
【００９５】
さらに好ましくは、［Ｃａｔ$^{+}$］は、式：
【００９６】
【化１５】

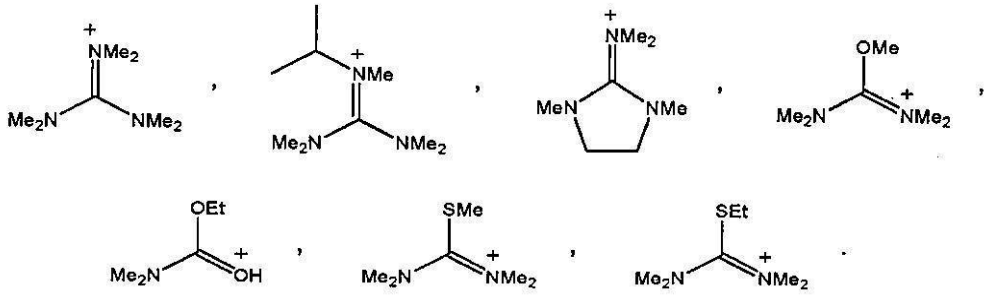


【００９７】
〔式中、R^{a}、R^{b}、R^{c}、R^{d}、R^{e}、およびR^{f}はそれぞれ、C_{1}－C_{20}の直鎖もしくは分岐鎖アルキル基、C_{3}－C_{8}シクロアルキル基、またはC_{6}－C_{10}アリール基から独立して選択されるか、あるいは異なる窒素原子に結合したR^{a}、R^{b}、R^{c}、およびR^{d}のいずれか２つがメチレン鎖－（CH_{2}）^{q}－（式中ｑは２～５である）を形成し、前記のアルキル基、シクロアルキル基、またはアリール基、あるいは前記メチレン鎖は、未置換であるか、あるいはC_{1}－C_{6}アルコキシ、C_{2}－C_{12}アルコキシアルコキシ、C_{3}－C_{8}シクロアルキル、C_{6}－C_{10}アリール、C_{7}－C_{10}アルカリール、C_{7}－C_{10}アラルキル、－ＣＮ、－ＯＨ、－ＳＨ、－NO_{2}、－$CO_{2}R^{x}$、－ＯＣ（Ｏ）R^{x}、－Ｃ（Ｏ）R^{x}、－Ｃ（Ｓ）R^{x}、－$CS_{2}R^{x}$、－ＳＣ（Ｓ）R^{x}、－Ｓ（Ｏ）（C_{1}－C_{6}）アルキル、－Ｓ（Ｏ）Ｏ（C_{1}－C_{6}）アルキル、－ＯＳ（Ｏ）（C_{1}－C_{6}）アルキル、－Ｓ（C_{1}－C_{6}）アルキル、－Ｓ－Ｓ（C_{1}－C_{6}）アルキル、－NR^{x}Ｃ（Ｏ）$NR^{y}R^{z}$、－NR^{x}Ｃ（Ｏ）OR^{y}、－ＯＣ（Ｏ）$NR^{y}R^{z}$、－NR^{x}Ｃ（Ｓ）OR^{y}、－ＯＣ（Ｓ）$NR^{y}R^{z}$、－NR^{x}Ｃ（Ｓ）SR^{y}、－ＳＣ（Ｓ）$NR^{y}R^{z}$、－NR^{x}Ｃ（Ｓ）$NR^{y}R^{z}$、－Ｃ（Ｏ）$NR^{y}R^{z}$、－Ｃ（Ｓ）$NR^{y}R^{z}$、－$NR^{y}R^{z}$、または複素環基から選択される１～３基で置換されてもよく、ここでR^{x}、R^{y}、およびR^{z}は、水素またはC_{1}－C_{6}アルキルから独立して選択される〕を有するカチオンを含む。
【００９８】

本発明に従った使用に適したグアニジニウムカチオン、ウロニウムカチオン、およびチウロニウムカチオンの特定の例としては、

【００９９】

【化１６】



【０１００】

などがある。

【０１０１】

さらなる好ましい実施態様では、［Ｃａｔ$^{+}$］は、電子の豊富なイオウ成分もしくはセレン成分を含むカチオンを含む。例としては、ペンダントのチオール置換基、チオエーテル置換基、もしくはジスルフィド置換基を含む上記のようなカチオンがある。

【０１０２】

さらに他の好ましい実施態様では、［Ｃａｔ$^{+}$］は、トリブチルメチルアンモニウムの立体ボリューム（ｓｔｅｒｉｃ　ｖｏｌｕｍｅ）以下の立体ボリュームを有する１種以上のカチオンを表わす。

【０１０３】

本発明によれば、［Ｘ$^{-}$］は、ハロゲン化物アニオン、過ハロゲン化物アニオン、偽ハロゲン化物アニオン、硫酸アニオン、亜硫酸アニオン、スルホン酸アニオン、スルホンイミドアニオン、リン酸アニオン、亜リン酸アニオン、ホスホン酸アニオン、メチドアニオン、ホウ酸アニオン、カルボン酸アニオン、アゾレートアニオン（ａｚｏｌａｔｅｓ）、炭酸アニオン、カルバミン酸アニオン、チオリン酸アニオン、チオカルボン酸アニオン、チオカルバミン酸アニオン、チオ炭酸アニオン、キサントゲン酸アニオン、チオスルホン酸アニオン、チオ硫酸アニオン、硝酸アニオン、亜硝酸アニオン、過塩素酸アニオン、アミノ酸アニオン、およびホウ酸アニオンから選択される１種以上のアニオンを含んでよい。

【０１０４】

したがって［Ｘ］は、

ａ）F^{-}、Cl^{-}、Br^{-}、およびI^{-}から選択されるハロゲン化物アニオン；

ｂ）$[I_3]^{-}$、$[I_2Br]^{-}$、$[IBr_2]^{-}$、$[Br_3]^{-}$、$[Br_2C]^{-}$、$[BrCl_2]^{-}$、$[ICl_2]^{-}$、$[I_2Cl]^{-}$、および$[Cl_3]^{-}$から選択される過ハロゲン化物アニオン；

ｃ）$[N_3]^{-}$、［ＮＣＳ］$^{-}$、［ＮＣＳｅ］$^{-}$、［ＮＣＯ］$^{-}$、および［ＣＮ］$^{-}$から選択される偽ハロゲン化物アニオン；

ｄ）$[HSO_4]^{-}$、$[SO_4]^{2-}$、および$[R^2OSO_2O]^{-}$から選択される硫酸アニオン；

ｅ）$[HSO_3]^{-}$、$[SO_3]^{2-}$、および$[R^2OSO_2]^{-}$から選択される亜硫酸アニオン；

ｆ）$[R^1SO_2O]^{-}$から選択されるスルホン酸アニオン；

ｇ）$[(R^1SO_2)_2N]^{-}$から選択されるスルホンイミドアニオン；

ｈ）$[H_2PO_4]^{-}$、$[HPO_4]^{2-}$、$[PO_4]^{3-}$、$[R_2OPO_3]^{2-}$、および$[(R_2O)_2PO_2]^{-}$から選択されるリン酸アニオン；

ｉ）$[H_2PO_3]^{-}$、$[HPO_3]^{2-}$、$[R^2OPO_2]^{2-}$、および［（R^2Ｏ

）$_2$ＰＯ］$^-$から選択される亜リン酸アニオン；
ｊ）［R^1PO_3］$^{2-}$および［R^1P（Ｏ）（OR^2）Ｏ］$^-$から選択されるホスホン酸アニオン；
ｋ）［（R^1SO_2）$_3$Ｃ］$^-$から選択されるメチドアニオン；
ｌ）［ビスオキサラートボラート］アニオンおよび［ビスマロナートボラート］アニオンから選択されるホウ酸アニオン；
ｍ）［R^2CO_2］$^-$から選択されるカルボン酸アニオン；
ｎ）［３，５－ジニトロ－１，２，４－トリアゾレート］アニオン、［４－ニトロ－１，２，３－トリアゾレート］アニオン、［２，４－ジニトロイミダゾレート］アニオン、［４，５－ジニトロイミダゾレート］アニオン、［４，５－ジシアノイミダゾレート］アニオン、［４－ニトロイミダゾレート］アニオン、および［テトラゾレート］アニオンから選択されるアゾレートアニオン；
ｏ）チオ炭酸アニオン（たとえば［R^2OCS_2］$^-$）、チオカルバミン酸アニオン（たとえば［$R^2{}_2NCS_2$］$^-$）、チオカルボン酸アニオン（たとえば［R^1CS_2］$^-$）、チオリン酸アニオン（たとえば［R^2O）$_2PS_2$］$^-$）、チオスルホン酸アニオン（たとえば［ＲＳ（Ｏ）$_2$Ｓ］$^-$）、およびチオ硫酸アニオン（たとえば［ＲＯＳ（Ｏ）$_2$Ｓ］$^-$）から選択されるイオウ含有アニオン；ならびに
ｐ）硝酸アニオン（［NO_3］$^-$）または亜硝酸アニオン（たとえば［NO_2］$^-$）；
から選択される１種以上のアニオンを表わしてよく、ここでR^1とR^2は、C_1－C_{10}アルキル、C_6アリール、C_1－C_{10}アルキル（C_6）アリール、およびC_6アリール（C_1－C_{10}）アルキルからなる群から独立して選択され、R^1とR^2のそれぞれが、フルオロ、クロロ、ブロモ、ヨード、C_1－C_6アルコキシ、C_2－C_{12}アルコキシアルコキシ、C_3－C_8シクロアルキル、C_6－C_{10}アリール、C_7－C_{10}アルカリール、C_7－C_{10}アラルキル、－ＣＮ、－ＯＨ、－ＳＨ、－NO_2、－CO_2R^x、－ＯＣ（Ｏ）R^x、－Ｃ（Ｏ）R^x、－Ｃ（Ｓ）R^x、－CS_2R^x、－ＳＣ（Ｓ）R^x、－Ｓ（Ｏ）（C_1－C_6）アルキル、－Ｓ（Ｏ）Ｏ（C_1－C_6）アルキル、－ＯＳ（Ｏ）（C_1－C_6）アルキル、－Ｓ（C_1－C_6）アルキル、－Ｓ－Ｓ（C_1－C_6）アルキル、－NR^xC（Ｏ）NR^yR^z、－NR^xC（Ｏ）OR^y、－ＯＣ（Ｏ）NR^yR^z、－NR^xC（Ｓ）OR^y、－ＯＣ（Ｓ）NR^yR^z、－NR^xC（Ｓ）SR^y、－ＳＣ（Ｓ）NR^yR^z、－NR^xC（Ｓ）NR^yR^z、－Ｃ（Ｏ）NR^yR^z、－Ｃ（Ｓ）NR^yR^z、－NR^yR^z、または複素環基から選択される１つ以上の基で置換されてもよく、ここでR^x、R^y、およびR^zは、水素またはC_1－C_6アルキルから独立して選択され、R^1は、フッ素、塩素、臭素、またはヨウ素であってもよい。

【０１０５】
［X^-］は、過ハロゲン化物アニオンまたは酸性水素原子を有するアニオンを含まないのが好ましい。

【０１０６】
１つの好ましい実施態様では、［X^-］は、［Ｆ］$^-$、［Ｃｌ］$^-$、［Ｂｒ］$^-$、および［Ｉ］$^-$から選択されるハロゲン化物アニオンを含むか、あるいは前記ハロゲン化物アニオンからなる。さらに好ましくは、［X^-］は、［Ｃｌ］$^-$と［Ｂｒ］$^-$から選択されるハロゲン化物アニオンを含むか、あるいは前記ハロゲン化物アニオンからなる。さらに好ましくは、［X^-］は、［Ｃｌ］$^-$アニオンを含むか、あるいは［Ｃｌ］$^-$アニオンからなる。

【０１０７】
さらなる好ましい実施態様では、［X^-］は、［N_3］$^-$、［ＮＣＳ］$^-$、［ＮＣＳｅ］$^-$、［ＮＣＯ］$^-$、および［ＣＮ］$^-$から選択される偽ハロゲン化物アニオンを含むか、あるいは前記偽ハロゲン化物アニオンからなる。

【０１０８】
さらなる好ましい実施態様では、［X^-］は、［R^2CO_2］$^-$（式中、R^2は前記したとおりである）から選択されるカルボン酸アニオンを含むか、あるいは前記カルボン酸

アニオンからなる。このカテゴリーのアニオンのさらなる例としては、［HCO_2］$^-$、［$MeCO_2$］$^-$、［$EtCO_2$］$^-$、［$CH_2(OH)CO_2$］$^-$、［$CH_3CH(OH)CH_2CO_2$］$^-$、および［$PhCO_2$］$^-$などがある。特に好ましいカルボン酸アニオンは［$MeCO_2$］$^-$である。

【０１０９】

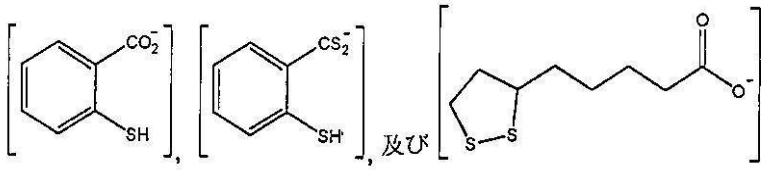
さらなる好ましい実施態様では、［X^-］は、硫酸アニオン［SO_4］$^{2-}$を含むか、あるいは硫酸アニオンからなる。

【０１１０】

さらなる好ましい実施態様では、［X^-］は、電子の豊富なイオウ成分もしくはセレン成分を含むカチオンを含む。例としては、ペンダントのチオール置換基、チオエーテル置換基、もしくはジスルフィド置換基、または［NCS］$^-$、［NCSe］$^-$、［R^2OCS_2］$^-$、［$R^2{}_2NCS_2$］$^-$、［R^1CS_2］$^-$、［$(R^2O)_2PS_2$］$^-$、［$R^1S(O)_2S$］$^-$、もしくは［$R^2OS(O)_2S$］$^-$を含む上記アニオンが挙げられる。このカテゴリーのアニオンのさらなる例としては、［$CH_2(SH)CO_2$］$^-$、［$CH_3CH_2(SH)CO_2$］$^-$、［CH_3CS_2］$^-$、［$CH_3CH_2CS_2$］$^-$、［$PhCS_2$］$^-$、［$(MeO)_2PS_2$］$^-$、［$(EtO)_2PS_2$］$^-$、［$(PhO)_2PS_2$］$^-$、［$(CH_3)_2NCS_2$］$^-$、［$(CH_3CH_2)_2NCS_2$］$^-$、［Ph_2NCS_2］$^-$、［CH_3OCS_2］$^-$、［$CH_3CH_2OCS_2$］$^-$、［$PhOCS_2$］$^-$、

【０１１１】

【化１７】



【０１１２】

などが挙げられる。

【０１１３】

さらに好ましくは、［X^-］は、上記ハロゲン化物アニオン及び／又は上記偽ハロゲン化物アニオン及び／又は［SO_4］$^{2-}$を含むか、あるいは上記ハロゲン化物アニオン及び／又は上記偽ハロゲン化物アニオン及び／又は［SO_4］$^{2-}$からなる。［X^-］は、［Cl］$^-$、［Br］$^-$、および［SCN］$^-$から選択するのがさらに好ましい。［X^-］は［Cl］$^-$であるのが最も好ましい。

【０１１４】

言うまでもなく、本発明は、単一カチオンと単一アニオンを含むイオン液体に限定されない。したがって特定の実施態様では、［Cat^+］は、２種以上のカチオン（たとえば、１，３－ジメチルイミダゾリウムカチオン、１－エチル－３－メチルイミダゾリウムカチオン、および１，３－ジエチルイミダゾリウムカチオンの統計的混合物）であってよい。同様に、特定の実施態様では、［X^-］は、２種以上のアニオン〔たとえば、塩化物アニオン（［Cl］$^-$）と臭化物アニオン（［Br］$^-$）の混合物〕であってよい。

【０１１５】

さらに言うまでもなく、上記イオン液体中の［Cat^+］と［M^+］と［X^-］の相対モル量は固定されず、全体的なチャージバランスが保たれているという条件にてある範囲の値をとってよい。したがって、［Cat^+］と［M^+］と［X^-］の相対モル量は、金属カチオン［M^+］の濃度、ならびに［Cat^+］イオン、［M^+］イオン、および［X^-］イオンのそれぞれ上の荷電に依存する。

【０１１６】

上記の有機カチオン［Cat^+］とアニオン［X^-］は、一般には単一電荷イオンであ

る。しかしながら本発明によれば、［Ｃａｔ$^{+}$］及び／又は［Ｘ$^{-}$］は、多重荷電を有するイオン（たとえば、二重荷電イオン、三重荷電イオン、または四重荷電イオン）を表わすこともある。たとえば［SO_4］$^{2-}$は、［Ｘ$^{-}$］の定義に含まれる二重荷電アニオンの例として見なすことができる。

【０１１７】

イオン液体中の［Ｃａｔ$^{+}$］対［Ｍ$^{+}$］のモル比は、１０：１～１：２の範囲であるのが好ましく、５：１～１：２の範囲であるのがさらに好ましく、２：１～１：１の範囲であるのが最も好ましい。［Ｃａｔ$^{+}$］対［Ｍ$^{+}$］のモル比を２：１～１：１にすると、有機カチオン［Ｃａｔ$^{+}$］の選択によって、イオン液体の特性（たとえば、融点や水混和性）を制御する能力を失うことなく、イオン液体の金属負荷容量（ｍｅｔａｌ　ｌｏａｄｉｎｇ）を最大にすることができる、ということが見出された。

【０１１８】

本発明に従って使用されるイオン液体は、あるイオン液体に金属カチオン［Ｍ$^{+}$］の塩を加えることによって調製することができる。塩のアニオンは、イオン液体のアニオン［Ｘ$^{-}$］と同じであるのが好ましい。たとえば、金属塩は、塩化物アニオンや臭化物アニオン等のハロゲン化物アニオンを含むのが好ましい。

【０１１９】

イオン液体に加えられる塩は、$FeCl_3$、$FeBr_3$、$CuCl_2$、および$CuBr_2$から選択するのが最も好ましい。

【０１２０】

本発明の好ましい実施態様では、金属イオン［Ｍ$^{+}$］と１つ以上のリガンドとを結びつけて配位錯体を形成させる。｛Ｘ$^{-}$］は、金属イオン［Ｍ$^{+}$］に対するリガンドとして機能する１つ以上のアニオン化学種を含むのが好ましい。これとは別に、イオン液体は、金属イオン［Ｍ$^{+}$］に配位することができる中性化学種（たとえば、アミンやホスフィン）を含んでよい。

【０１２１】

配位錯体は、式：

$[(M^{x+})_n(L^{y-})_m]^{(nx-my)}$

（式中、

各M^{x+}は、独立して、ｘ＋の電荷を有する、上記にて定義の金属イオン［Ｍ$^{+}$］を表わし；

各L^{y-}は、独立して、ｙ－の電荷を有するリガンドを表わし；

ｎは、１、２、または３であり；

ｍは、２、３、４、５、６、７、または８であり；

ｘは、２、３、４、５、または６であり；そして

ｙは、０、１、２、または３である）

を有するのが好ましい。

【０１２２】

言うまでもなく、配位錯体の正確な構造（したがってｎ、ｍ、ｘ、およびｙの値）は、使用される特定の金属およびリガンドの化学に依存する。適切な構造は、配位化学の基本原理を利用する当業者であれば容易に導き出せる。

【０１２３】

各L^{y-}は、上記にて定義のアニオン化学種（たとえば［O^{2-}］や［S^{2-}］）から独立して選択するのが好ましい。

【０１２４】

各L^{y-}は、ハロゲン化物アニオン、過ハロゲン化物アニオン、カルボン酸アニオン、［O^{2-}］、および［S^{2-}］から独立して選択するのがさらに好ましい。たとえば、各L^{y-}は、［Ｆ］$^{-}$、［Ｃｌ］$^{-}$、［Ｂｒ］$^{-}$、［Ｉ］$^{-}$、［N_3］$^{-}$、［ＮＣＳ］$^{-}$、［ＮＣＳｅ］$^{-}$、［ＮＣＯ］$^{-}$、［ＣＮ］$^{-}$、［R^2CO_2］$^{-}$（式中、R^2は前記にて定義したとおりである）、［O^{2-}］、および［S^{2-}］から独立して選択することがで

きる。

【０１２５】

（ｎｘ－ｍｙ）は負の数であるのが好ましい。（ｎｘ－ｍｙ）が負の数であるとき、本明細書では、この配位錯体をメタレートアニオン（ｍｅｔａｌｌａｔｅ　ａｎｉｏｎ）と呼ぶ。

【０１２６】

特に好ましいメタレートアニオンとしては、$[FeCl_4]^-$、$[CuCl_4]^{2-}$、$[Cu_2Cl_6]^{2-}$、および$[MoS_4]^{2-}$などがある。

【０１２７】

上記にて定義のメタレートアニオンは、イオン液体に金属塩を加えることによって形成させることができる（イオン液体アニオンが金属塩と化合してメタレートアニオンを形成する）。

【０１２８】

たとえば、本発明のイオン液体が、塩化物イオン液体（たとえば$[bmim]^+[Cl]^-$）に$FeCl_3$をイオン液体対金属イオン比が１：１にて加えることによって作製される場合は、該金属塩が該イオン液体の塩化物と化合して式$[bmim]^+[FeCl_4]^-$（式中、$[FeCl_4]^-$がメタレート錯体を表わす）を有するイオン液体を形成する。

【０１２９】

本発明のイオン液体が、塩化物イオン液体（たとえば$[bmim]^+[Cl]^-$）に$CuCl_2$をイオン液体対金属イオン比が２：１にて加えることによって作製される場合は、該金属塩が該イオン液体の塩化物と化合して式$([bmim]^+)_2([CuCl_4]^{2-})$（式中、$[CuCl_4]^{2-}$がメタレート錯体を表わす）を有するイオン液体を形成する。

【０１３０】

これとは別に、本発明のイオン液体が、塩化物イオン液体（たとえば$[bmim]^+[Cl]^-$）に$CuCl_2$をイオン液体対金属イオン比が１：１にて加えることによって作製される場合は、該金属塩が該イオン液体の塩化物と化合して式$([bmim]^+)_2([Cu_2Cl_6]^{2-})$（式中、$[Cu_2Cl_6]^{2-}$がメタレート錯体を表わす）を有するイオン液体を形成する。

【０１３１】

言うまでもなく、イオン液体の金属負荷容量が低い場合は、イオン液体は、メタレートアニオンと錯体化されていないアニオン$[X^-]$との混合物を含んでよい。

【０１３２】

式$[Cat^+][M^+][X^-]$を有するイオン液体は、２５０℃以下の融点を有するのが好ましく、１５０℃以下の融点を有するのがさらに好ましく、１００℃以下の融点を有するのがさらに好ましく、８０℃以下の融点を有するのがさらに好ましく、そして３０℃未満の融点を有するのが最も好ましい。

【０１３３】

本発明の幾つかの実施態様では、イオン液体は、融点抑制剤を添加剤として含んでよい。融点抑制剤は一般に、イオン液体が、融点抑制剤に対して水素結合を形成しうる部分（たとえばヒドロキシル基）を含有する場合に使用される。適切な融点抑制剤は当業界によく知られており、エチレングリコール、グリセロール、ウレア、およびフェノールなどがある。

【０１３４】

本発明の他の実施態様では、イオン液体が融点抑制剤を含有しないのが好ましい場合がある。

【０１３５】

本発明のプロセスは、特に、水の存在の影響を受けにくい（たとえば、本発明のプロセスは、わずかな割合の水を含む炭化水素ストリームに対して適合している）ということが

見出された。さらに、イオン液体それ自体がわずかな割合の水を含んでよい。出発イオン液体の含水率は、３０重量％未満であるのが好ましく、２０重量％未満であるのがさらに好ましく、１０重量％未満であるのがさらに好ましく、５重量％未満であるのが最も好ましい。たとえば、イオン液体を作製するのに水和塩（たとえば$CuCl_2 \cdot 2H_2O$）を使用すると、イオン液体中にわずかな割合の水を生じることがある。

【０１３６】

イオン液体は、特に炭化水素流体が液体炭化水素を含む場合は、該炭化水素流体に対して実質的に不混和性となるように選択するのが最も好ましい。

【０１３７】

さらに、液体炭化水素やガス状炭化水素からの水銀の効率的な分配が、本発明のプロセスを使用して得られ、このときイオン液体組成物中に添加剤（たとえば、補助溶媒及び／又は水銀錯化リガンド及び／又は追加のオキシダント及び／又はレドックス中間体）は必要とされない、ということが見出された。したがって１つの好ましい実施態様では、イオン液体は補助溶媒を含有しない。さらなる好ましい実施態様では、イオン液体は水銀錯化リガンドを含有しない。さらなる好ましい実施態様では、イオン液体は追加のオキシダントを含有しない。さらなる好ましい実施態様では、イオン液体は、レドックス中間体として機能しうる添加剤を含有しない。

【０１３８】

さらなる好ましい実施態様では、イオン液体を固体担体物質上に固定化させることができる。

【０１３９】

第２の態様では、本発明は、水銀含有炭化水素流体供給物から水銀を除去するためのプロセスを提供し、該プロセスは、

（ｉ）水銀含有炭化水素流体供給物と、固体担体物質上に固定化されたイオン液体とを接触させる工程、ここで該イオン液体は式：

$[Cat^+]\ [M^+]\ [X^-]$

（式中、

$[Cat^+]$は１種以上の有機カチオン化学種であり；

$[M^+]$は、＋２以上の酸化状態を有する遷移金属カチオンから選択される１種以上の金属カチオンであり；

$[X^-]$は１種以上のアニオン化学種である）

を有する；および

（ｉｉ）水銀含有流体供給物と比較して水銀含量の減少した炭化水素流体生成物をイオン液体から分離する工程；

を含む。

【０１４０】

本発明のこの第２の態様によれば、イオン液体は、本発明の第１の態様と関連して定義されているとおりであるのが好ましい。本発明の第１の態様に関して特定されている$[Cat^+]$、$[M^+]$、および$[X^-]$の好ましい定義は、本発明のこの第２の態様に関しても好ましい。さらに、金属カチオン$[M^+]$と１つ以上のリガンドとを結合させて、本発明の第１の態様に関して記載されているような配位錯体（好ましくはメタレートアニオン）を作製することができる。

【０１４１】

本発明の上記態様にしたがって使用される固体担体物質は、多孔質担体物質を含むか、あるいは多孔質担体物質からなる。特に好ましい多孔質担体物質は、$10 m^2 \cdot g^{-1}$～$3000 m^2 \cdot g^{-1}$のＢＥＴ表面積を有する担体物質であり、20～$1000 m^2 \cdot g^{-1}$のＢＥＴ表面積を有するのがさらに好ましく、50～$500 m^2 \cdot g^{-1}$のＢＥＴ表面積を有するのがさらに好ましく、100～$300 m^2 \cdot g^{-1}$のＢＥＴ表面積を有するのが最も好ましい。

【０１４２】

本発明の上記態様にしたがって使用される固体担体は、０．１ｍｍ～１００ｍｍの範囲の質量平均径を有するペレット、グラニュール、またはビーズの形態をとっているのが好ましく、０．５ｍｍ～５０ｍｍの範囲の質量平均径を有するのがさらに好ましく、１ｍｍ～１０ｍｍの範囲の質量平均径を有するのが最も好ましい。

【０１４３】

本発明の上記態様にしたがって使用される好ましい多孔質固体担体物質の例としては、シリカ、アルミナ、シリカ－アルミナ、および活性炭などがある。固体担体物質はシリカであるのが最も好ましい。

【０１４４】

本発明の上記態様にしたがって使用するためのイオン液体担持担体は、イオン液体と固体担体の総重量を基準として１～５０重量％のイオン液体を含むのが一般的であり、１０～３０重量％のイオン液体を含むのがさらに好ましく、１５～２５重量％のイオン液体を含むのが最も好ましい。こうしたイオン液体比率を有する固体担体は、担体の細孔をふさぐことなく、あるいは接触速度を低下させることなく最大表面積をもたらすことが見出された。

【０１４５】

本明細書に開示の本発明の任意の態様によれば、イオン液体と水銀含有炭化水素流体供給物は、１：１～１０，０００：１の炭化水素：イオン液体体積比にて接触させるのが好ましく、２０：１～１０，０００：１の体積比にて接触させるのがさらに好ましく、１００：１～１０，０００：１の体積比にて接触させるのがさらに好ましく、そして１０００：１～１０，０００：１の体積比にて接触させるのが最も好ましい。一般には、炭化水素の量に対してイオン液体の体積は少ないほうが好ましい。これにより、エマルジョンの形成が防止されるからである。

【０１４６】

さらなる好ましい実施態様では、水銀含有炭化水素流体供給物中の水銀１モル当たり１～１０，０００モルの、さらに好ましくは１～１０００モルの、さらに好ましくは１～１００モルの、さらに好ましくは１～１０モルの、そして最も好ましくは１～５モルのイオン液体を水銀含有炭化水素流体供給物と接触させるように、イオン液体：炭化水素接触比が選定される。

【０１４７】

本発明の上記態様によれば、イオン液体と水銀含有炭化水素流体供給物とは０℃～２５０℃の温度で接触させるのが好ましく、１０℃～１５０℃の温度で接触させるのがさらに好ましく、２０℃～１００℃の温度で接触させるのがさらに好ましく、４０℃～８０℃の温度で接触させるのがさらに好ましく、５０℃～７０℃の温度で接触させるのが最も好ましい。

【０１４８】

水銀含有炭化水素流体供給物は、大気圧（約１００ｋＰａ）にてイオン液体と接触させることができるが、大気圧より高い又は低い圧力も、必要に応じて使用することができる。たとえば、本発明のプロセスは、１０ｋＰａ～１００００ｋＰａの圧力にて、さらに好ましくは２０ｋＰａ～１０００ｋＰａの圧力にて、さらに好ましくは５０ｋＰａ～２００ｋＰａの圧力にて、そして最も好ましくは８０ｋＰａ～１２０ｋＰａの圧力にて行うことができる。

【０１４９】

一般には、水銀含有炭化水素流体供給物とイオン液体とを、熱を加えることなく接触させるのが最も経済的であり、製油所生成物ストリームは、それらが製油所から出てくる温度（通常は最も高くて１００℃）にて温度で適切に処理することができる。

【０１５０】

イオン液体を、水銀含有炭化水素流体供給物中の水銀の少なくとも一部がイオン液体相中に移動するのを可能にするに足る時間にわたって、水銀含有炭化水素流体供給物と接触させる。適切なタイムスケールは０．１分～５時間であり、さらに好ましくは０．２分～

２時間であり、最も好ましくは０．５分～１時間である。

【０１５１】

第３の態様では、本発明は、水銀含有炭化水素流体供給物から水銀を除去するためのプロセスを提供し、該プロセスは、

（ｉ）水銀含有炭化水素流体供給物と、固体担持されたメタレート塩とを接触させる工程、ここで該メタレート塩は式：

$[Q^{+}]\ [(M^{x+})_{n}(L^{y-})_{m}]^{(nx-my)}$

〔式中、

各M^{x+}は、独立して、ｘ＋の電荷を有する上記にて定義の金属カチオン［M^{+}］であり；

各L^{y-}は、独立して、ｙ－の電荷を有するリガンドであり；

ｎは１、２、または３であり；ｍは２、３、４、５、６、７、または８であり；

ｘは２、３、４、５、または６であり；ｙは０、１、２、または３であり；

（ｎｘ－ｍｙ）は負の数であり；

［Q^{+}］は、（ｍｙ－ｎｘ）の全電荷を有する１種以上の無機カチオンである〕

を有する；および

（ｉｉ）水銀含有流体供給物と比較して水銀含量の減少した炭化水素流体生成物をイオン液体から分離する工程；

を含む。

【０１５２】

言うまでもないが、メタレートアニオン［$(M^{x+})_{n}(L^{y-})_{m}]^{(nx-my)}$の正確な構造（したがってｎ、ｍ、ｘ、およびｙの値）は、使用される特定の金属とリガンドに依存する。適切な構造は、当業者であれば、配位化学の基本的原理を使用して容易に推測できる。

【０１５３】

各L^{y-}は、［O^{2-}］や［S^{2-}］のみならず、上記にて定義のアニオン化学種［X^{-}］から独立して選択するのが好ましい。

【０１５４】

各L^{y-}は、ハロゲン化物アニオン、過ハロゲン化物アニオン、カルボン酸アニオン、［O^{2-}］、および［S^{2-}］から独立して選択するのがさらに好ましい。たとえば、各L^{y-}は、［Ｆ］$^{-}$、［Ｃｌ］$^{-}$、［Ｂｒ］$^{-}$、［Ｉ］$^{-}$、［N_3］$^{-}$、［ＮＣＳ］$^{-}$、［ＮＣＳｅ］$^{-}$、［ＮＣＯ］$^{-}$、［ＣＮ］$^{-}$、［R^2CO_2］$^{-}$（式中、R^2は前記にて定義したとおりである）、［O^{2-}］、および［S^{2-}］から独立して選択することができる。

【０１５５】

特に好ましいメタレートアニオンとしては、［$FeCl_4$］$^{-}$、［$CuCl_4$］$^{2-}$、［Cu_2Cl_6］$^{2-}$、および［MoS_4］$^{2-}$などがある。

【０１５６】

［Q^{+}］は、［Ｌｉ］$^{+}$、［Ｎａ］$^{+}$、［Ｋ］$^{+}$、［Ｍｇ］$^{2+}$、［Ｃａ］$^{2+}$、および［NH_4］$^{+}$から選択される１種以上のイオンであるのが好ましい。［Q^{+}］は、［Ｌｉ］$^{+}$と［Ｎａ］$^{+}$から選択される１種以上のイオンであるのがさらに好ましい。

【０１５７】

本発明のこの態様によれば、特に好ましいメタレート塩としては、$[Li]^{+}_{2}[Cu_2Cl_6]^{2-}$および$[Li]^{+}_{2}[CuCl_4]^{2-}$がある。

【０１５８】

本発明のこの態様によれば、固体担持されたメタレート塩と水銀含有炭化水素流体供給物とを０℃～２５０℃で接触させるのが好ましく、１０℃～１５０℃で接触させるのがさらに好ましく、２０℃～１００℃で接触させるのがさらに好ましく、４０℃～８０℃で接触させるのがさらに好ましく、５０℃～７０℃で接触させるの最も好ましい。

【０１５９】

水銀含有炭化水素流体供給物と固体担持されたメタレート塩とは、大気圧（約１００ｋＰａ）にて接触させることができるが、必要に応じて、大気圧超もしくは大気圧未満の圧力も使用することができる。たとえば本発明のプロセスは、１０ｋＰａ～１００００ｋＰａの圧力にて行うことができ、２０ｋＰａ～１０００ｋＰａの圧力にて行うのが好ましく、５０ｋＰａ～２００ｋＰａの圧力にて行うのがさらに好ましく、８０ｋＰａ～１２０ｋＰａの圧力にて行うのが最も好ましい。

【０１６０】

一般には、水銀含有炭化水素流体供給物と固体担持されたメタレート塩とを、熱を加えずに接触させるのが最も経済的であり、製油所生成物ストリームは、それらが製油所から出てくる温度（通常は最も高くて１００℃）にて温度で適切に処理することができる。

【０１６１】

固体担持されたメタレート塩を、水銀含有炭化水素流体供給物中の水銀の少なくとも一部がイオン液体相中に移動するのを可能にするに足る時間にわたって、水銀含有炭化水素流体供給物と接触させる。適切なタイムスケールは０．１分～５時間であり、さらに好ましくは０．２分～２時間であり、最も好ましくは０．５分～１時間である。

【０１６２】

本発明の上記態様によれば、水銀含有炭化水素流体供給物とイオン液体もしくは固体担持されたメタレート塩とは、連続処理によっても、あるいはバッチ処理によっても接触させることができる。

【０１６３】

非担持のイオン液体を使用する本発明の態様では、イオン液体と水銀含有炭化水素流体供給物とは、本発明にしたがって任意の従来の液－液または気－液接触器装置を使用して接触させることができる。たとえば、イオン液体と水銀含有炭化水素流体供給物は、向流液－液接触器、並流液－液接触器、向流気－液接触器、並流気－液接触器、液－液バッチ接触器、または気－液バッチ接触器を使用して接触させることができる。

【０１６４】

担持されたイオン液体または固体担持されたメタレート塩を使用する本発明の態様では、接触は、固体担持されたイオン液体または固体担持されたメタレート塩の固定床上に水銀含有炭化水素流体供給物を通す、という固定床接触器装置を使用して行うのが好ましい。適切な接触器としては、固定床連続接触器（たとえば固定床スクラブ塔）や固定床バッチ接触器などがある。

【０１６５】

本発明の連続プロセスでは、炭化水素流体供給物とイオン液体または固体担持されたメタレート塩との接触は、イオン液体／固体担持されたメタレート塩の酸化キャパシティ（ｏｘｉｄｉｓｉｎｇ　ｃａｐａｃｉｔｙ）が有用なレベル未満に低下するまで（この段階でイオン液体／固体担持されたメタレート塩を取り換える）連続的に行うことができる。

【０１６６】

本発明のバッチ処理では、イオン液体または固体担持されたメタレート塩は、イオン液体／固体担持されたメタレート塩の酸化キャパシティが有用なレベル未満に低下するような時間まで、一連の炭化水素流体供給物に対して再使用することができる。

【０１６７】

本発明のプロセスによれば、イオン液体または固体担持されたメタレート塩は、水銀含有炭化水素流体供給物の水銀含量の少なくとも６０重量％を抽出する。イオン液体または固体担持されたメタレート塩は、水銀含有炭化水素流体供給物中の水銀含有物の少なくとも７０重量％を抽出するのがさらに好ましく、少なくとも８０重量％を抽出するのがさらに好ましく、少なくとも９０重量％を抽出するのがさらに好ましく、少なくとも９５重量％を抽出するのがさらに好ましく、そして９９重量％超を抽出するのが最も好ましい。

【０１６８】

したがって本発明のプロセスによれば、水銀含有炭化水素流体供給物中の水銀含有物の、好ましくは４０重量％未満を含有する炭化水素流体生成物を得ることができ、さらに好

ましくは３０重量％未満を含有する炭化水素流体生成物を得ることができ、さらに好ましくは２０重量％未満を含有する炭化水素流体生成物を得ることができ、さらに好ましくは１０重量％未満を含有する炭化水素流体生成物を得ることができ、さらに好ましくは５重量％未満を含有する炭化水素流体生成物を得ることができ、そして最も好ましくは１重量％未満を含有する炭化水素流体生成物を得ることができる。

【０１６９】

本発明のプロセスの炭化水素流体生成物の水銀濃度は、好ましくは５０ｐｐｂ未満であり、さらに好ましくは１０ｐｐｂ未満であり、さらに好ましくは５ｐｐｂ未満であり、さらに好ましくは２ｐｐｂ未満であり、さらに好ましくは１ｐｐｂ未満であり、さらに好ましくは０．５ｐｐｂ未満であり、さらに好ましくは０．２ｐｐｂ未満であり、そして最も好ましくは０．１ｐｐｂ未満である。

【０１７０】

本発明の好ましい実施態様では、使用することができる任意の固体担体を除いて、イオン液体と水銀の総重量を基準として好ましくは少なくとも２重量％の水銀を含有するイオン液体が得られ、さらに好ましくは少なくとも５重量％の水銀を含有するイオン液体が得られ、さらに好ましくは少なくとも１０重量％の水銀を含有するイオン液体が得られ、さらに好ましくは少なくとも１５重量％の水銀を含有するイオン液体が得られ、そして最も好ましくは少なくとも２０重量％の水銀を含有するイオン液体が得られる。

【０１７１】

さらに、同じ水銀含有炭化水素流体供給物に対して一連の接触工程（たとえば２～１０工程）にて本発明のプロセスを繰り返して、炭化水素流体生成物の水銀含量の連続的な減少を果たすことができる。これとは別に、本発明のプロセスを使用して、他の従来の水銀除去プロセスを補足することもできる。しかしながら、本発明の１つの利点は、水銀除去工程の前に、固化した化学種を除去するために炭化水素流体を前処理するという必要性がなくなることである。

【０１７２】

言うまでもなく、本発明のプロセスは、炭化水素から水銀を除去するための単一工程プロセスを提供する。したがって本発明のプロセスは、工業用製油所において使用されているような、炭化水素原材料（たとえば原油）の多段階プロセシングに容易に組み込むことができる。炭化水素の典型的な多段階プロセシングは、蒸留、クラッキング、脱酸、および脱硫等のプロセスを含むことがある。このようなプロセスは、当業者によってよく理解されている。

【０１７３】

第４の態様では、本発明は、水銀含有炭化水素流体から水銀を除去するために、イオン液体を上記にて定義したように使用することを提供する。

【０１７４】

該使用は、プロセスを上記にて定義したように実施することを含むか、あるいは上記にて定義したように実施することからなるのが好ましい。

【０１７５】

第５の態様では、本発明は、水銀含有炭化水素流体から水銀を除去するために、固体担体上に固体化されたイオン液体を上記にて定義したように使用することを提供する。

【０１７６】

該使用は、プロセスを上記にて定義したように実施することを含むか、あるいは上記にて定義したように実施することからなるのが好ましい。

【０１７７】

第５の態様では、本発明は、水銀含有炭化水素流体から水銀を除去するために、固体担持されたメタレート塩を上記にて定義したように使用することを提供する。該使用は、プロセスを上記にて定義したように実施することを含むか、あるいは上記にて定義したように実施することからなるのが好ましい。

【０１７８】

以下に、実施例を挙げ、添付図面を参照しつつ本発明を説明する。

【図面の簡単な説明】

【０１７９】

【図１】図１は、メタレートアニオンを有するイオン液体、非イオン液体メタレート塩、および非イオン液体非メタレート塩の抽出容量の比較を示しているグラフである。

【図２】図２は、表８のデータをグラフ表示したものであり、ガスストリームから水銀を除去するための、活性炭、多孔質シリカ、および工業用イオウ含浸活性炭上に担持されたイオン液体の容量の比較を示している。

【実施例】

【０１８０】

下記の実施例において：

・［C_nｍｉｍ］は、アルキル基がｎ個の炭素原子を有する１－アルキル－３－メチルイミダゾリウムカチオンを表わす

・［$N_{w,x,y,z}$］は、アルキル基がそれぞれｗ個、ｘ個、ｙ個、およびｚ個の炭素原子を有するテトラアルキルアンモニウムカチオンを表わす

・［$P_{w,x,y,z}$］は、アルキル基がそれぞれｗ個、ｘ個、ｙ個、およびｚ個の炭素原子を有するテトラアルキルホスホニウムカチオンを表わす。

【０１８１】

実施例１：銅含有イオン液体による元素状水銀の抽出

塩化１－ブチル－３－メチルイミダゾリウム（５ｇ，２９ミリモル）と塩化銅（ＩＩ）二水和物（５ｇ，２９ミリモル）をフラスコ中にて混合し、減圧下にて加熱して黄褐色の粘稠な油状物を得た。

【０１８２】

０．０３７ｇの該油状物と０．０１８３ｇの元素状水銀とを接触させ、封管中にて６０℃で一晩加熱して、淡いオフホワイトの沈殿物を含有する淡青色のイオン液体を得た。本混合物に１０ｃｍ^{3}の脱イオン水を加え、濾過し、５０ｃｍ^{3}に希釈した。希釈溶液の１ｃｍ^{3}を、脱イオン水でさらに５０ｃｍ^{3}に希釈した。得られた溶液を、Ｍｉｌｅｓｔｏｎｅ　ＤＭＡ－８０直接水銀分析器を使用して水銀に関して分析した。本溶液は、３．２７±０．２１ｐｐｍの水銀を含有することがわかり、このことは、Ｃｕ（ＩＩ）からＣｕ（Ｉ）への２電子還元に基づいた０．２９４ｇ／ｇ水銀という理論的取り込み量と比較して、初期イオン液体１グラム当たり０．２２ｇの水銀が水溶性イオン形に転化されたことを明確に示している。

【０１８３】

実施例２：銅含有イオン液体による元素状水銀の抽出

実施例１の銅（ＩＩ）含有イオン液体と０．３５５ｇの元素状水銀とを接触させ、封管中にて６０℃で一晩加熱した。得られた混合物を実施例１に記載のように分析し、本混合物は、検体溶液中に７．０２±０．２４ｐｐｍの水銀（可溶化された水銀の１８．６重量％に相当する）を含有することがわかった。

【０１８４】

実施例３：ドデカンからの元素状水銀の抽出

塩化１－ブチル－３－メチルイミダゾリウムと塩化銅（ＩＩ）二水和物とのモル比を２：１とするイオン液体を調製した。０．１８ｇのイオン液体を、１０００ｐｐｍの元素状水銀を含有する１０ｃｍ^{3}のドデカンとともにサンプルバイアルに加え、得られた混合物を６０℃で一晩撹拌した。次いで、得られたドデカン相を全水銀濃度に関して分析し、３４．９ｐｐｂの水銀を含有することがわかった。

【０１８５】

実施例４：ドデカンからの塩化水銀（ＩＩ）の抽出

塩化１－ブチル－３－メチルイミダゾリウムと塩化銅（ＩＩ）二水和物とのモル比を２：１とするイオン液体を調製した。０．２７５ｇのイオン液体を、１０ｃｍ^{3}のドデカンおよび０．０６９ｇの$HgCl_2$（８１１５ｐｐｍの全水銀含量に相当する）とともにサ

ンプルバイアルに加え、得られた混合物を６０℃で一晩撹拌した。次いで、得られたドデカン相を全水銀濃度に関して分析し、４２．７５ｐｐｂの水銀を含有することがわかった。イオン液体は１７６，０００ｐｐｍの水銀を含有することがわかった。

【０１８６】

次いで、さらに０．０３９７ｇのＨｇＣｌ$_2$を混合物に加え、６０℃にて１時間撹拌した。得られたドデカン相を全水銀濃度に関して分析し、９６．７５ｐｐｂの水銀（すなわち、初期水銀濃度の０．４６％）を含有することがわかった。イオン液体は２９２，０００ｐｐｍの水銀を含有することがわかった。

【０１８７】

実施例５：ドデカンからの酸化水銀（ＩＩ）の抽出

塩化１－ブチル－３－メチルイミダゾリウムと塩化銅（ＩＩ）二水和物とのモル比を２：１とするイオン液体を調製した。０．２２ｇのイオン液体を、１０ｃｍ^{3}のドデカンおよび０．０１１４ｇのＨｇＯ（１６９６ｐｐｍの全水銀含量に相当する）とともにサンプルバイアルに加え、得られた混合物を６０℃で一晩撹拌した。次いで、得られたドデカン相を全水銀濃度に関して分析し、１３．２５ｐｐｂの水銀を含有することがわかった。イオン液体は４．８重量％の水銀を含有することがわかった。

【０１８８】

次いで、さらに０．０１５２ｇのＨｇＯを混合物に加え、６０℃にて１時間撹拌した。得られたドデカン相を全水銀濃度に関して分析し、６９．９５ｐｐｂの水銀を含有することがわかった。イオン液体は１１．１重量％の水銀を含有することがわかった。

【０１８９】

実施例６：ドデカンからの元素状水銀の抽出

塩化１－ブチル－３－メチルイミダゾリウムと塩化銅（ＩＩ）二水和物とのモル比を２：１とするイオン液体を調製した。０．２３ｇのイオン液体を、０．０４８８ｇの元素状水銀を含有する１０ｃｍ^{3}のドデカンとともにサンプルバイアルに加え、得られた混合物を６０℃で一晩撹拌した。次いで、得られたドデカン相を全水銀濃度に関して分析し、９４６．７ｐｐｂの水銀を含有することがわかった。イオン液体は２１．２重量％の水銀を含有することがわかった。得られた混合物は、水銀で飽和したイオン液体（ＩＬ）、水銀で飽和した炭化水素、および少量の分散した元素状水銀を含有した。

【０１９０】

次いで、さらに０．０７６８ｇのイオン液体を混合物に加え、６０℃にて１時間撹拌した。得られたドデカン相を全水銀濃度に関して分析し、６５．５５ｐｐｂの水銀に減少したことがわかった。

【０１９１】

実施例３～６の結果を表１に示す。

【０１９２】

【表１】

実施例番号		系中の初期[Hg] (ppm)	C_{12}中の最終[Hg] (ppb)	イオン液体中の Hg (%)
3	Hg(0)	0.00202	34.9	0.0000069
*Hg*の初期チャージ				
4	$HgCl_2$	8115	42.75	18.5
5	HgO	1696	13.25	4.8
6	Hg(0)	7833	946.7	21.2
*Hg*の第２のチャージ				
4	$HgCl_2$	12784	96.75	29.2
5	HgO	3958	69.95	11.1
イオン液体の第2のチャージ				
6	Hg(0)	7738	65.55	15.9

[Hg]は水銀の濃度を表す

C_{12}はドデカンを表す

【０１９３】

実施例７：銅を含有する塩化コリン／エチレングリコール共晶液体による元素状水銀の抽出

“Ａｂｂｏｔｔ ｅｔ ａｌ．，ＰＣＣＰ ２００９，１１，４２６９”に記載の手順に従って、塩化コリン（３０ｇ）とエチレングリコール（６０ｇ）とを混合し、塩化コリンが完全に溶解するよう５０℃に加熱することによって混合物を作製した。次いで、塩化銅二水和物（１．３ｇ，７．６ミリモル）を塩化コリン／エチレングリコール共晶混合物（４．７６ｇ，１１．４ミリモル）に加えて、黒っぽい濃緑色の液体を得た。

【０１９４】

元素状水銀（０．３５ｇ）を共晶液体のサンプル（０．８５ｇ）に加え、６０℃にて一晩加熱した。多量の淡緑色沈殿物が形成された。該共晶液体のサンプル０．１７ｇを５ｃｍ^{3}の脱イオン水で希釈して、淡緑色溶液と白色沈殿物を得た。この溶液を濾過し、５０ｃｍ^{3}に希釈し、そして希釈溶液１ｃｍ^{3}を脱イオン水でさらに５０ｃｍ^{3}に希釈した。得られた溶液を、Ｍｉｌｅｓｔｏｎｅ ＤＭＡ－８０直接水銀分析器を使用して水銀に関して分析した。共晶液体は、最初の共晶混合物を基準として１６．９重量％の水溶性水銀化学種を含有することがわかった。

【０１９５】

実施例８：異なるメタレートアニオンを含有するイオン液体による元素状水銀の抽出

本実施例では、バルクの元素状水銀の抽出に対する、異なるメタレートアニオンを含有するイオン液体の有効性を調べる。各イオン液体のサンプルとバルクの元素状水銀とを接触させ、６０℃で一晩撹拌し、得られたイオン液体の少量サンプルを水中に抜き取り、実施例１に記載の手順にしたがって水溶性水銀に関して分析した。使用したイオン液体と得られた結果を表２に示す。

【０１９６】

【表２】
表２

イオン液体/金属塩 (モル比 イオン液体/金属塩)	接触後のイオン液体中の[Hg] (ppm)	イオン液体中に溶解した水銀の質量パーセント
$[C_2mim][Cl]/CuCl_2$ (2:1)	212604	21.3
$[N_{4,4,4,1}][Cl]/CuCl_2$ (2:1)	158917	15.9
$[C_2mim][Cl]/CuCl_2.2H_2O$ (2:1)	255241	25.5
$[N_{4,4,4,1}][Cl]/CuCl_2.2H_2O$ (2:1)	151753	15.2
$[C_4mim][Br]/CuBr_2$ (2:1)	30542	3.1

【０１９７】
実施例９：担持イオン液体による元素状水銀の抽出
本実施例は、天然ガスコンデンセートからの元素状水銀の抽出に及ぼす種々のカチオンの影響を示す（“ＰＥＴＲＯＮＡＳ　Ｏｎｓｈｏｒｅ　Ｇａｓ　Ｔｅｒｍｉｎａｌ，Ｋｅｒｔｅｈ，Ｍａｌａｙｓｉａ”から）。
【０１９８】
［Ｑ］［Ｃｌ］イオン液体（［Ｑ］は、イオン液体のカチオンを表わす）と$CuCl_2$とのモル比２：１とする一連のイオン液体を作製した。Ｄａｖｉｓｉｌ　ＳＰ５４０粉末シリカに各イオン液体を含浸させて、１重量％のＣｕ（ＩＩ）を含有する担持イオン液体を得た（カチオンに応じて７．５～１７重量％のイオン液体）。固体担持されたイオン液体をウエハーに圧縮し、水銀含有コンデンセートの撹拌リザーバー（ａ　ｓｔｉｒｒｅｄ　ｒｅｓｅｒｖｏｉｒ）と３時間接触させた。比較のため、イオン液体を含まないシリカを使用して実験を行った。得られた結果を表３に示す。
【０１９９】
【表３】
表３

[Q]	ウェハー中のイオン液体の質量 (g)	コンデンセート中のHgの質量 (g)	コンデンセート中の出発[Hg] (ppm)	ウェハー中の最終[Hg] (ppm)	イオン液体*中の最終[Hg] (ppm)
$[C_4mim]$	0.0032	1455	455	361	4750
$[P_{66614}]$	0.0032	1228	383	289	1562
$[N_{4441}]$	0.0053	1600	301	207	2070
シリカ	0.0055	521	94	0	0

*固体担体を除いて

【０２００】
実施例１０：担持イオン液体による元素状水銀の抽出
本実施例は、ヘキサンからの元素状水銀の抽出に及ぼす種々のカチオンの影響を示す。
【０２０１】
式［Cat^+］［Ｃｌ］のイオン液体と$CuCl_2$から、種々のモル比にて一連のクロ

ロメタレートイオン液体を作製した。該イオン液体を多孔質シリカビーズ（Ｊｏｈｎｓｏｎ　Ｍａｔｔｈｅｙ，直径２～４ｍｍ，表面積１２２ｍ^2／ｇ）中に含浸させ、撹拌タンク反応器中にて、元素状水銀のリザーバーの存在下でヘキサンと１８日間接触させた。固体担持されたイオン液体の組成を、各イオン液体に関して６日後、１３日後、および１８日後に調べた。得られた結果を表４に示す。

【０２０２】

【表４】

表４

イオン液体	日数	溶液中の[Hg] (ppm)	ﾋﾞｰｽﾞ中の[Hg] (ppm)	ﾋﾞｰｽﾞ中のHg (重量%)	イオン液体の理論Hg容量	飽和への進行
$[P_{66614}]Cl:CuCl_2$ 2:1	6	0.7227	651	0.07	0.84972	7.66%
	13	1.9375	1120	0.11	0.84972	13.18%
	18	2.5043	2003	0.20	0.84972	23.58%
$[C_4mim]Cl:CuCl_2$ 2:1	6	3.3750	2446	0.24	2.06137	11.86%
	13	6.2767	5062	0.51	2.06137	24.56%
	18	6.9473	5838	0.58	2.06137	28.32%
$[C_4mim]Cl:CuCl_2$ 1:1	6	2.5714	1773	0.18	3.23525	5.48%
	13	4.9129	3388	0.34	3.23525	10.47%
	18	9.2259	6363	0.64	3.23525	19.67%
$[N_{4441}]Cl:CuCl_2$ 2:1	6	2.7097	2203	0.22	1.65224	13.33%
	13	6.0009	2927	0.29	1.65224	17.72%
	18	6.3139	6577	0.66	1.65224	39.81%
$[N_{4441}]Cl:CuCl_2$ 1:1	6	3.0407	2534	0.25	2.70653	9.36%
	13	6.3527	3208	0.32	2.70653	11.85%
	18	7.8380	5559	0.56	2.70653	20.54%
$[N_{4441}]Cl:CuCl_2$ 30%の組み込み 1:1	6	3.2485	1511	0.15	8.20161	1.84%
	13	4.9564	1967	0.20	8.20161	2.40%
	18	9.6332	8164	0.82	8.20161	9.95%

【０２０３】

実施例１１：担持イオン液体による元素状水銀の抽出

本実施例は、ヘキサンから、シリカ球体（Ｊｏｈｎｓｏｎ　Ｍａｔｔｈｅｙ，直径１．７～４ｍｍ，表面積１３５ｍ^2／ｇ）およびＣａｌｇｏｎ　ＡＰ４－６０活性炭中に含浸させたイオン液体と非イオン液体塩への水銀の競争抽出を示す。反応条件は実施例１０に記載のとおりである。表５のデータから、競争抽出条件下においては、シリカ担持物質は、活性炭担持物質より多くの水銀取り込みをもたらした、ということがわかる。

【０２０４】

【表５】

表５

イオン液体と担体	ビーズ中の [Hg] (ppm)	ビーズ中の Hg (重量%)	誤差 (%)	ビーズ中の [Hg] (ppm)	ビーズ中の Hg (重量%)	誤差 (%)
	３日後			８日後		
[bmim]Cl/$CuCl_2$ (1:1 on シリカ球体)	857	0.086%	0	3560	0.3560	0
[bmim]Cl/$CuCl_2$ (1:1 on AP4-60)	535	0.054%	5	882	0.0882%	3
choline:EG/$CuCl_2$ (1:1 on AP4-60)	400	0.040%	3	788	0.0788%	27
choline:EG/$CuCl_2$ (2:1 on AP4-60)	217	0.022%	69	1024	0.1024%	18
[bmim]Cl/$CuCl_2$ (2:1 on AP4-60)	110	0.011%	11	950	0.0950%	26
$[N_{4,4,4,1}]$Cl/$CuCl_2$ (2:1 on AP4-60)	502	0.050%	27	966	0.0966%	15

【０２０５】

実施例１２：イオン液体塩と非イオン液体メタレート塩による元素状水銀の抽出

本実施例は、ヘキサンから、直径０．７～１．４ｍｍまたは直径１．７～４．０ｍｍの範囲のシリカビーズ（Ｊｏｈｎｓｏｎ　Ｍａｔｔｈｅｙから市販）中に含浸させたイオン液体と非イオン液体メタレート塩への水銀の抽出を示す。反応条件は実施例１１に記載のとおりである。得られたデータを表６に示す。

【０２０６】

【表６】

表6

イオン液体と担体	ﾋﾞｰｽﾞ中の [Hg] (ppm)	ﾋﾞｰｽﾞ中の Hg (重量%)	誤差 (%)	ﾋﾞｰｽﾞ中の [Hg] (ppm)	ﾋﾞｰｽﾞ中の Hg (重量%)	誤差 (%)
	３日後			８日後		
$[N_{444}H]Cl/CuCl_2$ 1:1 10% on Si#5	3311	0.331	15	14324	1.43242	0.63
$[N_{444}H]Cl/CuCl_2$ 1:1 20% on Si#5	5092	0.509	5	14128	1.41277	0.90
$[N_{444}H]Cl/CuCl_2$ 1:1 30% in Si#5	6407	0.640	0.7	14298	1.42978	0.19
$[N_{4441}]Cl/CuCl_2$ 1:1 10% on Si#5	1919	0.192	21	7680	0.76802	1.87
$[N_{4441}]Cl/CuCl_2$ 1:1 20% on Si#5	4725	0.472		18499	1.84986	2.13
$[N_{4441}]Cl/CuCl_2$ 1:1 30% on Si#5	9713	0.971	53	14834	1.4834	0.18
$[N_{4441}]Cl/CuCl_2$ 1:1 10% on Si#1	7743	0.774	22	26112	2.61119	0.25
$[N_{4441}]Cl/CuCl_2$ 1:1 10% on Si#2	10273	1.027	4	27432	2.74316	4.62
$[N_{4441}]Cl/CuCl_2$ 1:1 10% on Si#4	12936	1.294	36	26073	2.60728	0.16
$[N_{4441}]_2MoS_4$ on Si#5	298	0.030	4	3971	0.39705	4.51
$[P_{66614}]_2MoS_4$ on Si#5	642	0.064	4	2927	0.29272	8.81
$[NH_4]_2MoS_4$ on Si#5	61	0.061	15	5076	0.50763	7.83

【０２０７】

実施例１３：メタレートアニオンを有する固体担持イオン液体、非イオン液体固体担持メタレート塩、および非メタレート塩の抽出容量の比較

本実施例は、$CuCl_2$、$LiCl/CuCl_2$（１：１、メタレートアニオン$Cu_2Cl_6^{2-}$を形成する）、および$[N_{4,4,4,1}]Cl/Cu_2Cl_2$（１：１、これもメタレートアニオン$Cu_2Cl_6^{2-}$を形成する）を含浸させたシリカビーズの抽出容量の比較を示す。図１のデータは、メタレートアニオンを含有する塩の場合には抽出容量が明らかに改良されること、およびイオン液体を使用すると、抽出容量がさらに改良されることを示している。

【０２０８】

実施例１４：［C_4ｍｉｍ］Ｃｌ／$CuCl_2$・$2H_2O$（２：１）を使用するコンデンセートからの全水銀の液体－イオン液体抽出

イオン液体組成物［C_4ｍｉｍ］Ｃｌ／$CuCl_2$・$2H_2O$（２：１）は、２つの成分である塩化１－ブチル－３－メチルイミダゾリウムと塩化銅（ＩＩ）二水和物を、加温しながら直接混合することによって作製した。天然ガスコンデンセートとイオン液体とを５０：１の質量比にて接触させ、室温で撹拌し、上方のバルク状コンデンセート相を定期的にサンプリングして、Ｍｉｌｅｓｔｏｎｅ　ＤＭＡ－８０水銀分析器を使用して直接水銀の分析を行った。

【０２０９】

得られた結果を表７に示す。これらの結果から、６０分後にはサンプル中の全水銀の約７５％が除去されたこと、および１日後には水銀含量が３ｐｐｂ未満に減少したことがわかる。

【０２１０】

【表７】

表7

時間(分)	コンデンセート中の水銀濃度 [μg/kg^{-1} (ppm)]
0	96.95
20	62.47
40	36.84
60	25.63
1440	2.58

【０２１１】

実施例１５：担持イオン液体によるガスからの水銀のスクラビング

水銀を含有するガスストリーム（水銀濃度２０～３０ｍｇ／ｍ^3、流量６０ｍｌ／分）を、０．１ｇ（約０．２ｃｍ^3）の担持イオン液体（床長さ約１．２ｃｍ）を含有するパイプ反応器（厚さ０．０３５"の１／４"ｓｓ管）に通すことによって、ガスストリームから水銀が抽出されることが実証された。反応器出口での水銀含量を、ガスサンプルを抜き取ってＰＳＡ　Ｓｉｒ　Ｇａｌａｈａｄ水銀分析器を使用して分析することによって定期的に測定した。測定に対する検出限界は２μｇ／ｍ^{3}であった。

【０２１２】

活性炭と多孔質シリカに担持されたイオン液体を使用した場合の試験結果を、市販のイオウ含浸活性炭を使用した場合の比較用実験との比較の形で表８に示し、図２にてグラフ表示した。これらの結果から、４種の担持イオン液体はいずれも、水銀の除去という点に関して、市販のイオウ含浸活性炭よりも効果的である、ということが実証された。

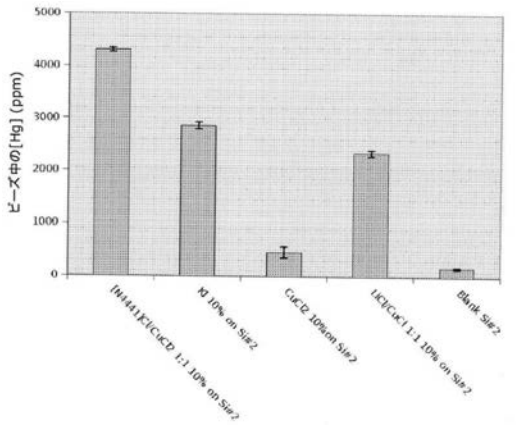
【０２１３】

【表８】

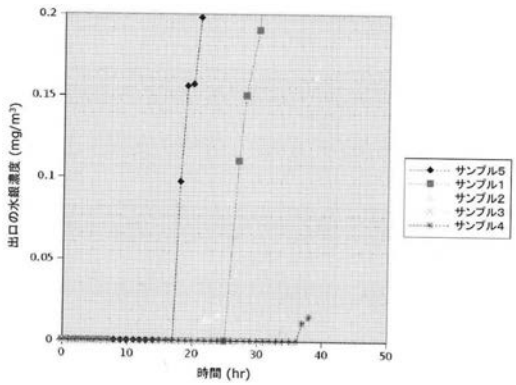
表８

	組成	出口での水銀を検出するための時間 (hr)	破過点にて測定した水銀濃度 ($\mu g/m^3$)	破過点での抽出物に組み込まれている水銀パーセント
サンプル１	$[C_4mim]Cl/CuCl_2$ 1:1 Calgon AP4-60活性炭中に10重量%含浸	27	110	2.43
サンプル２	$[N_{4441}]Cl/CuCl_2$ 1:1 Calgon AP4-60活性炭中に12重量%含浸	22	13	1.98
サンプル３	$[C_4mim]Cl/CuCl_2$ 1:1 多孔質シリカ (Johnson Matthey, SA 135 m^2/g, PV 0.85 cm^3/mL) 中に10重量%含浸	34	7	3.06
サンプル４	$[C_4mim]Cl/CuCl_2$ 1:1 多孔質粒状シリカ (Grace Davison Davicat SI1157) 中に10重量%含浸	37	11	3.33
サンプル５	市販のイオウ含浸活性炭 (Chemviron Carbon, Calgon-HGR) を使用した比較用試験	18	97	1.62

【図１】



【図２】



【手続補正書】
【提出日】平成28年5月16日(2016.5.16)
【手続補正１】
【補正対象書類名】特許請求の範囲
【補正対象項目名】全文
【補正方法】変更
【補正の内容】
【特許請求の範囲】
【請求項１】
水銀を含有する炭化水素流体供給物から水銀を除去するためのプロセスであって、（ｉ）水銀を含有する炭化水素流体供給物と固体担体物質上に固定化されたメタレート塩とを接触させる工程、ここで該メタレート塩は式：
［Ｑ$^{+}$］［（Ｍ$^{x+}$）$_{n}$（Ｌ$^{y-}$）$_{m}$］$^{（ｎｘ－ｍｙ）}$
〔式中、
各Ｍ$^{x+}$は、独立して、ｘ＋の電荷を有する請求項１～５のいずれか一項に定義の金属カチオン［Ｍ$^{+}$］であり；
各Ｌ$^{y-}$は、独立して、ｙ－の電荷を有するリガンドであり；
ｎは１、２、または３であり；
ｍは２、３、４、５、６、７、または８であり；
ｘは２、３、４、５、または６であり；
ｙは０、１、２、または３であり；（ｎｘ－ｍｙ）は負の数であり；
［Ｑ$^{+}$］は、（ｍｙ－ｎｘ）の全電荷を有する１種以上の無機カチオンである〕
を有する；および
（ｉｉ）水銀含有流体供給物と比較して水銀含量の減少した炭化水素流体生成物をイオン液体から分離する工程；

を含む上記プロセス。
【請求項２】
各L^{y-}が［X^-］から独立して選択されるアニオン化学種であり、［X^-］が、ハロゲン化物、過ハロゲン化物、偽ハロゲン化物、サルフェート、サルファイト、スルフォネート、スルホンイミド、ホスフェート、ホスファイト、ホスホネート、メチド、ボレート、カルボキシレート、アゾレート、カルボネート、カルバメート、チオホスフェート、チオカルボキシレート、チオカルバメート、チオカルボネート、キサンテート、チオスルホネート、チオサルフェート、ナイトレート、ナイトライト、ペルクロレート、ハロメタレート、アミノ酸、ボレート、［O^{2-}］および［S^{2-}］から選択されるアニオンを含む、請求項１に記載のプロセス。
【請求項３】
［X^-］が、［F］$^-$、［Cl］$^-$、［Br］$^-$、［I］$^-$、［I_3］$^-$、［I_2Br］$^-$、［IBr_2］$^-$、［Br_3］$^-$、［Br_2C］$^-$、［$BrCl_2$］$^-$、［ICl_2］$^-$、［I_2Cl］$^-$、［Cl_3^-［N_3］$^-$、［NCS］$^-$、［NCSe］$^-$、［NCO］$^-$、［CN］$^-$、［HSO_4］$^-$、［SO_4］$^{2-}$、［R^2OSO_2O］$^-$、［HSO_3］$^-$、［SO_3］$^{2-}$、［R^2OSO_2］$^-$、［R^1SO_2O］$^-$、［$(R^1SO_2)_2N$］$^-$、［H_2PO_4］$^-$、［HPO_4］$^{2-}$、［PO_4］$^{3-}$、［R_2OPO_3］$^{2-}$、［$(R^2O)_2PO_2$］$^-$、［H_2PO_3］$^-$、［HPO_3］$^{2-}$、［R^2OPO_2］$^{2-}$、［$(R^2O)_2PO$］$^-$、［R^1PO_3］$^{2-}$、［$R^1P(O)(OR^2)O$］$^-$、［$(R^1SO_2)_3C$］$^-$、［ビスオキサラートボラート］、［ビスマロナートボラート］、［R^2CO_2］$^-$、［３，５－ジニトロ－１，２，４－トリアゾレート］、［４－ニトロ－１，２，３－トリアゾレート］、［２，４－ジニトロイミダゾレート］、［４，５－ジニトロイミダゾレート］、［４，５－ジシアノイミダゾレート］、［４－ニトロイミダゾレート］、［テトラゾレート］、［R^2OCS_2］$^-$、［$R^2{}_2NCS_2$］$^-$、［R^1CS_2］$^-$、［$(R^2O)_2PS_2$］$^-$、［$RS(O)_2S$］$^-$、［$ROS(O)_2S$］$^-$、［NO_3］$^-$、および［NO_2］$^-$から選ばれる１種以上のアニオンを含むか、あるいは前記１種以上のアニオンからなり、
ここでR^1とR^2は、C_1－C_{10}アルキル、C_6アリール、C_1－C_{10}アルキル（C_6）アリール、およびC_6アリール（C_1－C_{10}）アルキルからなる群から独立して選択され、R^1とR^2のそれぞれが、フルオロ、クロロ、ブロモ、ヨード、C_1－C_6アルコキシ、C_2－C_{12}アルコキシアルコキシ、C_3－C_8シクロアルキル、C_6－C_{10}アリール、C_7－C_{10}アルカリール、C_7－C_{10}アラルキル、－CN、－OH、－SH、－NO_2、－CO_2R^x、－OC（O）R^x、－C（O）R^x、－C（S）R^x、－CS_2R^x、－SC（S）R^x、－S（O）（C_1－C_6）アルキル、－S（O）O（C_1－C_6）アルキル、－OS（O）（C_1－C_6）アルキル、－S（C_1－C_6）アルキル、－S－S（C_1－C_6）アルキル、－NR^xC（O）NR^yR^z、－NR^xC（O）OR^y、－OC（O）NR^yR^z、－NR^xC（S）OR^y、－OC（S）NR^yR^z、－NR^xC（S）SR^y、－SC（S）NR^yR^z、－NR^xC（S）NR^yR^z、－C（O）NR^yR^z、－C（S）NR^yR^z、－NR^yR^z、または複素環基から選択される１つ以上の基で置換されてもよく、ここでR^x、R^y、およびR^zは、水素またはC_1－C_6アルキルから独立して選択され、R^1は、フッ素、塩素、臭素、またはヨウ素であってもよい、請求項２に記載のプロセス。
【請求項４】
［X^-］が、［F］$^-$、［Cl］$^-$、［Br］$^-$、［I］$^-$、［N_3］$^-$、［NCS］$^-$、［NCSe］$^-$、［NCO］$^-$、［CN］$^-$、［SO_4］$^{2-}$、［R^2OSO_2O］$^-$、［HSO_3］$^-$、［SO_3］$^{2-}$、［R^2OSO_2］$^-$、［R^1SO_2O］$^-$、［$(R^1SO_2)_2N$］$^-$、［PO_4］$^{3-}$、［R^2OPO_3］$^{2-}$、［$(R^2O)_2PO_2$］$^-$、［HPO_3］$^{2-}$、［R^2OPO_2］$^{2-}$、［$(R^2O)_2PO$］$^-$、［R^1PO_3］$^{2-}$、［$R^1P(O)(OR^2)O$］$^-$、［$(R^1SO_2)_3C$］$^-$、［ビスオキサラートボラート］、［ビスマロナートボラート］、［R^2CO_2］$^-$、［３，５－ジニト

ロ－１，２，４－トリアゾレート］、［４－ニトロ－１，２，３－トリアゾレート］、［２，４－ジニトロイミダゾレート］、［４，５－ジニトロイミダゾレート］、［４，５－ジシアノイミダゾレート］、［４－ニトロイミダゾレート］、［テトラゾレート］、［R^2OCS_2］$^-$、［$R^2{}_2NCS_2$］$^-$、［R^1CS_2］$^-$、［$(R^2O)_2PS_2$］$^-$、［$RS(O)_2S$］$^-$、［$ROS(O)_2S$］$^-$、［NO_3］$^-$、および［NO_2］$^-$から選ばれる１種以上のアニオンを含むか、あるいは前記１種以上のアニオンからなり、ここでR^1とR^2は、請求項３において定義したとおりである、請求項３に記載のプロセス。

【請求項５】

［X^-］が、［F］$^-$、［Cl］$^-$、［Br］$^-$、［I］$^-$、［N_3］$^-$、［NCS］$^-$、［NCSe］$^-$、［NCO］$^-$、［CN］$^-$、［R^2CO_2］$^-$、および［SO_4］$^{2-}$から選ばれる１種以上のアニオンを含むか、あるいは前記１種以上のアニオンからなり、ここでR^2は、請求項３において定義したとおりである、請求項４に記載のプロセス。

【請求項６】

［X^-］が、［F］$^-$、［Cl］$^-$、［Br］$^-$、および［I］$^-$から選ばれる１種以上のアニオンを含むか、あるいは前記１種以上のアニオンからなる、請求項５に記載のプロセス。

【請求項７】

［X^-］が、［N_3］$^-$、［NCS］$^-$、［NCSe］$^-$、［NCO］$^-$、および［CN］$^-$から選ばれる１種以上のアニオンを含むか、あるいは前記１種以上のアニオンからなる、請求項５に記載のプロセス。

【請求項８】

［X^-］が、［HCO_2］$^-$、［$MeCO_2$］$^-$、［$EtCO_2$］$^-$、［$CH_2(OH)CO_2$］$^-$、［$CH_3CH(OH)CH_2CO_2$］$^-$、および［$PhCO_2$］$^-$から選ばれる１種以上のアニオンを含むか、あるいは前記１種以上のアニオンからなる、請求項５に記載のプロセス。

【請求項９】

［X^-］が［SO_4］$^{2-}$を含むか、あるいは［SO_4］$^{2-}$からなる、請求項５に記載のプロセス。

【請求項１０】

Ly－が、［F］$^-$、［Cl］$^-$、［Br］$^-$、［I］$^-$、［N_3］$^-$、［NCS］$^-$、［NCSe］$^-$、［NCO］$^-$、［CN］$^-$、［R^2CO_2］$^-$から独立して選択されるアニオン種であり、、ここでR^2は、上記定義したとおりの［O_2_］および［S_2_］である、請求項２に記載のプロセス。

【請求項１１】

メタレート塩が、［$FeCl_4$］$^-$、［$CuCl_4$］$^{2-}$、［Cu_2Cl_6］$^{2-}$、および［MoS_4］$^{2-}$から選ばれるメタレートアニオンを含む、請求項１０に記載のプロセス。

【請求項１２】

［Q^+］が、［Li］$^+$、［Na］$^+$、［K］$^+$、［Mg］$^{2+}$、［Ca］$^{2+}$、および［NH_4］$^+$から選ばれる１種以上のイオンである、請求項１～１１のいずれか一項に記載のプロセス。

【請求項１３】

［Q^+］が、［Li］$^+$から選択される１種以上のイオンである、請求項１２に記載のプロセス。

【請求項１４】

固体担体物質が、$10m^2\cdot g^{-1}$～$3000m^2\cdot g^{-1}$のBET表面積を有する多孔質担体物質を含むか、あるいは前記多孔質担体物質からなる、請求項１～１３のいずれか一項に記載のプロセス。

【請求項１５】
固体担体物質が、１００ｍ^{2}・ｇ$^{-1}$～３００ｍ^{2}・ｇ$^{-1}$のＢＥＴ表面積を有する多孔質担体物質を含むか、あるいは前記多孔質担体物質からなる、請求項１４に記載のプロセス。
【請求項１６】
固体担体物質が、０．１～１００ｍｍの範囲の質量平均直径を有するペレット、グラニュール、またはビーズの形態をとっている、請求項１～１５のいずれか一項に記載のプロセス。
【請求項１７】
固体担体物質が、シリカ、アルミナ、シリカ－アルミナ、および活性炭から選ばれる、請求項１～１６のいずれか一項に記載のプロセス。
【請求項１８】
固体担体物質がシリカである、請求項１７に記載のプロセス。
【請求項１９】
固体担体物質が活性炭である、請求項１７に記載のプロセス。
【請求項２０】
固体担体メタレート塩と水銀含有炭化水素流体供給物とを０℃～２５０℃の温度にて接触させる、請求項１～１９のいずれか一項に記載のプロセス。
【請求項２１】
固体担体メタレート塩と水銀含有炭化水素流体供給物とを大気圧にて接触させる、請求項１～２０のいずれか一項に記載のプロセス。
【請求項２２】
水銀含有炭化水素流体供給物と固体担体メタレート塩とを０．１分～５時間接触させる、請求項１～２１のいずれか一項に記載のプロセス。
【請求項２３】
炭化水素流体生成物が、水銀含有炭化水素流体供給物の水銀含量の４０重量％未満を含有する、請求項１～２２のいずれか一項に記載のプロセス。
【請求項２４】
炭化水素流体生成物が、水銀含有炭化水素流体供給物の水銀含量の５重量％未満を含有する、請求項２３に記載のプロセス。
【請求項２５】
炭化水素流体生成物が５０ｐｐｂ未満の水銀を含有する、請求項１～２４のいずれか一項に記載のプロセス。
【請求項２６】
炭化水素流体生成物が１ｐｐｂ未満の水銀を含有する、請求項２５に記載のプロセス。
【請求項２７】
請求項１～１９のいずれか一項において定義した、固体担体物質上に固定化されたメタレート塩の、水銀含有炭化水素流体供給物から水銀を除去するための使用。

フロントページの続き

(72)発明者　アトキンス，マーティン・フィリップ
イギリス国　ベルファスト・アントリム　ビーティー９・５エイジー，ストランミリス・ロード，デヴィッド・キア・ビルディング，ザ・クイール・リサーチ・センター
(72)発明者　チェウン，クア・ヨン
イギリス国　ベルファスト・アントリム　ビーティー９・５エイジー，ストランミリス・ロード，デヴィッド・キア・ビルディング，ザ・クイール・リサーチ・センター
(72)発明者　ホルブリー，ジョン
イギリス国　ベルファスト・アントリム　ビーティー９・５エイジー，ストランミリス・ロード，デヴィッド・キア・ビルディング，ザ・クイール・リサーチ・センター
(72)発明者　ノッケマン，ペーター
イギリス国　ベルファスト・アントリム　ビーティー９・５エイジー，ストランミリス・ロード，デヴィッド・キア・ビルディング，ザ・クイール・リサーチ・センター
(72)発明者　セドン，ケン
イギリス国　ベルファスト・アントリム　ビーティー９・５エイジー，ストランミリス・ロード，デヴィッド・キア・ビルディング，ザ・クイール・リサーチ・センター
(72)発明者　スリニバサン，ギーサ
イギリス国　ベルファスト・アントリム　ビーティー９・５エイジー，ストランミリス・ロード，デヴィッド・キア・ビルディング，ザ・クイール・リサーチ・センター
(72)発明者　ゾウ，イラン
イギリス国　ベルファスト・アントリム　ビーティー９・５エイジー，ストランミリス・ロード，デヴィッド・キア・ビルディング，ザ・クイール・リサーチ・センター