(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7625596号
(P7625596)

(45)発行日　令和7年2月3日(2025.2.3)

(24)登録日　令和7年1月24日(2025.1.24)

(51)国際特許分類		FI		
C07C	*51/235 (2006.01)*	C07C	51/235	
C07C	*51/31 (2006.01)*	C07C	51/31	
C07C	*59/285 (2006.01)*	C07C	59/285	
C07C	*59/245 (2006.01)*	C07C	59/245	
B01J	*23/52 (2006.01)*	B01J	23/52	Z

請求項の数　15　（全48頁）　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2022-528584(P2022-528584)
(86)(22)出願日　令和2年11月13日(2020.11.13)
(65)公表番号　特表2023-502096(P2023-502096A)
(43)公表日　令和5年1月20日(2023.1.20)
(86)国際出願番号　PCT/US2020/060499
(87)国際公開番号　WO2021/101810
(87)国際公開日　令和3年5月27日(2021.5.27)
審査請求日　令和5年10月4日(2023.10.4)
(31)優先権主張番号　62/936,861
(32)優先日　令和1年11月18日(2019.11.18)
(33)優先権主張国・地域又は機関　米国(US)
(31)優先権主張番号　20154275.0
(32)優先日　令和2年1月29日(2020.1.29)
最終頁に続く

(73)特許権者　507303309
アーチャー－ダニエルズ－ミッドランド カンパニー
アメリカ合衆国，イリノイ州　６２５２６，ディケーター，フェアリーズ パークウェイ　４６６６
(74)代理人　100079108
弁理士　稲葉 良幸
(74)代理人　100109346
弁理士　大貫 敏史
(74)代理人　100117189
弁理士　江口 昭彦
(74)代理人　100134120
弁理士　内藤 和彦
(72)発明者　アルブレヒト，カール
最終頁に続く

(54)【発明の名称】　アルダル酸、アルドン酸、及びウロン酸を調製するための方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

アルダル酸及び／又はそのラクトンを調製するための方法であって：

（ｉ）式（Ｉ）のアルドース及び／若しくはそのラクトン：

$HOCH_2(HCOH)_wCHO$　（Ｉ）

（式中、ｗは、０～１０の整数である）、又は

（ｉｉ）式（ＩＩ）のアルドン酸及び／若しくはそのラクトン：

$HOCH_2(HCOH)_xCOOH$　（ＩＩ）

（式中、ｘは、０～１０の整数である）、又は

（ｉｉｉ）式（ＩＩＩ）のウロン酸及び／若しくはそのラクトン：

$HOOC(HCOH)_yCHO$　（ＩＩＩ）

（式中、ｙは、０～１０の整数である）を、

反応領域中で、酸素と、白金を含む第１の触媒と、金を含む第２の触媒との存在下で反応させて、式（ＩＶ）のアルダル酸及び／又はそのラクトンを含む反応混合物を形成することを含み、

前記第１の触媒が、触媒担体を含み、

前記第２の触媒が、不均一系触媒であり、且つ触媒担体を含み、

前記第１の触媒の前記触媒担体が、前記第２の触媒の前記触媒担体とは異なり；

前記アルダル酸及び／又はそのラクトンが、式（ＩＶ）：

$HOOC(HCOH)_zCOOH$　（ＩＶ）

（式中、ｚは、０～１０の整数である）で表される、方法。
【請求項２】
選択肢（ｉ）において、ｗ及び／又はｚが、０～５の整数であり、
選択肢（ｉｉ）において、ｘ及び／又はｚが、０～５の整数であり、
選択肢（ｉｉｉ）において、ｙ及び／又はｚが、０～５の整数である、
請求項１に記載の方法。
【請求項３】
前記式（ＩＶ）のアルダル酸が、少なくとも１つのＣ$_{2}$～Ｃ$_{7}$アルダル酸を含む、請求項１又は２に記載の方法。
【請求項４】
前記式（ＩＶ）のアルダル酸が、トリアル酸、テトラル酸、ペンタル酸、ヘキサル酸、ヘプタル酸、及び／又はそれらの混合物を含む、請求項１～３のいずれか一項に記載の方法。
【請求項５】
前記式（ＩＶ）のアルダル酸が、シュウ酸、タルトロン酸、酒石酸、キシラル酸、リバル酸、アラビナル酸、グルカル酸、ガラクタル酸、マンナル酸、及び／又はそれらの混合物を含む、請求項１～４のいずれか一項に記載の方法。
【請求項６】
前記式（ＩＶ）のアルダル酸が、グルカル酸、キシラル酸、リバル酸、アラビナル酸、及び／又はそれらの混合物を含む、請求項１～５のいずれか一項に記載の方法。
【請求項７】
選択肢（ｉ）において、前記式（Ｉ）のアルドースがグルコースであり、前記式（ＩＶ）のアルダル酸がグルカル酸であり、
選択肢（ｉｉ）において、前記式（ＩＩ）のアルドン酸がグルコン酸であり、前記式（ＩＶ）のアルダル酸がグルカル酸であり、
選択肢（ｉｉｉ）において、前記式（ＩＩＩ）のウロン酸がグルロン酸であり、前記式（ＩＶ）のアルダル酸がグルカル酸である、
請求項１～６のいずれか一項に記載の方法。
【請求項８】
前記反応領域が、第１の段階を含み、前記第１の段階が、前記第１の触媒及び前記第２の触媒の混合物を含み、前記第１の触媒の重量又は体積が、前記第２の触媒の重量又は体積より大きい、請求項１～７のいずれか一項に記載の方法。
【請求項９】
前記反応領域が、第２の段階を含み、前記第２の段階が、前記第１の触媒及び前記第２の触媒の混合物を含み、前記第２の触媒の重量又は体積が、前記第１の触媒の重量又は体積より大きい、請求項１～８のいずれか一項に記載の方法。
【請求項１０】
前記第１の触媒が、０．１重量％～１０重量％の白金充填量を有する、請求項１～９のいずれか一項に記載の方法。
【請求項１１】
前記第２の触媒が、０．１重量％～１０重量％の金充填量を有する、請求項１～１０のいずれか一項に記載の方法。
【請求項１２】
前記反応領域のＬＨＳＶが、０．２ｈ$^{-1}$～５０ｈ$^{-1}$である、請求項１～１１のいずれか一項に記載の方法。
【請求項１３】
前記反応領域が、６０℃～１５０℃の温度に加熱される、請求項１～１２のいずれか一項に記載の方法。
【請求項１４】
酸素の分圧が、２ｐｓｉｇ～２０００ｐｓｉｇの範囲である、請求項１～１３のいずれ

か一項に記載の方法。
【請求項１５】
前記酸素が、空気、酸素富化空気、少なくとも４０体積％の酸素を含む混合物、酸素及び窒素を含む混合物、又は実質的に純粋な酸素として前記反応領域に供給される、請求項１～１４のいずれか一項に記載の方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
［0001］ アルダル酸、アルドン酸、ウロン酸、及び／又はそのラクトンを調製するための様々な方法が記載される。例えば、C_2～C_7アルドン酸及び／又はそのラクトン及び／又はC_2～C_7アルドースの触媒的酸化によって、C_2～C_7アルダル酸及び／又はそのラクトンを調製するための方法が記載される。
【背景技術】
【０００２】
［0002］ 長年の間、商業的に有用な化学物質を製造するための原料としてバイオ再生可能な材料を使用することに関心が集まっていた。特に、かなりの一連の研究が、これらの材料から得られる糖の、アルダル酸への酸化、特に、グルコースの、グルカル酸への酸化に焦点を当てている。例えば、参照により本明細書に援用される米国特許第８，６６９，３９７号及び８，７８５，６８３号を参照されたい。これらの生成物は、アジピン酸などのモノマーの製造における中間体として有用であるだけでなく、解凍液、酸味料、洗剤ビルダー、ｐＨ調節剤、キレート剤、デスケーラー、腐食防止剤、金属洗浄及び仕上げ剤、並びにセメント調合物の成分などの商業的応用を有する組成物の製造においても有用である。
【０００３】
［0003］ これらの酸化プロセスのための多くの触媒及び反応条件が試みられている。しかしながら、長期のオペレーションにわたる又は高い反応器スループット（high reactor throughputs）でのグルカル酸の持続的な高い収率は、実証されていない。例えば、Lee et al.,“Pt catalysts for efficient aerobic oxidation of glucose to glucaric acid in water”,Green Chemistry 2016,18(13),3815-3822において、７４％のグルカル酸収率が、バッチ反応器による１０時間の反応、８０℃及び約２００ｐｓｉのO_2分圧、５重量％のＰｔ／Ｃ触媒で、５重量％のグルコース原料の酸化について報告されている。米国特許第９，７７０，７０５号において、２．３ｍＬの１０重量％のグルコン酸原料が、２～５時間にわたって１１２～１２６℃で７５ｍｇの触媒と接触された実験について、７０％のグルカル酸収率が報告されている。特に、長期のオペレーションにわたって及び高い反応器スループットで、改善された及び安定した収率を示す、バイオ再生可能な材料からグルカル酸などのアルダル酸、及びその中間体を調製するための効率的で及びコスト効果の高いプロセスが、依然として必要とされている。
【発明の概要】
【課題を解決するための手段】
【０００４】
［0004］ 本発明の様々な態様は、アルダル酸（例えば、グルカル酸）及び／又はそのラクトンを調製するための方法に関する。
【０００５】
［0005］ ある実施形態において、アルダル酸（例えば、グルカル酸）及び／又はそのラクトンを調製するための方法は、式（ＩＩ）：
$HOCH_2(HCOH)_xCOOH$ （ＩＩ）
（式中、ｘは、０～１０の整数である）のアルドン酸（例えば、グルコン酸）及び／又はそのラクトンを、反応領域中で、酸素と、白金を含む第１の触媒と、金を含む第２の触媒との存在下で反応させて、式（ＩＶ）のアルダル酸及び／又はそのラクトンを含む反応混合物を形成することを含み、ここで、第１の触媒と第２の触媒とは異なり、アルダル酸及

び／又はそのラクトンは、式（ＩＶ）：
$HOOC(HCOH)_zCOOH$　（ＩＶ）
（式中、ｚは、０～１０の整数である）で表される。
【０００６】
［0006］ 特定の実施形態において、アルダル酸（例えば、グルカル酸）を調製するための方法は、式（ＩＩ）：
$HOCH_2(HCOH)_xCOOH$　（ＩＩ）
（式中、ｘは０～１０の整数である）のアルドン酸（例えば、グルコン酸）及び／又はそのラクトンを、反応領域の第１の段階（first stage）において、酸素と白金を含む第１の触媒との存在下で反応させて、第１の反応混合物を形成すること；並びに第１の反応混合物を、反応領域の第２の段階（second stage）において、酸素と金を含む第２の触媒と接触させて、式（ＩＶ）のアルダル酸及び／又はそのラクトンを含む第２の反応混合物を形成させること；を含み、ここで、第１の触媒と第２の触媒とは異なり、アルダル酸及び／又はそのラクトンは、式（ＩＶ）：
$HOOC(HCOH)_zCOOH$　（ＩＶ）
（式中、ｚは、０～１０の整数である）で表される。
【０００７】
［0007］ さらなる実施形態において、アルダル酸（例えば、グルカル酸）及び／又はそのラクトンを調製するための方法は、式（ＩＩＩ）：
$HOOC(HCOH)_yCHO$　（ＩＩＩ）
（式中、ｙは、０～１０の整数である）のウロン酸（例えば、グルロン酸）及び／又はそのラクトンを、反応領域中で、酸素と、白金を含む第１の触媒と、金を含む第２の触媒との存在下で反応させて、式（ＩＶ）のアルダル酸及び／又はそのラクトンを含む反応混合物を形成することを含み、ここで、第１の触媒と第２の触媒とは異なり、アルダル酸及び／又はそのラクトンは、式（ＩＶ）：
$HOOC(HCOH)_zCOOH$　（ＩＶ）
（式中、ｚは、０～１０の整数である）で表される。
【０００８】
［0008］ さらなる実施形態において、アルダル酸（例えば、グルカル酸）及び／又はそのラクトンを調製するための方法は、式（Ｉ）：
$HOCH_2(HCOH)_wCHO$　（Ｉ）
（式中、ｗは、０～１０の整数である）のアルドース（例えば、グルコース）及び／又はそのラクトンを、酸化触媒と、白金を含む第１の触媒と、金を含む第２の触媒とを含む反応領域中で、酸素の存在下で反応させて、式（ＩＶ）のアルダル酸及び／又はそのラクトンを含む反応混合物を形成することを含み、ここで、第１の触媒と第２の触媒とは異なり、アルダル酸は、式（ＩＶ）：
$HOOC(HCOH)_zCOOH$　（ＩＶ）
（式中、ｚは、０～１０の整数である）で表される。
【０００９】
［0009］ 本発明のさらなる態様は、ウロン酸（例えば、グルロン酸）及び／又はそのラクトンを調製するための方法に関する。
【００１０】
［0010］ ある実施形態において、ウロン酸（例えば、グルロン酸）及び／又はそのラクトンを調製するための方法は、式（Ｉ）：
$HOCH_2(HCOH)_wCHO$　（Ｉ）
（式中、ｗは、０～１０の整数である）のアルドース（例えば、グルコース）及び／又はそのラクトンを、反応領域中で、酸素と、酸化触媒と、白金を含む第１の触媒と、金を含む第２の触媒との存在下で反応させて、式（ＩＩＩ）のウロン酸及び／又はそのラクトンを含む反応混合物を形成することを含み、ここで、第１の触媒と第２の触媒とは異なり、ウロン酸は、式（ＩＩＩ）：

$HOOC(HCOH)_yCHO$　（ＩＩＩ）
（式中、ｙは、０～１０の整数である）で表される。
【００１１】
［0011］ 他の実施形態において、ウロン酸（例えば、グルロン酸）及び／又はそのラクトンを調製するための方法は、式（ＩＩ）：
$HOCH_2(HCOH)_xCOOH$　（ＩＩ）
（式中、ｘは、０～１０の整数である）のアルドン酸（例えば、グルコン酸）及び／又はそのラクトンを、反応領域中で、酸素と、白金を含む第１の触媒と、金を含む第２の触媒との存在下で反応させて、式（ＩＩＩ）のウロン酸及び／又はそのラクトンを含む反応混合物を形成することを含み、ここで、第１の触媒と第２の触媒とは異なり、ウロン酸は、式（ＩＩＩ）：
$HOOC(HCOH)_yCHO$　（ＩＩＩ）
（式中、ｙは、０～１０の整数である）で表される。
【００１２】
［0012］ 本発明の他の態様は、アルドン酸（例えば、グルコン酸）及び／又はそのラクトンを調製するための方法に関する。様々な実施形態において、アルドン酸（例えば、グルコン酸）及び／又はそのラクトンを調製するための方法は、式（Ｉ）：
$HOCH_2(HCOH)_wCHO$　（Ｉ）
（式中、ｗは、０～１０の整数である）のアルドース（例えば、グルコース）及び／又はそのラクトンを、酸素及び酸化触媒の存在下で反応させて、式（ＩＩ）のアルドン酸及び／又はそのラクトンを含む反応混合物を形成することを含み、ここで、アルドン酸は、式（ＩＩ）：
$HOCH_2(HCOH)_xCOOH$　（ＩＩ）
（式中、ｘは、０～１０の整数である）で表される。
【００１３】
［0013］ 他の目的及び特徴は、以下で、部分的に明らかになり、部分的に指摘されるであろう。
【図面の簡単な説明】
【００１４】
【図１】[0014]C_2～C_7アルドースからC_2～C_7アルダル酸及び／又はそのラクトンを調製するための酸化プロセスの工程を示す線図を示す。
【図２】[0015]２段階反応領域（two-stage reaction zone）の概略図を示す。
【図３】[0016]異なる触媒混合物を含む２段階反応領域の概略図を示す。
【図４】[0017]１重量％Au/TiO_2触媒を用いた酸化反応における、運転時間１６～１７９２時間の、グルコース転化率、グルコン酸収率、及びグルカル酸収率を示す。
【図５】[0018]１重量％Au/TiO_2触媒を用いた酸化反応における、運転時間２５５６～４６４０時間の、グルコース転化率、グルコン酸収率、及びグルカル酸収率を示す。
【図６】[0019]４重量％Ｐｔ／Ｃ触媒を用いた様々な温度での酸化反応中に達成された、グルコン酸転化率、選択性、並びにグルカル酸、グルロン酸、２－ケト－グルコネート、及び５－ケト－グルコネートの収率を示す。
【図７】[0020]$Pt-Au/TiO_2$触媒を用いたグルコースの酸化における、グルコース転化率、オンパス収率（on-path yield）、並びにグルカル酸、グルコン酸、２－ケト－グルコネート、及び５－ケト－グルコネートの収率を示す。
【図８】[0021]４重量％Ｐｔ／Ｃ及び１重量％Au/TiO_2触媒の物理的混合物を用いたグルコン酸の酸化における、グルコン酸転化率並びにグルカル酸、グルロン酸、２－ケト－グルコネート、及び５－ケト－グルコネートの収率を示す。
【図９】[0022]Ｐｔ／Ｃ及びAu/TiO_2を含む触媒の物理的混合物を含む段階的（ｓｔａｇｅｄ）反応器床を用いたグルコン酸の酸化における、グルコン酸転化率並びにグルカル酸、グルロン酸、２－ケト－グルコネート、及び５－ケト－グルコネートの収率を示す。

【図１０】[0023]４重量％Ｐｔ／Ｃ及び１重量％Ａｕ／ＴｉＯ$_2$触媒の物理的混合物を用いたグルコン酸の酸化における、グルコン酸転化率、選択性、並びにグルカル酸、グルロン酸、２－ケト－グルコネート、及び５－ケト－グルコネートの収率を示す。
【図１１】[0024]図１０の実験を総運転時間１４６８時間で行った結果を示す。
【図１２】[0025]実施例７で測定したアラビノース転化率、アラビノン酸収率、及びアラビナル酸収率を示す。
【図１３】[0026]実施例８で測定したアラビノン酸転化率、アラビナル酸収率、酒石酸収率、及びグリセリン酸収率を示す。
【図１４】[0027]実施例９で測定したグリセリン酸収率を示す。
【図１５】[0028]実施例１１で測定したグリコアルデヒド転化率及びグリコール酸収率を示す。
【発明を実施するための形態】
【００１５】
詳細な説明
［0029］ 本発明の実施形態は、アルダル酸、アルドン酸、ウロン酸、及び／又はこれらの酸のいずれかのラクトンを調製するための様々な方法に関する。例えば、様々な実施形態は、Ｃ$_2$～Ｃ$_7$アルドン酸及び／又はそのラクトン（例えば、グルコン酸）の触媒的酸化によって、Ｃ$_2$～Ｃ$_7$アルダル酸及び／又はそのラクトン（例えば、グルカル酸）を調製するための方法に関する。他の実施形態は、Ｃ$_2$～Ｃ$_7$アルドン酸及び／又はそのラクトン（例えば、グルコン酸）の触媒的酸化による、Ｃ$_2$～Ｃ$_7$ウロン酸及び／又はそのラクトン（例えば、グルロン酸）の調製に関する。さらなる実施形態は、アルドース（例えば、グルコース）からの、これらの様々な酸及び／又はそのラクトンの調製に関する。
【００１６】
［0030］ 本明細書において言及される際のアルドースとしては、アルデヒド基及びヒドロキシル基を有する様々な化合物が挙げられ、これは、式（Ｉ）：
$HOCH_2(HCOH)_wCHO$ （Ｉ）
（式中、ｗは、例えば、０～１０の整数であり得、又はある実施形態において、０～５である）によって表され得る。様々な実施形態において、アルドースは、少なくとも１つのＣ$_2$～Ｃ$_7$アルドースを含む。ある実施形態において、アルドースは、少なくとも１つのトリオース、テトロース、ペントース、ヘキソース、及び／又はヘプトースを含む。特定のＣ$_2$～Ｃ$_7$アルドースとしては、例えば、グリコールアルデヒド、グリセルアルデヒド、トレオース、エリトロース、キシロース、リボース、アラビノース、グルコース、ガラクトース、マンノース、グルコヘプトース、及びＬ－グリセロ－Ｄ－マンノヘプトースが挙げられる。様々な実施形態において、アルドースは、グルコースなどのヘキソースを含む。ある実施形態において、アルドースは、キシロース、リボース、及び／又はアラビノースなどのペントースを含む。「アルドース」という用語及び本明細書に記載され、式（Ｉ）によって定義される任意の特定のアルドースは、これらの化合物の環状形態（ヘミアセタール形態）も含む。
【００１７】
［0031］ アルドースは、トウモロコシの穀粒（トウモロコシ（maize））、コムギ、ジャガイモ、キャッサバ及びイネなどの従来のバイオ再生可能な資源、並びにエネルギー作物、植物バイオマス、農業廃棄物、森林残渣、砂糖の加工残渣、及び植物由来の家庭廃棄物などの代替源を含む様々な炭水化物含有源から得ることができる。様々な実施形態において、アルドース（例えば、グルコース）は、穀類作物（例えば、トウモロコシ、コムギ、ダイズ、イネ、オオムギ、ライムギ、ミレット（millet）、ソルガムなど）から得られる。より一般的には、使用され得るバイオ再生可能資源としては、例えば、スイッチグラス、ミスカンサス（miscanthus）、樹木（ハードウッド及びソフトウッド）、草木（vegetation）、及び作物残渣（例えば、バガス及びトウモロコシの茎葉（corn stover））などの炭水化物源を含む任意の再生可能な有機物が挙げられる。他の源としては、例えば、廃棄物（例えば、使用済みの紙、グリーンウェイスト（green waste）、都市廃棄物など

）が挙げられる。炭水化物は、公知の方法を用いて、バイオ再生可能材料から単離され得る。

【００１８】

［0032］ 本明細書において言及される際のアルドン酸としては、式（ＩＩ）：

$HOCH_2(HCOH)_xCOOH$ （ＩＩ）

（式中、ｘは、例えば、０～１０の整数であり得、ある実施形態において、０～５である）のモノカルボン酸が挙げられる。様々な実施形態において、アルドン酸は、少なくとも１つのC_2～C_7アルドン酸を含む。ある実施形態において、アルドン酸は、少なくとも１つのジオン酸（dionic acid）、トリオン酸（trionic acid）、テトロン酸（tetronic acid）、ペントン酸（pentonic acid）、ヘキソン酸（hexonic acid）、及び／又はヘプトン酸（heptonic acid）を含む。特定のC_2～C_7アルドン酸としては、例えば、グリコール酸、グリセリン酸、トレオン酸、エリトロン酸、キシロン酸、リボン酸、アラビノン酸、リキソン酸、アロン酸、アルトロン酸、マンノン酸、グロン酸、イドン酸、ガラクトン酸、タロン酸、グルコン酸、及びグルコヘプトン酸が挙げられる。様々な実施形態において、C_2～C_7アルドン酸は、グルコン酸などのヘキソン酸を含む。ある実施形態において、C_2～C_7アルドン酸は、ペントン酸を含む。例えば、ペントン酸は、キシロン酸、リボン酸、アラビノン酸、及びそれらの混合物からなる群から選択され得る。様々なアルドン酸のラクトンも存在し得、酸の分子内環化縮合によって形成され得る。

【００１９】

［0033］ 本明細書において言及される際のウロン酸としては、式（ＩＩＩ）：

$HOOC(HCOH)_yCHO$ （ＩＩＩ）

（式中、ｙは、例えば、０～１０の整数であり得、ある実施形態において、０～５である）のモノカルボン酸が挙げられる。様々な実施形態において、ウロン酸は、少なくとも１つのC_2～C_7ウロン酸を含む。ある実施形態において、ウロン酸は、少なくとも１つのジウロン酸（diuronic acid）、トリウロン酸（triuronic acid）、テトラウロン酸（tetruronic acid）、ペンタウロン酸（penturonic acid）、ヘキサウロン酸（hexuronic acid）、及び／又はヘプタウロン酸（hepturonic acid）を含む。特定のC_2～C_7ウロン酸としては、例えば、グリオキシル酸、グリセルウロン酸（glyceruronic acid）（タルトロンアルデヒド酸）、トレウロン酸、エリトルロン酸、キシロウロン酸（xylouronic acid）、リボウロン酸（ribouronic acid）、アラビヌロン酸、リキソヌロン酸（lyxonuronic acid）、グルロン酸、グルクロン酸、ガラクトウロン酸（galactouronic acid）、マンノウロン酸（mannouronic acid）、アルロン酸、アルトルロン酸、イズロン酸、タロヌロン（talonuronic acid）酸、及びグルコヘプトンウロン酸（glucoheptonuronic acid）が挙げられる。様々な実施形態において、ウロン酸は、グルロン酸などのヘキサウロン酸を含む。ある実施形態において、ウロン酸は、キシロウロン酸、リボウロン酸、及び／又はアラビヌロン酸などのペンタウロン酸を含む。様々なウロン酸のラクトンも存在し得、酸の分子内環化縮合によって形成され得る。また、「ウロン酸」という用語及び本明細書に記載され、式（ＩＩＩ）によって定義される任意の特定のウロン酸は、これらの化合物の環状形態（ヘミアセタール形態）も含む。

【００２０】

［0034］ 本明細書において言及されるアルダル酸としては、式（ＩＶ）：

$HOOC(HCOH)_zCOOH$ （ＩＶ）

（式中、ｚは、例えば、０～１０の整数であり得、ある実施形態において、０～５である）のジカルボン酸が挙げられる。様々な実施形態において、アルダル酸は、少なくとも１つのC_2～C_7アルダル酸を含む。ある実施形態において、アルダル酸は、少なくとも１つのジアル酸（diaric acid）、トリアル酸（triaric acid）、テトラル酸（tetraric acid）、ペンタル酸（pentaric acid）、ヘキサル酸（hexaric acid）、及び／又はヘプタル酸（heptaric acid）を含む。特定のC_2～C_7アルダル酸としては、例えば、シュウ酸、タルトロン酸、酒石酸、キシラル酸、リバル酸、アラビナル酸、リキサル酸、アラル酸、アルトラル酸、グルカル酸、ガラクタル酸、マンナル酸、グラル酸、イダル酸、タラル

酸、及びグルコヘプタル酸（glucoheptaric acid）が挙げられる。ある実施形態において、C_2～C_7アルダル酸は、ヘキサル酸及び／又はペンタル酸を含む。様々な実施形態において、C_2～C_7アルダル酸は、グルカル酸を含む。さらなる実施形態において、C_2～C_7アルダル酸は、キシラル酸、リバル酸、アラビナル酸、及びそれらの混合物からなる群から選択されるペンタル酸を含む。様々なアルダル酸のラクトンも存在し得、酸の分子内環化縮合によって形成され得る。例えば、ラクトンとしては、Ｄ－グルカロ－１，４－ラクトン、Ｄ－グルカロ－６，３－ラクトン、及びＤ－グルカロ－１，４：６，３－ジラクトンなどのグルカロラクトンが挙げられる。

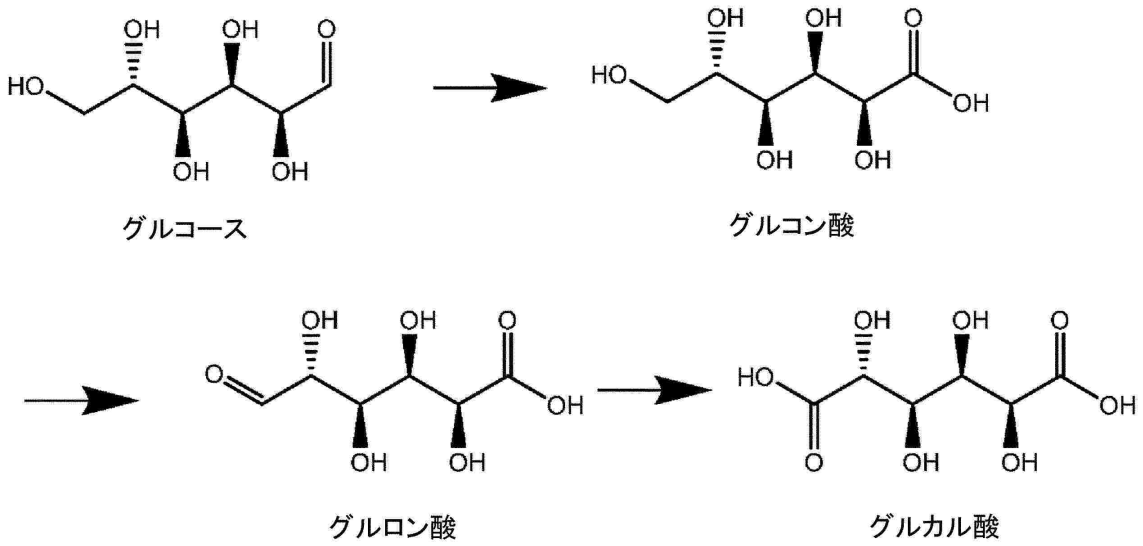
【００２１】

［0035］ 本発明によれば、本明細書に記載される様々な方法は、ウロン酸、アルドン酸、及びアルダル酸の向上した収率、特に向上したアルダル酸収率（例えば、向上したグルカル酸収率）を提供する。さらに、本明細書に記載される様々な方法は、長期のオペレーションにわたって、及び／又は高い反応器スループットで、安定した生成物の収率を提供する。これらの方法は、生成物混合物からの分離を必要とし得るオフパス（off-path）生成物の量を減少させるか、及び／又はさらなる処理を必要とするオンパス（on-path）中間体の量を減少させることによって、プロセス経済性を有利に改善することができる。

【００２２】

［0036］ アルドン酸及び／又はラクトン及び／又は対応するアルドースからのアルダル酸及び／又はラクトンの調製は、典型的に、様々な中間体を介して進行する多段階合成である。例えば、以下のスキームに示されるように、グルコースの、グルカル酸への酸化は、主に、２つの中間体：グルコン酸及びグルロン酸を介して進行する。

【化１】



まず、グルコースのカルボニルが、酸へと酸化されて、グルコン酸を生成する。次に、グルコン酸の６位における末端ヒドロキシルが、カルボニルへと脱水素化されて、グルロン酸を生成する。最後に、グルロン酸のカルボニルが、酸へと酸化されて、グルカル酸を生成する。

【００２３】

［0037］ 以前に報告されたグルカル酸収率（例えば、収率が７０％を超えることはほとんどない）は、いくつかの要因により制限され得る。いくつかの潜在的な制限要因としては、触媒有効性を著しく低下させるオンパス又はオフパス生成物の形成、グルカル酸の過剰転化、及び触媒活性金属の浸出（leaching）が挙げられる。また、酸化反応中の持続的な塩基の導入によるｐＨ調整なしでは、グルカル酸生成の速度は、ｐＨが低下するにつれて低下する。一方、ｐＨ調整は、多くの場合、グルカル酸の、C_2～C_5糖酸誘導体への

過剰転化により、より低いグルカル酸収率をもたらす。したがって、いくつかの阻害因子が、個別に又は組み合わされて、グルカル酸への全収率を制限する原因となり得る。

【００２４】

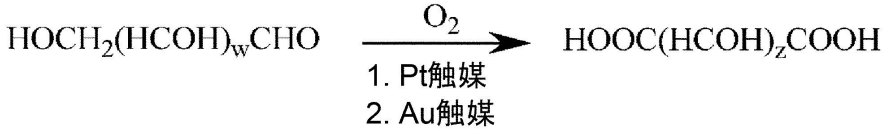
［0038］ アルドース、アルドン酸及び／若しくはそのラクトン、並びに／又はウロン酸及び／若しくはそのラクトンの触媒的酸化による、アルダル酸及び／又はそのラクトン及び／又はその中間体を調製するための方法において、少なくとも２つの異なる触媒を用いることは、長期のオペレーションにわたってさえ、向上した生成物収率（例えば、アルダル酸収率）を提供することが意外にも発見された。少なくとも２つの異なる触媒を用いることによって、全収率を制限することが予想される阻害因子のいくつかが減少又は回避されることが理論付けられる。特に、白金を含む第１の触媒及び金を含む第２の触媒が、C_2～C_7アルドース、C_2～C_7ウロン酸及び／又はそのラクトン、並びにC_2～C_7アルドン酸及び／又はそのラクトンの、対応するアルダル酸及び／又はそのラクトン又はその中間体への触媒的酸化に特に有効であることが発見された。

【００２５】

アルダル酸及び／又はそのラクトンを生成するための方法

［0039］ 上記のように、本発明の実施形態は、アルダル酸及び／又はそのラクトンを生成するための酸化プロセスを含む。様々な方法は、式（Ｉ）のアルドースを、酸素、白金を含む第１の触媒、及び金を含む第２の触媒の存在下で、式（ＩＶ）のアルダル酸及び／又はそのラクトンへと反応させて、アルダル酸及び／又はそのラクトンを形成することを含み、ここで、第１の触媒及び第２の触媒は異なる。これらの方法は以下のスキームで表され得る（ここで、ｗ及びｚは、本明細書に定義した通りである）：

【化２】



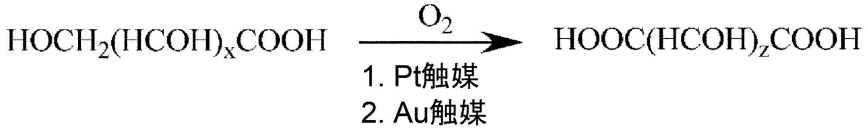
【００２６】

［0040］ ある実施形態は、C_2～C_7アルドースを、酸化触媒、白金を含む第１の触媒、及び金を含む第２の触媒を含む反応領域中で、酸素の存在下で反応させて、C_2～C_7アルダル酸及び／又はそのラクトンを含む反応混合物を形成することを含む、C_2～C_7アルダル酸及び／又はそのラクトンを調製するための方法に関し、ここで、第１の触媒及び第２の触媒は異なる。例えば、この方法が、グルカル酸及び／又はそのラクトンを調製するための方法である場合、この方法は、グルコースを、酸化触媒、白金を含む第１の触媒、及び金を含む第２の触媒を含む反応領域中で、酸素の存在下で反応させて、グルカル酸及び／又はそのラクトンを含む反応混合物を形成することを含み得、ここで、第１の触媒及び第２の触媒は異なる。図１に、C_2～C_7アルドースからC_2～C_7アルダル酸及び／又はそのラクトンを調製するための酸化方法の工程を示す線図を示す。

【００２７】

［0041］ 他の方法は、式（ＩＩ）のアルドン酸及び／又はそのラクトンを、酸素、白金を含む第１の触媒、及び金を含む第２の触媒の存在下で反応させて、アルダル酸及び／又はそのラクトンを形成することを含む、式（ＩＶ）のアルダル酸及び／又はそのラクトンを調製することを含み、ここで、第１の触媒及び第２の触媒は異なる。これらの方法は以下のスキームで表され得る（ここで、ｘ及びｚは、本明細書に定義した通りである）：

【化３】

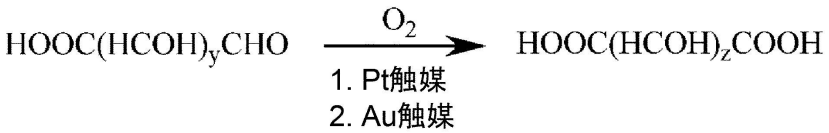


ある実施形態において、Ｃ$_2$～Ｃ$_7$アルダル酸及び／又はそのラクトンを調製するための方法は、Ｃ$_2$～Ｃ$_7$アルドン酸及び／又はそのラクトンを、反応領域中で、酸素、白金を含む第１の触媒、及び金を含む第２の触媒の存在下で反応させて、Ｃ$_2$～Ｃ$_7$アルダル酸及び／又はそのラクトンを含む反応混合物を形成することを含み、ここで、第１の触媒及び第２の触媒は異なる。例えば、この方法がグルカル酸及び／又はそのラクトンの調製に関するものである場合、この方法は、グルコン酸及び／又はそのラクトンを、反応領域中で、酸素、白金を含む第１の触媒、及び金を含む第２の触媒の存在下で反応させて、グルカル酸及び／又はそのラクトンを含む反応混合物を形成することを含み得、ここで、第１の触媒及び第２の触媒は異なる。

【００２８】

［0042］ 本発明の実施形態は、式（ＩＩＩ）のウロン酸及び／又はそのラクトンを、酸素、白金を含む第１の触媒、及び金を含む第２の触媒の存在下で反応させて、アルダル酸及び／又はラクトンを形成することを含む、式（ＩＶ）のアルダル酸及び／又はそのラクトンを調製するための方法も含み、ここで、第１の触媒及び第２の触媒は異なる。これらの方法は以下のスキームで表され得る（ここで、ｙ及びｚは、本明細書に定義した通りである）：

【化４】



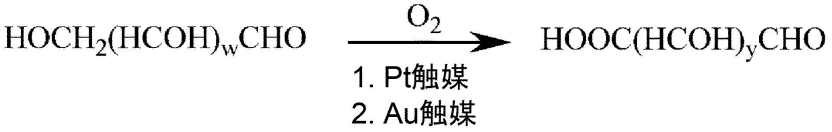
ある実施形態において、Ｃ$_2$～Ｃ$_7$アルダル酸及び／又はそのラクトンを調製するための方法は、Ｃ$_2$～Ｃ$_7$ウロン酸及び／又はそのラクトンを、反応領域中で、酸素、白金を含む第１の触媒、及び金を含む第２の触媒の存在下で反応させて、Ｃ$_2$～Ｃ$_7$アルダル酸及び／又はラクトンを含む反応混合物を形成することを含み、ここで、第１の触媒及び第２の触媒は異なる。例えば、この方法が、グルカル酸及び／又はそのラクトンの調製に関するものである場合、この方法は、グルロン酸及び／又はそのラクトンを、反応領域中で、酸素、白金を含む第１の触媒、及び金を含む第２の触媒の存在下で反応させて、グルカル酸及び／又はラクトンを含む反応混合物を形成することを含み得、ここで、第１の触媒及び第２の触媒は異なる。

【００２９】

ウロン酸及び／又はそのラクトンを生成するための方法

［0043］ 本発明の実施形態は、ウロン酸及び／又はラクトンを生成するための方法も含む。様々な方法は、式（Ｉ）のアルドースを、酸素、白金を含む第１の触媒、及び金を含む第２の触媒の存在下で反応させて、ウロン酸及び／又はそのラクトンを形成することを含む、式（ＩＩＩ）のウロン酸及び／又はそのラクトンの調製を含み、ここで、第１の触媒及び第２の触媒は異なる。これらの方法は以下のスキームで表され得る（ここで、ｗ及びｙは、本明細書に定義した通りである）：

【化５】

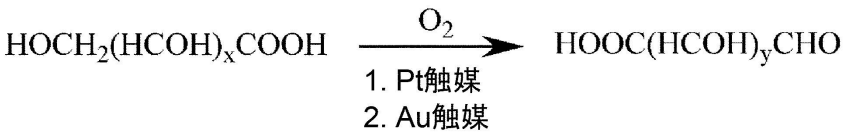


ある実施形態において、Ｃ$_2$～Ｃ$_7$ウロン酸及び／又はそのラクトンを調製するための方法は、Ｃ$_2$～Ｃ$_7$アルドースを、反応領域中で、酸素、白金を含む第１の触媒、及び金を含む第２の触媒の存在下で反応させて、Ｃ$_2$～Ｃ$_7$ウロン酸及び／又はラクトンを含む反応混合物を形成することを含み得、ここで、第１の触媒及び第２の触媒は異なる。例えば、グルロン酸及び／又はそのラクトンを調製するための方法は、グルコースを、反応領域中で、酸素、白金を含む第１の触媒、及び金を含む第２の触媒の存在下で反応させて、グルロン酸及び／又はラクトンを含む反応混合物を形成することを含み得、ここで、第１の触媒及び第２の触媒は異なる。

【００３０】

［0044］ 本発明の実施形態は、アルドン酸及び／又はそのラクトンを、酸素、白金を含む第１の触媒、及び金を含む第２の触媒の存在下で反応させて、ウロン酸及び／又はそのラクトンを形成することを含む、ウロン酸及び／又はそのラクトンを調製するための方法も含み、ここで、第１の触媒及び第２の触媒は異なる。これらの方法は以下のスキームで表され得る（ここで、ｘ及びｙは、本明細書に定義した通りである）：

【化６】



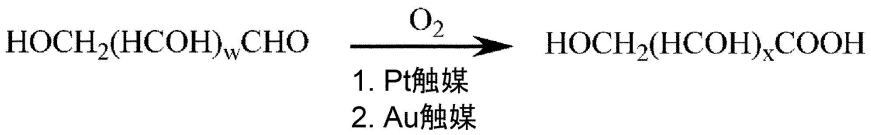
ある実施形態において、Ｃ$_2$～Ｃ$_7$ウロン酸及び／又はそのラクトンを調製するための方法は、Ｃ$_2$～Ｃ$_7$アルドン酸及び／又はそのラクトンを、反応領域中で、酸素、白金を含む第１の触媒、及び金を含む第２の触媒の存在下で反応させて、Ｃ$_2$～Ｃ$_7$ウロン酸及び／又はラクトンを含む反応混合物を形成することを含み得、ここで、第１の触媒及び第２の触媒は異なる。例えば、グルロン酸及び／又はそのラクトンを調製するための方法は、グルコン酸及び／又はそのラクトンを、反応領域中で、酸素、白金を含む第１の触媒、及び金を含む第２の触媒の存在下で反応させて、グルロン酸及び／又はラクトンを含む反応混合物を形成することを含み得、ここで、第１の触媒及び第２の触媒は異なる。

【００３１】

アルドン酸及び／又はそのラクトンを生成するための方法

［0045］ 本発明の実施形態は、アルドン酸及び／又はラクトンを生成するための方法も含む。様々な方法は、式（Ｉ）のアルドースを、酸素、白金を含む第１の触媒、及び金を含む第２の触媒の存在下で、式（ＩＩ）のアルドン酸及び／又はそのラクトンへと反応させて、アルドン酸及び／又はそのラクトンを形成することを含み、ここで、第１の触媒及び第２の触媒は異なる。これらの方法は以下のスキームで表され得る（ここで、ｘ及びｙは、本明細書に定義した通りである）：

【化７】



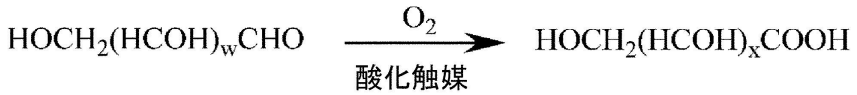
ある実施形態において、Ｃ$_2$～Ｃ$_7$アルドン酸及び／又はそのラクトンを調製するための方法は、Ｃ$_2$～Ｃ$_7$アルドースを、反応領域中で、酸素、白金を含む第１の触媒、及び金

を含む第２の触媒の存在下で反応させて、Ｃ$_2$～Ｃ$_7$アルドン酸及び／又はラクトンを含む反応混合物を形成することを含み得、ここで、第１の触媒及び第２の触媒は異なる。例えば、グルコン酸及び／又はそのラクトンを調製するための方法は、グルコースを、反応領域中で、酸素、白金を含む第１の触媒、及び金を含む第２の触媒の存在下で反応させて、グルコン酸及び／又はラクトンを含む反応混合物を形成することを含み得、ここで、第１の触媒及び第２の触媒は異なる。

【００３２】

［0046］ 本明細書に記載される様々な方法は、式（Ｉ）のアルドースを、酸素及び酸化触媒の存在下で反応させて、式（ＩＩ）のアルドン酸及び／又はそのラクトンを形成する工程をさらに含み得る。このさらなる工程段階は以下のスキームで表され得る（ここで、ｗ及びｘは、本明細書に定義した通りである）：

【化８】



ある実施形態において、様々な方法は、Ｃ$_2$～Ｃ$_7$アルドースを、酸素及び酸化触媒の存在下で反応させて、Ｃ$_2$～Ｃ$_7$アルドン酸及び／又はそのラクトンを形成することをさらに含み得る。例えば、グルコン酸及び／又はそのラクトンが必要とされる方法において、これらの方法は、グルコースを酸素及び酸化触媒の存在下で反応させて、グルコン酸及び／又はそのラクトンを形成することをさらに含み得る。

【００３３】

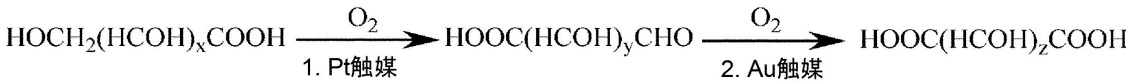
さらなるプロセス及びプロセス特徴

［0047］ 本明細書に記載される様々な方法において、第１の触媒及び第２の触媒は混合され得る。言い換えると、反応領域は、第１の触媒及び第２の触媒の混合物（例えば、物理的混合物）を含み得る。

【００３４】

［0048］ さらに、本明細書に記載される様々な方法において、第１の触媒及び第２の触媒は、段階的であり得て、又は混合された状態及び段階的状態の組合せであり得る。例えば、反応領域は、第１の触媒を含む第１の段階及び第２の触媒を含む第２の段階を含み得る。２段階反応領域の概略図である図２を参照されたい。式（ＩＩ）のアルドン酸を酸化することによる式（ＩＶ）のアルダル酸及び／又はそのラクトンを調製するための様々な段階的方法は以下のスキームで表され得る（ここで、ｘ、ｙ、及びｚは、本明細書に定義した通りである）：

【化９】



ある実施形態において、Ｃ$_2$～Ｃ$_7$アルダル酸及び／又はラクトンを調製するための方法は、Ｃ$_2$～Ｃ$_7$アルドン酸及び／又はそのラクトンを、反応領域の第１の段階において、酸素及び白金を含む第１の触媒の存在下で反応させて、第１の反応混合物（例えば、Ｃ$_2$～Ｃ$_7$ウロン酸を含む反応混合物）を形成すること；並びに第１の反応混合物を、反応領域の第２の段階において、酸素及び金を含む第２の触媒と接触させて、Ｃ$_2$～Ｃ$_7$アルダル酸及び／又はそのラクトンを含む第２の反応混合物を形成すること；を含み得、ここで、第１の触媒及び第２の触媒は異なる。この方法がグルカル酸及び／又はそのラクトンを調製するための方法である場合、この方法は、グルコン酸及び／又はそのラクトンを、反応領域の第１の段階において、酸素と白金を含む第１の触媒との存在下で反応させて、グルロン酸及び／又はそのラクトンを含む第１の反応混合物を形成すること；並びにグルロン酸及び／又はそのラクトンを含む第１の反応混合物を、反応領域の第２の段階において

、酸素及び金を含む第２の触媒と接触させて、グルカル酸及び／又はそのラクトンを含む第２の反応混合物を形成すること；を含み得、ここで、第１の触媒及び第２の触媒は異なる。

【００３５】

［0049］ 第１の段階及び／又は第２の段階を含む様々な実施形態において、第１の段階は、第１の触媒及び第２の触媒の混合物を含み得る。ある実施形態において、第１の段階において、第１の触媒の重量又は体積は、第２の触媒の重量又は体積を超え得る。例えば、様々な実施形態において、第１の段階は、第１の触媒及び第２の触媒の混合物を含み、第１の触媒対第２の触媒の重量又は体積比は、約２：１以上、約３：１以上、又は約４：１以上である。ある実施形態において、第１の段階は、第１の触媒及び第２の触媒の混合物を含み、第１の触媒対第２の触媒の重量又は体積比は、約２：１～約１０：１、約２：１～約５：１、約３：１～約１０：１、又は約３：１～約５：１であり得る。

【００３６】

［0050］ 第１の段階及び第２の段階を含む実施形態において、第２の段階は、第１の触媒及び第２の触媒の混合物を含み得る。ある実施形態において、第２の触媒の重量又は体積は、第１の触媒の重量又は体積を超え得る。例えば、様々な実施形態において、第２の段階は、第１の触媒及び第２の触媒の混合物を含み、第２の触媒対第１の触媒の重量又は体積比は、約２：１以上、約３：１以上、又は約４：１以上である。例えば、第２の段階は、第１の触媒及び第２の触媒の混合物を含み、第２の触媒対第１の触媒の重量又は体積比は、約２：１～約１０：１、約２：１～約５：１、約３：１～約１０：１、又は約３：１～約５：１であり得る。

【００３７】

［0051］ 様々な実施形態において、第１の段階及び第２の段階は、第１の触媒及び第２の触媒の混合物を含む。これらの段階は、上述される混合物を含む、第１及び第２の触媒の異なる混合物を含み得る。図３に、異なる触媒混合物を含む２段階反応領域の概略図を示す。

【００３８】

［0052］ 上記のように、本明細書に記載される様々な方法は、アルドースを、酸素及び酸化触媒の存在下で反応させて、アルドン酸及び／又はそのラクトンを形成する工程をさらに含み得る。これらの実施形態において、酸化触媒、第１の触媒、及び第２の触媒は、同様に段階的であり得る。例えば、ある実施形態において、反応領域は、酸化触媒を含む初期酸化段階、第１の触媒を含む第１の段階、及び第２の触媒を含む第２の段階を含み得る。

【００３９】

［0053］ 本明細書に記載される様々な方法において、反応領域中の第１の触媒対第２の触媒の総量の体積比は、約１：１０～約１０：１、約１：５～約５：１、約１：３～約３：１、又は約１：１である。さらなる実施形態において、反応領域中の第１の触媒対第２の触媒の総量の重量又は体積比は、約１：１０～約１０：１、約１：５～約５：１、約１：３～約３：１、又は約１：１である。

【００４０】

［0054］ 本明細書に記載される様々な方法において、原料混合物（例えば、原料溶液）が反応領域に供給され得る。特定の実施形態において、原料混合物中のアルドース、アルドン酸及び／若しくはラクトン、並びに／又はウロン酸及び／若しくはそのラクトンの濃度は、約１重量％以上、約５重量％以上、約１０重量％以上、約１５重量％以上、又は約２０重量％以上である。ある実施形態において、原料混合物が反応領域に供給され、原料混合物中のアルドース、アルドン酸及び／若しくはラクトン、並びに／又はウロン酸及び／若しくはそのラクトンの濃度は、約１重量％～約５０重量％、約１重量％～約３０重量％、約１重量％～約２５重量％、約５重量％～約５０重量％、約５重量％～約３０重量％、約５重量％～約２５重量％、約１０重量％～約５０重量％、約１０重量％～約３０重量％、約１０重量％～約２５重量％、約１５重量％～約５０重量％、約１５重量％～約３０

重量％、約１５重量％～約２５重量％、約２０重量％～約５０重量％、約２０重量％～約３０重量％、又は約２０重量％～約２５重量％である。

【００４１】

［0055］ 様々な実施形態において、原料混合物中のＣ$_2$～Ｃ$_7$アルドース、Ｃ$_2$～Ｃ$_7$アルドン酸及び／若しくはラクトン、並びに／又はＣ$_2$～Ｃ$_7$ウロン酸及び／若しくはそのラクトンの濃度は、約１重量％以上、約５重量％以上、約１０重量％以上、約１５重量％以上、又は約２０重量％以上である。ある実施形態において、原料混合物が反応領域に供給され、原料混合物中のＣ$_2$～Ｃ$_7$アルドース、Ｃ$_2$～Ｃ$_7$アルドン酸、及び／若しくはラクトン並びにＣ$_2$～Ｃ$_7$ウロン酸及び／若しくはそのラクトンの濃度は、約１重量％～約５０重量％、約１重量％～約３０重量％、約１重量％～約２５重量％、約５重量％～約５０重量％、約５重量％～約３０重量％、約５重量％～約２５重量％、約１０重量％～約５０重量％、約１０重量％～約３０重量％、約１０重量％～約２５重量％、約１５重量％～約５０重量％、約１５重量％～約３０重量％、約１５重量％～約２５重量％、約２０重量％～約５０重量％、約２０重量％～約３０重量％、又は約２０重量％～約２５重量％である。

【００４２】

［0056］ Ｃ$_2$～Ｃ$_7$アルドン酸及び／又はラクトンがグルコン酸及び／又はそのラクトンを含む実施形態において、原料混合物が反応領域に供給され得、原料混合物中のグルコン酸及び／又はラクトンの濃度は、約１重量％以上、約５重量％以上、約１０重量％以上、約１５重量％以上、又は約２０重量％以上であり得る。特定の実施形態において、原料混合物が反応領域に供給され、原料混合物中のグルコン酸及び／又はラクトンの濃度は、約１重量％～約５０重量％、約１重量％～約３０重量％、約１重量％～約２５重量％、約５重量％～約５０重量％、約５重量％～約３０重量％、約５重量％～約２５重量％、約１０重量％～約５０重量％、約１０重量％～約３０重量％、約１０重量％～約２５重量％、約１５重量％～約５０重量％、約１５重量％～約３０重量％、約１５重量％～約２５重量％、約２０重量％～約５０重量％、約２０重量％～約３０重量％、又は約２０重量％～約２５重量％である。

【００４３】

［0057］ 上記のように、ｐＨ調整は、典型的に、アルダル酸の、他の誘導体への過剰転化により、より低い生成物収率をもたらす。したがって、様々な実施形態において、本明細書に記載される方法は、塩基を加えずに行われ得る。さらなる実施形態において、反応混合物のｐＨが、塩基の添加によって制御若しくは増加されないプロセスが、行われ得る。ある実施形態において、反応混合物が、塩形成カチオンを含まないか又は実質的に含まないプロセスが、行われ得る。

【００４４】

［0058］ 様々な実施形態において、２０℃で測定した際の、本明細書に記載される方法の反応混合物のｐＨは、約７以下、約６．５以下、約６以下、約５以下、約４以下、約３以下、又は約２以下である。例えば、２０℃で測定した際の、本明細書に記載される方法の反応混合物のｐＨは、約１～約７、約１～約６、約１～約５、約１～約４、約１．５～約７、約１．５～約６、約１．５～約５、約１．５～約４、約２～約７、約２～約６、約２～約５、又は約２～約４であり得る。ある実施形態において、反応混合物は、約４以下、約３以下、又は約２以下の、２０℃で測定される最小ｐＨに到達し得る。

【００４５】

［0059］ 特定の実施形態において、反応領域は、約６０℃以上、約７０℃以上、又は約８０℃以上の温度に加熱される。例えば、反応領域は、約６０℃～約１５０℃、約７０℃～約１５０℃、約８０℃～約１５０℃、約６０℃～約１２５℃、約７０℃～約１２５℃、約８０℃～約１２５℃、約６０℃～約１００℃、約７０℃～約１００℃、又は約８０℃～約１００℃の温度に加熱され得る。

【００４６】

［0060］ 特定の実施形態において、酸素は、酸素含有ガス状混合物として反応領域に供

給される。例えば、ある実施形態において、酸素は、空気、酸素富化空気、酸素を含む混合物、少なくとも約４０若しくは５０体積％の酸素を含む混合物、酸素及び窒素を含む混合物（例えば、体積基準で約５０：５０混合物）、又は実質的に純粋な酸素（少なくとも９９体積％の酸素）として反応領域に供給される。様々な実施形態において、酸素は、約０．５体積％以上、約１体積％以上、約５体積％以上、又は約１０体積％以上の酸素濃度を有する混合物として反応領域に供給される。例えば、様々な実施形態において、酸素は、約０．５体積％～約２０体積％、約０．５体積％～約１５体積％、約０．５体積％～約１０体積％、約０．５体積％～約５体積％、約１体積％～約２０体積％、約１体積％～約１５体積％、約１体積％～約１０体積％、約１体積％～約５体積％、約５体積％～約２０体積％、約５体積％～約１５体積％、又は約５体積％～約１０体積％の酸素濃度を有する混合物として反応領域に供給される。特定の実施形態において、酸素は、約１０体積％以下、約５体積％以下、約４体積％以下、約３体積％以下、約２体積％以下、約１体積％以下、又は約０．５体積％以下の酸素濃度を有する混合物として反応領域に供給される。例えば、約１０体積％～約０．５体積％、約５体積％～約０．５体積％、約４体積％～約０．５体積％、約３体積％～約０．５体積％、約２体積％～約０．５体積％、又は約１体積％～約０．５体積％である。

【００４７】

［0061］ 様々な実施形態において、反応領域中の酸素の分圧は、約２ｐｓｉｇ以上、約２５ｐｓｉｇ以上、約５０ｐｓｉｇ以上、又は約１００ｐｓｉｇ以上である。例えば、反応領域中の酸素の分圧は、約２ｐｓｉｇ～約２０００ｐｓｉｇ、約５０ｐｓｉｇ～約２０００ｐｓｉｇ、又は約１００ｐｓｉｇ～約２０００ｐｓｉｇであり得る。

【００４８】

［0062］ 一般に、本明細書に記載される方法は、触媒プロセスであるが、電流の印加を必要としない。したがって、様々な実施形態において、本明細書に記載される方法は、電気化学的方法ではなく、及び／又は電流を（例えば、電極を介して）反応混合物に印加することを含まない。

【００４９】

［0063］ 上記のように、本発明の方法は、向上した生成物収率を提供し得る。ある実施形態において、アルドン酸及び／若しくはそのラクトン、ウロン酸及び／若しくはそのラクトン、並びに／又はアルダル酸及び／若しくはそのラクトンの収率は、約５０％以上、約５５％以上、約６０％以上、約６５％以上、約７０％以上、又は約７５％以上である。例えば、アルドン酸及び／若しくはそのラクトン、ウロン酸及び／若しくはそのラクトン、並びに／又はアルダル酸及び／若しくはそのラクトンの収率は、約５０％～約８５％、約５０％～約８０％、約５０％～約７５％、約５０％～約７０％、約５０％～約６５％、約６０％～約８５％、約６０％～約８０％、約６０％～約７５％、約６０％～約７０％、約６５％～約８５％、約６５％～約８０％、約６５％～約７５％、又は約６５％～約７０％であり得る。

【００５０】

［0064］ ある実施形態において、C_2～C_7アルドン酸及び／若しくはそのラクトン、C_2～C_7ウロン酸及び／若しくはそのラクトン、並びに／又はC_2～C_7アルダル酸及び／若しくはそのラクトンの収率は、約５０％以上、約５５％以上、約６０％以上、約６５％以上、約７０％以上、又は約７５％以上である。例えば、C_2～C_7アルドン酸及び／若しくはそのラクトン、C_2～C_7ウロン酸及び／若しくはそのラクトン、並びに／又はC_2～C_7アルダル酸及び／若しくはそのラクトンの収率は、約５０％～約８５％、約５０％～約８０％、約５０％～約７５％、約５０％～約７０％、約５０％～約６５％、約６０％～約８５％、約６０％～約８０％、約６０％～約７５％、約６０％～約７０％、約６５％～約８５％、約６５％～約８０％、約６５％～約７５％、又は約６５％～約７０％であり得る。

【００５１】

［0065］ C_2～C_7アルダル酸及び／又はラクトンが、グルカル酸及び／又はそのラク

トンを含む実施形態において、グルカル酸及び／又はそのラクトンの収率は、約５０％以上、約５５％以上、約６０％以上、約６５％以上、約７０％以上、又は約７５％以上であり得る。様々な実施形態において、グルカル酸及び／又はそのラクトンの収率は、約５０％～約８５％、約５０％～約８０％、約５０％～約７５％、約５０％～約７０％、約５０％～約６５％、約６０％～約８５％、約６０％～約８０％、約６０％～約７５％、約６０％～約７０％、約６５％～約８５％、約６５％～約８０％、約６５％～約７５％、又は約６５％～約７０％であり得る。

【００５２】

［0066］ また、本発明の方法は、高い反応器スループットでも、安定した収率を提供し得る。特定の実施形態において、反応領域の液空間速度（liquid hourly space velocity）（ＬＨＳＶ）は、約０．２h^{-1}以上、約０．５h^{-1}以上、約１h^{-1}以上、約１．５h^{-1}以上、約２h^{-1}以上、約５h^{-1}以上、又は約１０h^{-1}以上である。例えば、反応領域のＬＨＳＶは、約０．２h^{-1}～約５０h^{-1}、約０．５h^{-1}～約５０h^{-1}、約１h^{-1}～約５０h^{-1}、約２h^{-1}～約５０h^{-1}、約５h^{-1}～約５０h^{-1}、約１０h^{-1}～約５０h^{-1}、約０．２h^{-1}～約１０h^{-1}、約０．５h^{-1}～約１０h^{-1}、約１h^{-1}～約１０h^{-1}、約２h^{-1}～約１０h^{-1}、又は約５h^{-1}～約１０h^{-1}であり得る。ある実施形態において、少なくとも約６０％、少なくとも約６５％、少なくとも約７０％、又は少なくとも約７５％の生成物収率（例えば、C_2～C_7アルダル酸、例えばグルカル酸、及び／又はそのラクトンの収率）が、上記のＬＨＳＶ範囲で又はその範囲内で達成され得る。

【００５３】

［0067］ 反応混合物及び／又は原料混合物は、溶媒を含み得る。酸化反応に好適な溶媒としては、例えば、水又はカルボン酸（例えば、酢酸）の水溶液が挙げられる。

【００５４】

［0068］ 一般に、反応領域は、固定床反応器、トリクル床反応器（trickle bed reactors）、スラリー相反応器、移動床反応器、又は触媒反応、特に、不均一系触媒反応を可能にする任意の他の設計を用いる、１つ以上のバッチ、セミバッチ、又は連続反応器設計を含み得る。反応器の例は、参照により本明細書に援用されるChemical Process Equipment - Selection and Design,Couper et al.,Elsevier 1990に見られる。本明細書に記載される様々な方法において、反応領域は、１つ以上のトリクル床反応器を含む。反応物質、酸素、任意の溶媒、及び触媒が、別々に又は様々な組合せで、好適な反応器中に導入され得ることが理解されるべきである。

【００５５】

［0069］ 本明細書に記載される方法にしたがって生成されるアルダル酸、アルドン酸、及びウロン酸並びに／又はそのラクトンは、塩、エステル、ケトン、及びラクトンなどの様々な他の誘導体に転化され得る。カルボン酸をこのような誘導体に転化するための方法は、当該技術分野において公知であり、例えば、Wade,Organic Chemistry 3rd ed., Prentice Hall 1995を参照されたい。

【００５６】

触媒

［0070］ 上記のように、本明細書に記載される酸化プロセスに有効な１つの触媒は、白金を含む（すなわち、第１の触媒は白金を含む）。この触媒は、アルドン酸及び／又はそのラクトン（例えば、グルコン酸）の、ウロン酸及び／又はそのラクトン（例えば、グルロン酸）への酸化に特に有用であることが分かった。

【００５７】

［0071］ ある実施形態において、第１の触媒は、約１０重量％以下、約７．５重量％以下、約５重量％以下、約４重量％以下、約２重量％以下、又は約１重量％以下の白金充填量を有する。これらの及び他の実施形態において、第１の触媒は、約０．１重量％以上、約０．２５重量％以上、約０．５重量％以上、約０．７５重量％以上、又は約１重量％以上の白金充填量を有する。例えば、様々な実施形態において、第１の触媒は、約０．１重

量％～約１０重量％、約０．１重量％～約７．５重量％、約０．１重量％～約５重量％、約０．１重量％～約４重量％、約０．５重量％～約１０重量％、約０．５重量％～約７．５重量％、約０．５重量％～約５重量％、約０．５重量％～約４重量％、約１重量％～約１０重量％、約１重量％～約７．５重量％、約１重量％～約５重量％、約１重量％～約４重量％、又は約１重量％～約３重量％の白金充填量を有する。

【００５８】

［0072］ 様々な実施形態において、第１の触媒は、触媒活性相（catalytically active phase）を含み、白金は触媒活性相のかなりの部分を占める。例えば、ある実施形態において、白金は、第１の触媒の触媒活性相の約２０重量％以上、約３０重量％以上、約４０重量％以上、約５０重量％以上、約６０重量％以上、約７０重量％以上、約８０重量％以上、約９０重量％以上、約９５重量％以上、又は約９９重量％以上を占める。特定の実施形態において、白金は、第１の触媒の触媒活性相の約２０重量％～約９９重量％、約３０重量％～約９９重量％、約４０重量％～約９９重量％、約５０重量％～約９９重量％、約６０重量％～約９９重量％、約７０重量％～約９９重量％、約８０重量％～約９９重量％、約９０重量％～約９９重量％、約９５重量％～約９９重量％、約２０重量％～約９５重量％、約３０重量％～約９５重量％、約４０重量％～約９５重量％、約５０重量％～約９５重量％、約６０重量％～約９５重量％、約７０重量％～約９５重量％、約８０重量％～約９５重量％、約９０重量％～約９５重量％、約２０重量％～約９０重量％、約３０重量％～約９０重量％、約４０重量％～約９０重量％、約５０重量％～約９０重量％、約６０重量％～約９０重量％、約７０重量％～約９０重量％、又は約８０重量％～約９０重量％を占める。

【００５９】

［0073］ 様々な実施形態において、第１の触媒は、不均一系触媒である。ある実施形態において、第１の触媒は、触媒担体を含む。例えば、第１の触媒の担体は、炭素、アルミナ、シリカ、セリア（ceria）、チタニア、ジルコニア、ニオビア（niobia）、ゼオライト、マグネシア（magnesia）、粘土（clays）、ニッケル、コバルト、銅、酸化鉄、炭化ケイ素、アルミノケイ酸塩、モンモリロナイト（montmorillonites）、及びそれらの組合せからなる群から選択される材料を含み得る。特定の実施形態において、第１の触媒の担体は、炭素、チタニア、ジルコニア、及びそれらの組合せを含む。さらなる実施形態において、第１の触媒の担体は、グラファイト、カーボンブラック、活性炭及びそれらの組合せからなる群から選択される少なくとも１つの炭素材料を含む。特定の実施形態において、第１の触媒の担体は、カーボンブラックを含む。様々な炭素担体並びにこれらの担体及び触媒組成物を調製する方法は、米国特許第９，６８２，３６８号及び米国特許出願公開第２０１７／０１２０２２３号及び２０１７／０１２０２１９号に記載され、これらはそれぞれ、参照により本明細書に援用される。

【００６０】

［0074］ 様々な実施形態において、第１の触媒は、少なくとも約５m^2／ｇ、少なくとも約１００m^2／ｇ、少なくとも約２００m^2／ｇ、少なくとも約５００m^2／ｇ、少なくとも約１，０００m^2／ｇ、少なくとも約１，５００m^2／ｇ、又は少なくとも約２，０００m^2／ｇであるＢＥＴ比表面積を有し得る。例えば、第１の触媒は、約５m^2／ｇ～約２，５００m^2／ｇ、約５m^2／ｇ～約２，０００m^2／ｇ、約５m^2／ｇ～約１，５００m^2／ｇ、約５m^2／ｇ～約１，０００m^2／ｇ、約５m^2／ｇ～約５００m^2／ｇ、約５m^2／ｇ～約２００m^2／ｇ、約１００m^2／ｇ～約２，５００m^2／ｇ、約１００m^2／ｇ～約２，０００m^2／ｇ、約１００m^2／ｇ～約１，５００m^2／ｇ、約１００m^2／ｇ～約１，０００m^2／ｇ、約１００m^2／ｇ～約５００m^2／ｇ、又は約１００m^2／ｇ～約２００m^2／ｇであるＢＥＴ比表面積を有し得る。

【００６１】

［0075］ 上記のように、本明細書に記載される方法に有効なさらなる触媒は、金を含む（すなわち、第２の触媒は金を含む）。この触媒は、ウロン酸及び／又はそのラクトン（例えば、グルロン酸）の、アルダル酸及び／又はそのラクトン（例えば、グルカル酸）へ

の酸化に特に有用であることが分かった。

【００６２】

［0076］ ある実施形態において、第２の触媒は、約１０重量％以下、約７．５重量％以下、約５重量％以下、約４重量％以下、約２重量％以下、又は約１重量％以下の金充填量を有する。これらの及び他の実施形態において、第２の触媒は、約０．１重量％以上、約０．２５重量％以上、約０．５重量％以上、約０．７５重量％以上、又は約１重量％以上の金充填量を有する。例えば、様々な実施形態において、第２の触媒は、約０．１重量％～約１０重量％、約０．１重量％～約７．５重量％、約０．１重量％～約５重量％、約０．１重量％～約４重量％、約０．１重量％～約３重量％、約０．１重量％～約２重量％、約０．５重量％～約１０重量％、約０．５重量％～約７．５重量％、約０．５重量％～約５重量％、約０．５重量％～約４重量％、約０．５重量％～約３重量％、約０．５重量％～約２重量％、約１重量％～約１０重量％、約１重量％～約７．５重量％、約１重量％～約５重量％、約１重量％～約４重量％、約１重量％～約３重量％、又は約１重量％～約２重量％の金充填量を有する。

【００６３】

［0077］ 様々な実施形態において、第２の触媒は、触媒活性相を含み、金は触媒活性相のかなりの部分を占める。例えば、ある実施形態において、金は、第２の触媒の触媒活性相の約２０重量％以上、約３０重量％以上、約４０重量％以上、約５０重量％以上、約６０重量％以上、約７０重量％以上、約８０重量％以上、約９０重量％以上、約９５重量％以上、又は約９９重量％以上を占める。特定の実施形態において、金は、第２の触媒の触媒活性相の約２０重量％～約９９重量％、約３０重量％～約９９重量％、約４０重量％～約９９重量％、約５０重量％～約９９重量％、約６０重量％～約９９重量％、約７０重量％～約９９重量％、約８０重量％～約９９重量％、約９０重量％～約９９重量％、約９５重量％～約９９重量％、約２０重量％～約９５重量％、約３０重量％～約９５重量％、約４０重量％～約９５重量％、約５０重量％～約９５重量％、約６０重量％～約９５重量％、約７０重量％～約９５重量％、約８０重量％～約９５重量％、約９０重量％～約９５重量％、約２０重量％～約９０重量％、約３０重量％～約９０重量％、約４０重量％～約９０重量％、約５０重量％～約９０重量％、約６０重量％～約９０重量％、約７０重量％～約９０重量％、又は約８０重量％～約９０重量％を占める。

【００６４】

［0078］ 様々な実施形態において、第２の触媒は、不均一系触媒である。ある実施形態において、第２の触媒は、触媒担体を含み得る。例えば、第２の触媒の担体は、炭素、アルミナ、シリカ、セリア、チタニア、ジルコニア、ニオビア、ゼオライト、マグネシア、粘土、ニッケル、コバルト、銅、酸化鉄、炭化ケイ素、アルミノケイ酸塩、モンモリロナイト、及びそれらの組合せからなる群から選択される材料を含み得る。ある実施形態において、第２の触媒の担体は、炭素、アルミナ、シリカ、チタニア、ジルコニア、及びそれらの組合せを含む材料を含む。さらなる実施形態において、第２の触媒の担体は、グラファイト、カーボンブラック、活性炭及びそれらの組合せ（例えば、本明細書に示されるカーボンブラック担体）からなる群から選択される少なくとも１つの炭素材料を含む。特定の実施形態において、第２の触媒の担体は、ジルコニア、ドープジルコニア、ドープジルコニア－金属複合体（doped zirconia-metal composite）、ドープジルコニア－金属酸化物複合体（doped zirconia-metal oxide composite）、チタニア、ドープチタニア、ドープチタニア－金属複合体（doped titania-metal composite）、ドープチタニア－金属酸化物複合体（doped titania-metal oxide composite）、及びそれらの混合物を含む。様々な実施形態において、第２の触媒の担体は、チタニアを含む。特定の実施形態において、第２の触媒の担体は、第１の触媒の担体と同じではない。

【００６５】

［0079］ 様々な実施形態において、第２の触媒は、少なくとも約５m^2／ｇ、少なくとも約１００m^2／ｇ、少なくとも約２００m^2／ｇ、少なくとも約５００m^2／ｇ、少なくとも約１，０００m^2／ｇ、少なくとも約１，５００m^2／ｇ、又は少なくとも約２，０

００m^2／ｇであるＢＥＴ比表面積を有し得る。例えば、第２の触媒は、約５m^2／ｇ～約２，５００m^2／ｇ、約５m^2／ｇ～約２，０００m^2／ｇ、約５m^2／ｇ～約１，５００m^2／ｇ、約５m^2／ｇ～約１，０００m^2／ｇ、約５m^2／ｇ～約５００m^2／ｇ、約５m^2／ｇ～約２００m^2／ｇ、約１００m^2／ｇ～約２，５００m^2／ｇ，約１００m^2／ｇ～約２，０００m^2／ｇ、約１００m^2／ｇ～約１，５００m^2／ｇ、約１００m^2／ｇ～約１，０００m^2／ｇ、約１００m^2／ｇ～約５００m^2／ｇ、又は約１００m^2／ｇ～約２００m^2／ｇであるＢＥＴ比表面積を有し得る。

【００６６】

［0080］ 上記のように、本発明の様々な方法は、アルドース（例えば、グルコース）を酸素及び酸化触媒の存在下で反応させることをさらに含み得る。これらの実施形態において、酸化触媒は、例えば、本明細書に記載される第１の触媒若しくは第２の触媒又はそれらの任意の組合せを含み得る。ある実施形態において、酸化触媒は、本明細書に記載される第２の触媒を含む。

【００６７】

［0081］ 触媒担体が使用される場合、金属（例えば、白金及び金）が、限定はされないが、インシピエントウェットネス法（incipient wetness）、イオン交換、析出沈殿（deposition-precipitation）、及び真空含浸（vacuum impregnation）を含む、当該技術分野において公知の手順を用いて、触媒担体上に付着され得る。

【００６８】

［0082］ 本発明を詳細に説明してきたが、添付の特許請求の範囲において定義される本発明の範囲から逸脱せずに変更及び変形が可能であることが明らかであろう。

【実施例】

【００６９】

［0083］ 以下の非限定的な実施例は、本発明をさらに例示するために提供される。

【００７０】

実施例１：１重量％Ａｕ／ＴｉO_2触媒を用いた、グルコースからグルコン酸

［0084］ １重量％Ａｕ／ＴｉO_2触媒を粉砕及び篩別により４０／８０メッシュの大きさにし、重量約２７ｇ（量は約３０cm^3となる）を充填固定床反応器（fixed packed bed reactor）中に充填した。２０重量％のグルコースの水溶液を、２．０h^{-1}の液空間速度（ＬＨＳＶ）で反応器に供給し、$N_2$７５％及び空気２５％のガス流を１０００ＳＣＣＭの流量で並流的に供給した。系内の圧力を７５０ｐｓｉｇに維持した。反応器ジャケット温度を７７℃に設定した。空時収率（space time yield）（ＳＴＹ）（ｇ［ＧＡ］／ｇ［ＰＧＭ］＊ｈ）は４３であった。

【００７１】

［0085］ グルコース転化率及びグルコン酸の生成は観察期間にわたり安定であった。触媒床の半径方向中心部（radial center）の内部温度のピーク値は８８～８９℃であった。グルコン酸の平均収率は約９４ｍｏｌ％であり、グルカル酸の平均収率は約０．５ｍｏｌ％未満であった。グルコース転化率、グルコン酸収率（ｍｏｌ％）、及びグルカル酸収率（ｍｏｌ％）をプロットしたグラフを図４及び５に示す。

【００７２】

［0086］ この実施例は、１重量％Ａｕ／ＴｉO_2触媒は、グルコン酸を形成させるのには適しているが、前記グルコン酸をかなりの（appreciable）量のグルカル酸に転化することはできないことを示している。

【００７３】

実施例２：Ｐｔ触媒を用いた、グルコン酸の酸化

［0087］ ４０／８０メッシュの大きさにした４重量％Ｐｔ／Ｃ触媒（３０cm^3）を充填固定床反応器中に充填した。２１．５重量％のグルコン酸の水溶液を１．０h^{-1}の液空間速度（ＬＨＳＶ）で反応器に供給し、空気のガス流を１０００ＳＣＣＭの流量で並流的に供給した。系の圧力を７５０ｐｓｉｇに維持した。反応器ジャケット温度を６０～９０℃の間で変化させた。

【００７４】

［0088］ 図６に、様々な温度での酸化により達成された、様々な転化率、選択率、及び収率を示す。グルカル酸の最大収率は、９０℃で６５％になることが認められたが、この温度で反応を行う間に約３５％まで低下した。この反応を行う間に、グルロン酸がかなりの収率（約１０～３０ｍｏｌ％）で生成することが認められた。

【００７５】

［0089］ 表１に、４重量％Ｐｔ／Ｃ触媒を様々な温度及び空気流量で用いた場合の転化率及び収率に関する詳細なデータを示す。以下に示すデータに関しては、圧力を７５０ｐｓｉｇに維持し、原料流れのＬＨＳＶを１に維持した。

【００７６】

【表１】

表 1

流通時間 (h)	反応器ジャケット温度(℃)	空気流量 (SCCM)	N_2 流量 (SCCM)	グルコン酸供給量 (重量%)	グルコン酸転化率 (%)	グルカル酸収率 (mol%)	グルロン酸収率 (mol%)	2-ケトグルコン酸収率 (mol%)	5-ケトグルコン酸収率 (mol%)
16	60	996	1	21.5	58.7	9.3	-	1.7	1.9
40	60	995	3	21.5	50.4	7.0	-	1.5	1.6
152	70	992	2	21.5	84.5	36.5	13.8	1.0	3.1
176	70	997	2	21.5	61.4	31.1	24.9	1.7	3.3
200	70	994	5	21.5	55.1	25.2	-	1.7	3.0
224	70	997	5	21.5	49.3	23.9	-	1.9	3.0
296	70	995	4	21.5	46.5	17.3	-	1.7	2.4
320	80	992	3	21.5	74.7	44.3	-	1.8	3.7
392	80	993	0	21.5	63.5	36.1	20.7	1.9	-
464	80	992	0	21.5	57.5	33.5	32.2	2.1	3.1
488	80	999	2	21.5	58.1	28.7	21.2	1.9	2.8
512	80	996	4	21.5	57.0	28.6	29.9	1.8	2.6
536	80	996	3	21.5	61.0	33.2	23.1	2.1	3.3
560	80	990	4	21.5	58.4	31.2	23.3	2.1	3.2
632	80	999	3	19.7	55.2	32.3	23.6	3.3	3.4
656	80	994	3	19.7	52.5	31.7	24.1	2.4	3.4
680	90	994	4	19.7	79.1	65.2	18.1	1.8	4.3
710	90	993	4	19.7	76.8	61.2	19.6	2.0	4.2
730	90	991	4	19.7	73.4	59.4	15.4	2.1	4.5
802	90	1000	4	19.7	69.6	50.0	24.3	2.1	3.9
850	90	997	3	19.7	65.7	47.7	26.8	2.2	3.9
880	90	993	4	19.7	64.6	46.3	27.4	2.2	3.2
904	90	994	4	19.7	63.5	44.1	27.7	2.2	3.5
976	90	1005	4	21.3	62.6	37.2	27.7	2.1	3.2
1024	90	984	3	21.3	57.3	36.8	30.4	2.3	3.4
1048	90	996	3	21.3	58.9	34.2	29.5	2.2	3.1

【００７７】

［0090］ ４重量％Ｐｔ／ＴｉO_2触媒についても同様に、グルコン酸からグルカル酸への転化に関する適性を判断するために試験を行った。Ｐｔ／Ｃ触媒を用いた場合と同様に、グルカル酸の全収率は時間と共に低下した。グルカル酸収率の範囲を以下の表に示し、ここに、到達した最大収率及び観測された最終収率の詳細を示す。これらの触媒の８０℃での結果に関する比較を以下の表２に示す。

【００７８】

【表２】

表 2

触媒	4% Pt/C	4% Pt/TiO_2
T (°C)	80	80
P_{total} (psig)	750	750
P_{O2} (psig)	150	150
LHSV (h^{-1})	1	0.5
グルコン酸(重量%)	21.5	10
グルカル酸収率(mol%)	44〜29	47〜19
STY (g[GA]/g [PGM]*h)	9	0.8

【００７９】
［0091］ この実施例は、グルコン酸を４重量％Ｐｔ／Ｃ又は４重量％Ｐｔ／ＴｉO_2触媒のみの存在下で酸化すると、安定性が低く、グルカル酸収率の著しい低下が見られることを示している。
【００８０】
実施例３：Ｐｔ－Ａｕ／ＴｉO_2触媒を用いた、グルコースからグルカル酸
［0092］ Ａｕ／ＴｉO_2触媒上に、白金を、最終的な触媒がＰｔ　１重量％及びＡｕ１重量％を含むように担持させることによって、白金－金触媒を調製した。充填固定床反応器に触媒を充填した。１０重量％のグルコース水溶液の原料を、初期ＬＨＳＶが１．０h^{-1}となるように反応器に導入し、空気２５％及び$N_2$７５％のガス流を１０００ＳＣＣＭの流量で並流的に導入した。反応器の初期温度を６０℃とし、初期の酸素分圧を３７．５ｐｓｉｇに維持した。ＳＴＹ（ｇ［グルカル酸］／ｇ［ＰＧＭ］＊ｈ）は６であった。
【００８１】
［0093］ 図７に示すように、２２３６時間の間に、温度を６０℃から９０℃まで１０℃ずつ徐々に上昇させた。約６４０時間後に、全ガス流量を１０００ＳＣＣＭに維持したまま、ガス組成を空気５０％及び$N_2$５０％に変更することによって、酸素の分圧を３７．５ｐｓｉｇから７５ｐｓｉｇに上昇させた。約１２３２時間後に、グルコース１０重量％の原料のＬＨＳＶを１．０h^{-1}からＬＨＳＶ１．５h^{-1}に上昇させた。９０℃、全圧７５０ｐｓｉｇ、及びＬＨＳＶ１．５h^{-1}で運転が安定することが確認された。
【００８２】
［0094］ 実験結果を以下の表３及び４に示す。全体を通して全圧を７５０ｐｓｉｇに維持した。
【００８３】
【表３】

表 3

流通時間 (h)	反応器ジャケット温度(℃)	LHSV	空気流量 (SCCM)	N_2 流量 (SCCM)	グルコース供給量 (重量%)	グルコース転化率 (%)
16〜60	62	1.0	249	757	10	98
184〜448	70	1.0	249	756	10	99
472〜664	80	1.0	249	754	10	99
736〜1208	80	1.0	499	510	10	98
1924〜2574	90	1.5	630	416	10	100
2646〜2838	90	1.5	998	154	20	100

【００８４】
【表４】

表 4

流通時間 (h)	グルコン酸 収率 (mol%)	グルカル酸 収率 (mol%)	グルロン酸 収率 (mol%)	2-ケト グルコン酸収率 (mol%)	5-ケト グルコン酸 収率(mol%)
16〜60	63	15	1	0	2
184〜448	52	26	0	0	5
472〜664	33	39	0	0	8
736〜1208	14	56	1	2	10
1924〜2574	11	56	1	1	8
2646〜2838	26	47	3	1	10

【００８５】
実施例４：４重量％Ｐｔ／Ｃ及び１重量％Ａｕ／ＴｉO_2触媒の物理的混合物を用いた、グルコン酸の酸化
［0095］ 実施例１の触媒（１重量％Ａｕ／ＴｉO_2）を、実施例２の触媒（４重量％Ｐｔ／Ｃ）と、１：１の体積比で物理的に混合し、３０ｃｍ^{3}の触媒床を形成した。触媒の質量比（Ａｕ／ＴｉO_2：Ｐｔ／Ｃ）は約３：２であった。
【００８６】
［0096］ ２０重量％のグルコン酸水溶液の原料をＬＨＳＶ０．５ｈ$^{-1}$で触媒混合物を通過させ、空気１００％のガス流を１０００ＳＣＣＭの流量で並流させた。圧力を７５０ｐｓｉｇに維持し、原料流れのＬＨＳＶを０．５ｈ$^{-1}$に維持した。
【００８７】
［0097］ 図８に、７０℃〜９０℃の温度で反応を行う間に達成されたグルコン酸転化率及び様々な収率を示す。６７２時間後、９０℃の際に、ガス流を空気１００％から空気５０％及びＮ$_2$５０％に変更した。全ガス流量を１０００ＳＣＣＭに維持した。
【００８８】
［0098］ ８０℃及び９０℃でグルカル酸の生成が安定する（すなわち、収率が約６０ｍｏｌ％を超える）ことが認められた。これは、Ｐｔ／Ｃを単独で８０℃で用いた場合にグルカル酸の収率が４４〜２９ｍｏｌ％に低下したこと（実施例２）、及びＡｕ／ＴｉO_2上に担持したＰｔを含む触媒を８０℃で用いた場合に収率が３５〜４５ｍｏｌ％であったこと（実施例３）とは対照的である。Ｐｔ／Ｃを単独で又はＰｔをＡｕ／ＴｉO_2上に担持させて使用した場合はいずれも、所望の収率に到達しないか又は到達した最大収率が持続しなかった（例えば、Ｐｔ／Ｃの収率は、９０℃で時間と共に大幅に低下した）。
【００８９】
［0099］ 表５に、Ｐｔ／Ｃ及びＡｕ／ＴｉO_2触媒の混合物を様々な温度及び空気流量で用いた場合の転化率及び収率に関する詳細なデータを示す。
【００９０】

【表５】

表 5

流通時間 (h)	反応器ジャケット温度(℃)	空気流量 (SCCM)	N_2 流量 (SCCM)	グルコン酸供給量 (重量%)	グルコン酸転化率 (%)	グルカル酸収率 (mol%)	グルロン酸収率 (mol%)	2-ケトグルコン酸収率 (mol%)	5-ケトグルコン酸収率 (mol%)
64	60	998	0	19.1	11.0	16.9	20.1	1.7	2.5
88	60	998	0	19.1	16.1	13.0	11.7	1.4	2.2
112	70	998	0	19.1	35.7	31.8	10.1	1.7	3.9
136	70	998	0	19.1	35.3	33.3	9.3	-	4.8
160	70	998	0	19.1	33.9	34.3	8.7	2.2	5.3
232	70	998	0	19.1	32.7	36.3	7.1	2.4	6.8
256	70	998	0	19.1	34.4	36.1	6.7	2.4	6.9
280	80	998	0	19.1	62.4	60.7	3.5	3.0	10.6
310	80	998	0	19.1	65.2	60.1	2.8	2.6	11.4
330	80	998	0	19.1	63.0	66.7	2.9	3.0	13.7
402	80	998	0	19.1	68.7	61.5	2.2	3.0	13.7
450	80	998	0	19.1	70.5	60.5	2.0	2.9	14.1
480	80	998	0	19.1	70.9	61.5	2.7	2.8	14.3
504	80	998	0	19.1	69.0	67.1	2.8	2.8	15.5
576	80	998	0	20.2	72.9	61.2	2.5	3.1	14.3
624	80	998	0	20.2	71.3	63.4	3.1	2.3	14.0
648	90	998	0	20.2	91.6	62.8	0.4	1.0	9.7
672	90	998	0	20.2	91.8	62.1	0.3	0.9	9.8
744	90	500	497	20.2	87.9	63.3	0.8	1.9	10.7
768	90	500	497	20.2	87.6	63.6	0.9	1.8	11.3
792	90	499	497	20.2	87.1	67.6	0.9	1.9	11.8

【００９１】
実施例５：触媒の物理的混合物を含む段階的反応器床（staged reactor bed）を用いた、グルコン酸からグルカル酸
［0100］ Ｐｔ／Ｃ及びＡｕ／ＴｉO_2触媒の混合物を用いて、グルコン酸をグルカル酸に転化した。触媒の２種の物理的混合物を含む段階的反応器床を調製した。上段は、４重量％Ｐｔ／Ｃ及び１重量％Ａｕ／ＴｉO_2を４：１（ｖｏｌ）の比で含むものとした。下段は、４重量％Ｐｔ／Ｃ及び１重量％Ａｕ／ＴｉO_2を１：４（ｖｏｌ）の比で含むものとした。２０重量％のグルコン酸水溶液の原料流れをＬＨＳＶ１．０h^{-1}で導入した。約６２４時間後、反応器温度を９０℃から９５℃に昇温した。
【００９２】
［0101］ 図９に示すように、温度を上昇させることによってグルカル酸収率が顕著に向上し、収率は６５～７２ｍｏｌ％に達した。８０８時間の反応の間のグルコン酸の平均転化率は９０％を超えた。
【００９３】
［0102］ 表６に、Ｐｔ／Ｃ及びＡｕ／ＴｉO_2触媒の混合物を様々な温度及び空気流量で用いた場合の転化率及び収率に関する詳細なデータを示す。
【００９４】

【表６】

表 6

流通時間 (h)	反応器ジャケット温度(℃)	圧力 (psig)	空気流量 (SCCM)	N_2 流量 (SCCM)	グルコン酸転化率 (%)	グルカル酸収率 (mol%)	グルロン酸収率 (mol%)	2-ケトグルコン酸収率 (mol%)	5-ケトグルコン酸収率 (mol%)
16	60	1150	491.5	498.6	23.0	22.2	15.6	2.0	3.8
40	60	1150	467.4	498.5	20.5	19.8	13.4	1.7	4.3
64	71	1150	464.5	503.0	39.1	37.2	10.2	2.1	6.3
136	71	1150	476.3	494.3	41.8	36.6	7.8	1.8	7.1
160	80	1150	440.7	498.8	66.5	55.5	4.5	2.3	8.7
184	80	1150	470.2	500.6	67.5	54.8	4.1	2.3	8.8
208	80	1150	440.3	504.7	67.2	54.9	4.3	2.1	9.4
232	80	1150	462.0	495.8	67.7	53.0	4.1	2.2	7.5
304	80	1150	498.4	500.7	67.1	52.7	4.6	2.2	7.9
328	90	1150	498.6	502.2	89.3	67.4	1.7	1.4	6.8
352	90	1150	497.7	499.8	89.3	67.4	1.2	1.4	6.4
376	90	1150	499.1	510.2	89.4	67.0	1.7	1.3	6.9
400	90	1150	498.9	505.0	88.7	67.0	1.3	1.4	6.7
424	95	1150	498.5	497.5	94.2	66.7	0.5	0.8	4.3
472	95	1150	498.6	499.5	92.9	66.7	0.8	1.0	4.4
496	95	1150	498.4	500.5	93.2	66.5	0.9	0.9	4.4
520	95	1150	498.5	499.6	92.6	67.3	1.1	0.9	4.7
544	95	1150	248.3	757.9	89.2	67.0	1.7	1.5	5.7
568	95	1150	249.1	742.1	89.2	68.3	2.6	1.5	5.4
640	95	1150	236.7	748.8	88.8	69.5	3.7	1.5	5.0
664	95	750	249.1	758.1	90.3	72.0	3.1	1.5	5.2
688	95	750	248.9	744.6	90.9	71.2	3.1	1.5	5.2
808	95	750	249.0	756.0	90.3	71.8	4.2	1.5	5.5

【００９５】
実施例６：４重量％Ｐｔ／Ｃ触媒及び１重量％Ａｕ／ＴｉO_2触媒の物理的混合物を用いた、グルコン酸の酸化
［0103］ 実施例４の実験を修正して、圧力を１２５０ｐｓｉｇに維持し、反応器ジャケット温度を８５℃に維持するようにした。２１．２重量％のグルコン酸水溶液の原料をＬＨＳＶ０．５h^{-1}で導入し、ガス流れ（$N_2$５０％及び空気５０％）を１０００ＳＣＣＭの流量で供給した。
【００９６】
［0104］ 約１２２４時間後、上に説明したガス流れ及び温度を維持しながら、液体のグルコン酸の供給を停止し、水の供給を開始することにより触媒を洗浄した。これをＬＨＳＶ１．０h^{-1}で４時間実施した。その後、グルコン酸原料の流れを再開させた。
【００９７】
［0105］ 図１０及び表７に、水洗工程を行う前及び後のグルカル酸収率を示す。洗浄工程の直後からグルカル酸収率の増加が認められ、これが約７５時間継続した後、僅かに低下した。図１１に１１０４～１４６８時間の結果を示す。
【００９８】

【表７】

表 7

流通時間 (h)	空気流量 (SCCM)	N_2 流量 (SCCM)	グルコン酸転化率 (%)	グルカル酸収率 (mol%)	グルロン酸収率 (mol%)	2-ケトグルコン酸収率 (mol%)	5-ケトグルコン酸収率 (mol%)
1104〜1224	748.8	300.2	80.1	71.4	3.5	1.3	13.3
1248〜1300	499.1	498.1	93.2	86.1	2.2	0.6	8.2

【００９９】
実施例７：１重量％Ａｕ／ＴｉＯ$_2$触媒を用いた、アラビノースからアラビノン酸
［0106］ １重量％Ａｕ／ＴｉＯ$_2$触媒を粉砕及び篩別により４０／８０メッシュの大きさにし、重量約２７ｇ（量は約３０ｃｍ^3）を充填固定床反応器中に充填した。２０．６重量％のアラビノースの水溶液を反応器に液空間速度（ＬＨＳＶ）１．０ｈ$^{-1}$で供給し、Ｎ$_2$５０％及び空気５０％のガス流を１０００ＳＣＣＭの流量で並流的に供給した。系の圧力を７５０ｐｓｉｇに維持した。反応器ジャケット温度を７５℃に設定した。この実験の総運転時間２７１６〜２８２８時間の間に６個のデータ点を取得した。
【０１００】
［0107］ アラビノース転化率及びアラビノン酸の生成はこの観察期間にわたり安定であった。各データ点において約１００％の転化率が観測された。アラビノン酸収率は約８４〜８６ｍｏｌ％の間にあり、アラビナル酸収率の平均値は約２．２ｍｏｌ％未満であった。図１２に、各データ点におけるアラビノース転化率、アラビノン酸収率（ｍｏｌ％）、及びアラビナル酸収率（ｍｏｌ％）を示す。結果の概要を以下の表８に記載する。
【０１０１】
【表８】

表 8

流通時間 (h)	アラビノン酸収率 (mol%)	アラビナル酸収率 (mol%)	転化率 (%)
2716	85	1.7	100.0
2732	84	2.1	100.0
2756	85	2.1	100.0
2780	86	2.2	100.0
2804	85	2.2	100.0
2828	85	2.1	100.0

【０１０２】
実施例８：触媒の物理的混合物を含む段階的反応器床を用いた、アラビノン酸からアラビナル酸
［0108］ Ｐｔ／Ｃ及びＡｕ／ＴｉＯ$_2$触媒の混合物を用いて、アラビノン酸をアラビナル酸に転化させた。触媒の２種の物理的混合物を含む段階的反応器床を調製した。上段は４重量％Ｐｔ／Ｃ及び１重量％Ａｕ／ＴｉＯ$_2$を４：１（ｖｏｌ）の比で含むものとした。下段は４重量％Ｐｔ／Ｃ及び１重量％Ａｕ／ＴｉＯ$_2$を１：４（ｖｏｌ）の比で含むものとした。１９．４重量％のアラビノン酸水溶液の原料流れをＬＨＳＶ１．０ｈ$^{-1}$で導

入した。空気２５％及び$N_2$７５％のガス流を１０００ＳＣＣＭの流量で並流的に導入した。反応器の初期圧力を１２００ｐｓｉｇとし、反応器の初期温度を１００℃とした。この実験の総運転時間８５６～９３８時間の間に６個のデータ点を取得した。

【０１０３】

［0109］ アラビナル酸収率は３６～５１ｍｏｌ％に到達し、アラビノン酸の転化率は約４６～６２％であった。図１３に、測定回ごとのアラビノン酸転化率、アラビナル酸収率（ｍｏｌ％）、酒石酸収率（ｍｏｌ％）、及びグリセリン酸収率（ｍｏｌ％）を示す。結果の概要を以下の表９に記載する。

【０１０４】

【表９】

表 9

流通時間 (h)	アラビノン酸転化率	アラビナル酸収率 (mol%)	酒石酸収率 (mol%)	グリセリン酸収率 (mol%)
856	62	51	3	2
860	59	47	3	3
884	50	41	3	3
908	47	36	3	3
914	48	38	3	3
938	46	37	3	3

【０１０５】

実施例９：Ａｕ／TiO_2触媒を用いた、グリセルアルデヒドからグリセリン酸

［0110］ １重量％Ａｕ／TiO_2触媒を粉砕及び篩別により４０／８０メッシュの大きさにし、重量約２７ｇ（量は約３０cm^3）を固定床反応器中に充填した。１．２２重量％のグリセルアルデヒドの水溶液を反応器に液空間速度（ＬＨＳＶ）１．０h^{-1}で供給し、$N_2$５０％及び空気５０％のガス流を１０００ＳＣＣＭの流量で並流的に供給した。系の圧力を７５０ｐｓｉｇに維持した。反応器ジャケット温度を７５℃に設定した。この実験の総運転時間３０００～３０３８時間の間に４個のデータ点を取得した。

【０１０６】

［0111］ グリセルアルデヒド転化率及びグリセリン酸の生成はこの観察期間にわたり安定であった。グリセリン酸収率は約１００～１０５ｍｏｌ％の間にあり、タルトロン酸収率の平均値は０ｍｏｌ％であった。図１４にグリセリン酸収率（ｍｏｌ％）を示す。結果の概要を以下の表１０に記載する。

【０１０７】

【表１０】

表 10

流通時間 (h)	グリセリン酸収率 (mol%)	タルトロン酸収率 (mol%)
3000	105	0
3016	102	0
3022	100	0
3038	104	0

【０１０８】
実施例１０：触媒の物理的混合物を含む段階的反応器床を用いた、グリセリン酸からのタルトロン酸
［0112］Ｐｔ／Ｃ及びＡｕ／ＴｉＯ$_2$触媒の混合物を用いて、グリセリン酸をタルトロン酸に転化させた。触媒の２種の物理的混合物を含む段階的反応器床を調製した。上段は４重量％Ｐｔ／Ｃ及び１重量％Ａｕ／ＴｉＯ$_2$を４：１（ｖｏｌ）の比で含むものとした。下段は４重量％Ｐｔ／Ｃ及び１重量％Ａｕ／ＴｉＯ$_2$を１：４（ｖｏｌ）の比で含むものとした。１０．０重量％のグリセリン酸水溶液の原料流れを次の表１１に記載するＬＨＳＶで導入した。以下に記載する比率の空気及びＮ$_2$のガス流を、１０００ＳＣＣＭの流量で並流的に導入した。反応器の初期圧力を７５０ｐｓｉｇとし、実験中に１２５０ｐｓｉｇまで上昇させた。同様に、反応器の初期温度を９５℃とし、実験中に１０６℃まで上昇させた。
【０１０９】
【表１１】

表 11

流通時間 (h)	ジャケット温度 (℃)	窒素流量 (SCCM)	公称圧力 (psig)	空気流量 (SCCM)	LHSV	グリセリン酸転化率 (%)	タルトロン酸収率 (mol%)	グリコール酸収率 (mol%)	シュウ酸収率 (mol%)	ギ酸収率 (mol%)
175	95	500	750	500	1	43	0.5	8.3	5.0	1.0
177	95	499	750	500	2	18	0.4	8.2	2.0	0.4
179	106	899	1250	101	2	19	0.4	8.5	2.3	0.2
180	106	499	1250	499	2	41	0.8	9.0	3.3	1.1

【０１１０】
実施例１１：様々な触媒を用いた、グリコールアルデヒドからグリコール酸
［0113］ グリコアルデヒドをグリコール酸に酸化する様々な触媒の効果を試験するための実験を行った。１つの実験は、触媒を使用せずに行った。他の実験は、１重量％Ａｕ／ＴｉＯ$_2$触媒、４重量％Ｐｔ／Ｃ触媒、又は４重量％Ｐｔ／Ｃ触媒と１重量％Ａｕ／ＴｉＯ$_2$触媒との物理的混合物を使用した。
【０１１１】
［0114］ １重量％Ａｕ／ＴｉＯ$_2$触媒及び４重量％Ｐｔ／Ｃ触媒を粉砕及び篩別して４０／８０メッシュの大きさになるようにした。各実験に使用した触媒の総重量を表１２に示す。４重量％Ｐｔ／Ｃ触媒及び１重量％Ａｕ／ＴｉＯ$_2$触媒の物理的混合物を含む実験では、触媒の重量比を１：１とした。
【０１１２】
［0115］ 各実験において、以下の表１２に記載する量の触媒を回分式反応器に充填した。６．１重量％のグリコールアルデヒド水溶液を回分式反応器に充填し、１００％空気で１８００ｐｓｉｇに加圧した。反応器ジャケット温度を８５℃に設定した。各実験における反応器中の液体の総体積を２．３ｍＬとした。
【０１１３】

【表１２】

表 12

実験番号	触媒	触媒全質量 (mg)	グリコールアルデヒド転化率(%)	グリコール酸収率(mol%)	グリコール酸 (mol%)
1	触媒なし	0	0	0	0.0
2		0	5	0	0.0
3	1 wt.% Au/TiO_2	100	69	39	3.0
4		100	67	39	3.0
5		200	68	39	3.0
6		200	68	39	3.0
7	4 wt.% Pt/C	100	48	57	4.4
8		100	51	57	4.4
9		200	44	58	4.5
10		200	45	60	4.6
11	物理的混合物: 4 wt.% Pt/C + 1 wt.% Au/TiO_2	100	42	66	5.1
12		100	41	67	5.2
13		200	41	63	4.9
14		200	46	64	4.9

【０１１４】

［0116］ これらの実験の結果を図１５に示す。予期した通り、触媒を使用しなかった場合は結果が良くなかった。１重量％Ａｕ／ＴｉO_2触媒を用いた場合の転化率は高く、グリコール酸収率（ｍｏｌ％）は約４０％であった。４重量％Ｐｔ／Ｃ触媒を用いた場合の転化率は、１重量％Ａｕ／ＴｉO_2触媒を用いた場合よりも低かったが、グリコール酸収率はより高かった。触媒の物理的混合物を用いた場合のグリコール酸収率は、どちらの触媒を単独で使用した場合よりも高かった。

【０１１５】

実施例１２：触媒の物理的混合物を含む段階的反応器床を用いた、グリコール酸からのシュウ酸

［0117］ Ｐｔ／Ｃ及びＡｕ／ＴｉO_2の触媒混合物を用いて、グリコール酸をシュウ酸に転化させた。触媒の２種の物理的混合物を含む段階的反応器床を調製した。上段は４重量％Ｐｔ／Ｃ及び１重量％Ａｕ／ＴｉO_2を４：１（ｖｏｌ）の比で含むものとした。下段は４重量％Ｐｔ／Ｃ及び１重量％Ａｕ／ＴｉO_2を１：４（ｖｏｌ）の比で含むものとした。１０．３重量％のグリコール酸水溶液の原料流れを以下に記載するＬＨＳＶで導入した。ガス流を約１０００ＳＣＣＭで並流的に導入した。以下の表１３に、運転中の様々な時点におけるガス流組成を示す。反応器の初期圧力を１２５０ｐｓｉｇとし、反応器ジャケットの初期温度を７５℃とし、以下の表１３に示すように変化させた。運転時間１２２２～１２８０時間の結果を以下に示す。

【０１１６】

【表１３】

表 13

流通時間 (h)	ジャケット温度(℃)	窒素流量 (SCCM)	空気流量 (SCCM)	LHSV	グリコール酸転化率 (%)	シュウ酸収率 (mol%)
1222	75	749	250	1.0	51	0.04
1224	75	749	250	1.0	57	0.00
1226	58	749	250	1.0	27	0.00
1242	58	749	250	1.0	14	0.00
1246	75	899	100	1.0	39	0.22
1248	75	899	100	2.0	22	0.23
1272	76	899	100	2.0	23	0.15
1276	80	899	100	2.0	28	1.69
1278	85	898	100	2.0	27	4.25
1280	90	898	100	2.0	27	3.69

【０１１７】

［0118］ シュウ酸収率が低かったことの原因は、中間体であるグリオキサール及び／又はシュウ酸のCO_2への過剰転化にあると考えられる。このことは、反応生成物中にグリオキサールが確認されず、高いCO_2量が測定されたことから支持される。ＬＨＳＶを高くする（すなわち、運転時間１２４８～１２８０時間）ことにより、一部のシュウ酸が過剰転化する前に反応器から排出されるようである。

【０１１８】

［0119］ 本発明又はその好ましい実施形態の要素を導入する場合、冠詞「a」、「an」、「前記（the）」及び「前記（said）」は、１つ以上の要素があることを意味することが意図される。「含む（comprising）」、「含む（including）」及び「有する（having）」という用語は、包含的であることが意図され、列挙される要素以外にさらなる要素があり得ることを意味する。

【０１１９】

［0120］ 上記を考慮して、本発明のいくつかの目的が達成され、他の有利な結果が達成されたことが分かるであろう。

【０１２０】

［0121］ 様々な変化が、本発明の範囲から逸脱せずに上記の方法においてなされ得るため、上記の説明に含まれ、添付の図面に示される全ての事項が、例示的なものとして解釈されるべきであり、限定的な意味で解釈されるべきではないことが意図される。

【０１２１】

［0122］ 本明細書において用いられる際、「含む」という用語は、「含む」という用語がそれに関して使用される生成物／方法／使用がまた、その後に記載される要素「のみからなり」得る代替例も包含することが理解されるべきである。

【０１２２】

［0123］ 本明細書において用いられる際、「含む」という用語は、「含む」という用語がそれに関して使用される生成物／方法／使用がまた、その後に記載される要素「から本質的になり」得る代替例も包含することが理解されるべきである。

【０１２３】

［0124］ 特に記載されない限り、全ての合成方法及びパラメータ測定は、室温／周囲温度、すなわち、２１±１℃で行われたことが理解されるべきである。
【０１２４】
項目：
１．グルカル酸及び／又はそのラクトンを調製するための方法であって：
グルコン酸及び／又はそのラクトンを、反応領域中で、酸素、白金を含む第１の触媒、及び金を含む第２の触媒の存在下で反応させて、グルカル酸及び／又はそのラクトンを含む反応混合物を形成することを含み、ここで、第１の触媒及び第２の触媒は異なる、方法。
【０１２５】
２．反応領域が、第１の触媒及び第２の触媒の混合物を含む、項目１に記載の方法。
【０１２６】
３．反応領域が、第１の触媒を含む第１の段階及び第２の触媒を含む第２の段階を含む、項目１又は２に記載の方法。
【０１２７】
４．グルカル酸及び／又はそのラクトンを調製するための方法であって：
グルコン酸及び／又はそのラクトンを、反応領域の第１の段階において、酸素及び白金を含む第１の触媒の存在下で反応させて、グルロン酸及び／又はそのラクトンを含む第１の反応混合物を形成すること；並びに
グルロン酸及び／又はそのラクトンを含む第１の反応混合物を、反応領域の第２の段階において、酸素及び金を含む第２の触媒と接触させて、グルカル酸及び／又はそのラクトンを含む第２の反応混合物を形成すること；
を含み、ここで、第１の触媒及び第２の触媒は異なる、方法。
【０１２８】
５．原料混合物が反応領域に供給され、原料混合物のグルコン酸及び／又はラクトン濃度が、約１重量％以上、約５重量％以上、約１０重量％以上、約１５重量％以上、又は約２０重量％以上である、項目１～４のいずれか１つに記載の方法。
【０１２９】
６．原料混合物が反応領域に供給され、原料混合物のグルコン酸及び／又はラクトン濃度が、約１重量％～約５０重量％、約１重量％～約３０重量％、約１重量％～約２５重量％、約５重量％～約５０重量％、約５重量％～約３０重量％、約５重量％～約２５重量％、約１０重量％～約５０重量％、約１０重量％～約３０重量％、約１０重量％～約２５重量％、約１５重量％～約５０重量％、約１５重量％～約３０重量％、約１５重量％～約２５重量％、約２０重量％～約５０重量％、約２０重量％～約３０重量％、又は約２０重量％～約２５重量％である、項目１～４のいずれか１つに記載の方法。
【０１３０】
７．原料混合物が反応領域に供給され、原料混合物のグルコン酸及び／又はラクトン濃度が、約１重量％～２５重量％である、項目１～６のいずれか１つに記載の方法。
【０１３１】
８．原料混合物が反応領域に供給され、原料混合物のグルコン酸及び／又はラクトン濃度が、約５重量％～２５重量％である、先行する項目のいずれか１つに記載の方法。
【０１３２】
９．グルカル酸及び／又はそのラクトンを調製するための方法であって：
グルロン酸及び／又はそのラクトンを、反応領域中で、酸素、白金を含む第１の触媒、及び金を含む第２の触媒の存在下で反応させて、グルカル酸及び／又はラクトンを含む反応混合物を形成することを含み、ここで、第１の触媒及び第２の触媒は異なる、方法。
【０１３３】
１０．グルカル酸及び／又はそのラクトンの収率が、約５０％以上、約５５％以上、約６０％以上、約６５％以上、約７０％以上、又は約７５％以上である、項目１～９のいずれか１つに記載の方法。
【０１３４】

１１．グルカル酸及び／又はそのラクトンの収率が、約５０％～約８５％、約５０％～約８０％、約５０％～約７５％、約５０％～約７０％、約５０％～約６５％、約６０％～約８５％、約６０％～約８０％、約６０％～約７５％、約６０％～約７０％、約６５％～約８５％、約６５％～約８０％、約６５％～約７５％、又は約６５％～約７０％である、項目１～９のいずれか１つに記載の方法。

【０１３５】

１２．グルロン酸及び／又はそのラクトンを調製するための方法であって：

グルコン酸及び／又はそのラクトンを、反応領域中で、酸素、白金を含む第１の触媒、及び金を含む第２の触媒の存在下で反応させて、グルロン酸及び／又はラクトンを含む反応混合物を形成することを含み、ここで、第１の触媒及び第２の触媒は異なる、方法。

【０１３６】

１３．グルコースを、酸化触媒の存在下で酸素と反応させて、グルコン酸及び／又はそのラクトンを形成することをさらに含む、項目１～１２のいずれか１つに記載の方法。

【０１３７】

１４．酸化触媒は、第２の触媒を含む、項目１３に記載の方法。

【０１３８】

１５．グルロン酸及び／又はそのラクトンを調製するための方法であって：

グルコースを、反応領域中で、酸素、酸化触媒、白金を含む第１の触媒、及び金を含む第２の触媒の存在下で反応させて、グルロン酸及び／又はラクトンを含む反応混合物を形成することを含み、ここで、第１の触媒及び第２の触媒は異なる、方法。

【０１３９】

１６．グルカル酸及び／又はそのラクトンを調製するための方法であって：

グルコースを、酸化触媒、白金を含む第１の触媒、及び金を含む第２の触媒を含む反応領域中で、酸素の存在下で反応させて、グルカル酸及び／又はそのラクトンを含む反応混合物を形成することを含み、ここで、第１の触媒及び第２の触媒は異なる、方法。

【０１４０】

１７．グルカル酸及び／又はそのラクトンの収率が、約５０％以上、約５５％以上、約６０％以上、約６５％以上、約７０％以上、又は約７５％以上である、項目１６に記載の方法。

【０１４１】

１８．グルカル酸及び／又はそのラクトンの収率が、約５０％～約８５％、約５０％～約８０％、約５０％～約７５％、約５０％～約７０％、約５０％～約６５％、約６０％～約８５％、約６０％～約８０％、約６０％～約７５％、約６０％～約７０％、約６５％～約８５％、約６５％～約８０％、約６５％～約７５％、又は約６５％～約７０％である、項目１６に記載の方法。

【０１４２】

１９．グルコン酸及び／又はそのラクトンを調製するための方法であって：

グルコースを、反応領域中で、酸素、白金を含む第１の触媒、及び金を含む第２の触媒の存在下で反応させて、グルコン酸及び／又はラクトンを含む反応混合物を形成することを含み、ここで、第１の触媒及び第２の触媒は異なる、方法。

【０１４３】

２０．グルコースが、炭水化物含有源から得られる、項目１３～１９のいずれか１つに記載の方法。

【０１４４】

２１．グルコースが、穀類作物から得られる、項目１３～２０のいずれか１つに記載の方法。

【０１４５】

２２．アルダル酸及び／又はそのラクトンを調製するための方法であって：

式（ＩＩＩ）のウロン酸及び／又はそのラクトン：

$HOOC(HCOH)_yCHO$　　（ＩＩＩ）

（式中、ｙは、０～１０の整数である）を、反応領域中で、酸素、白金を含む第１の触媒、及び金を含む第２の触媒の存在下で反応させて、式（ＩＶ）のアルダル酸及び／又はそのラクトンを含む反応混合物を形成することを含み、ここで、第１の触媒及び第２の触媒は異なり、アルダル酸及び／又はそのラクトンは、式（ＩＶ）：

$HOOC(HCOH)_zCOOH$　（ＩＶ）

（式中、ｚは、０～１０の整数である）で表される、方法。

【０１４６】

２３．ｙ及び／又はｚが、０～５の整数である、項目２２に記載の方法。

【０１４７】

２４．ｙ＝ｚであり、０～５の整数である、項目２３に記載の方法。

【０１４８】

２５．ｙ＝ｚであり、２～５の整数である、項目２４に記載の方法。

【０１４９】

２６．ｙ＝ｚであり、２～４の整数である、項目２５に記載の方法。

【０１５０】

２７．ｙ＝ｚであり、３～４の整数である、項目２６に記載の方法。

【０１５１】

２８．アルダル酸及び／又はそのラクトンを調製するための方法であって：

式（ＩＩ）のアルドン酸及び／又はそのラクトン：

$HOCH_2(HCOH)_xCOOH$　（ＩＩ）

（式中、ｘは、０～１０の整数である）を、反応領域中で、酸素、白金を含む第１の触媒、及び金を含む第２の触媒の存在下で反応させて、式（ＩＶ）のアルダル酸及び／又はそのラクトンを含む反応混合物を形成することを含み、ここで、第１の触媒及び第２の触媒は異なり、アルダル酸及び／又はそのラクトンは、式（ＩＶ）：

$HOOC(HCOH)_zCOOH$　（ＩＶ）

（式中、ｚは、０～１０の整数である）で表される、方法。

【０１５２】

２９．ｘ及び／又はｚが、０～５の整数である、項目２８に記載の方法。

【０１５３】

３０．ｘ＝ｚであり、０～５の整数である、項目２９に記載の方法。

【０１５４】

３１．ｘ＝ｚであり、２～５の整数である、項目３０に記載の方法。

【０１５５】

３２．ｘ＝ｚであり、２～４の整数である、項目３１に記載の方法。

【０１５６】

３３．ｘ＝ｚであり、３～４の整数である、項目３２に記載の方法。

【０１５７】

３４．反応領域が、第１の触媒及び第２の触媒の混合物を含む、項目２２～３３のいずれか１つに記載の方法。

【０１５８】

３５．反応領域が、第１の触媒を含む第１の段階及び第２の触媒を含む第２の段階を含む、項目２２～３４のいずれか１つに記載の方法。

【０１５９】

３６．アルダル酸及び／又はそのラクトンを調製するための方法であって：

式（ＩＩ）のアルドン酸及び／又はそのラクトン：

$HOCH_2(HCOH)_xCOOH$　（ＩＩ）

（式中、ｘは、０～１０の整数である）を、反応領域の第１の段階において、酸素及び白金を含む第１の触媒の存在下で反応させて、第１の反応混合物を形成すること；並びに

第１の反応混合物を、反応領域の第２の段階において、酸素及び金を含む第２の触媒と接触させて、式（ＩＶ）のアルダル酸及び／又はそのラクトンを含む第２の反応混合物を

形成すること；
を含み、ここで、第１の触媒及び第２の触媒は異なり、アルダル酸及び／又はそのラクトンは、式（ＩＶ）：
$HOOC(HCOH)_zCOOH$　　（ＩＶ）
（式中、ｚは、０～１０の整数である）で表される、方法。
【０１６０】
３７．ｘ及び／又はｚが、０～５の整数である、項目３６に記載の方法。
【０１６１】
３８．ｘ＝ｚであり、０～５の整数である、項目３７に記載の方法。
【０１６２】
３９．ｘ＝ｚであり、２～５の整数である、項目３８に記載の方法。
【０１６３】
４０．ｘ＝ｚであり、２～４の整数である、項目３９に記載の方法。
【０１６４】
４１．ｘ＝ｚであり、３～４の整数である、項目４０に記載の方法。
【０１６５】
４２．原料混合物が反応領域に供給され、原料混合物の式（ＩＩ）のアルドン酸及び／又はラクトンの濃度が、約１重量％以上、約５重量％以上、約１０重量％以上、約１５重量％以上、又は約２０重量％以上である、項目２８～４１のいずれか１つに記載の方法。
【０１６６】
４３．原料混合物が反応領域に供給され、原料混合物の式（ＩＩ）のアルドン酸及び／又はラクトンの濃度が、約１重量％～約５０重量％、約１重量％～約３０重量％、約１重量％～約２５重量％、約５重量％～約５０重量％、約５重量％～約３０重量％、約５重量％～約２５重量％、約１０重量％～約５０重量％、約１０重量％～約３０重量％、約１０重量％～約２５重量％、約１５重量％～約５０重量％、約１５重量％～約３０重量％、約１５重量％～約２５重量％、約２０重量％～約５０重量％、約２０重量％～約３０重量％、又は約２０重量％～約２５重量％である、項目２８～４１のいずれか１つに記載の方法。
【０１６７】
４４．原料混合物が反応領域に供給され、原料混合物のグルコン酸及び／又はラクトン濃度が、約１重量％～２５重量％である、項目２８～４３のいずれか１つに記載の方法。
【０１６８】
４５．原料混合物が反応領域に供給され、原料混合物のグルコン酸及び／又はラクトン濃度が、約５重量％～２５重量％である、項目２８～４４のいずれか１つに記載の方法。
【０１６９】
４６．式（Ｉ）のアルドース及び／又はそのラクトン：
$HOCH_2(HCOH)_wCHO$　　（Ｉ）
（式中、ｗは、０～１０の整数である）を、酸素及び酸化触媒の存在下で反応させて、式（ＩＩ）のアルドン酸及び／又はそのラクトンを形成することをさらに含む、項目２８～４５のいずれか１つに記載の方法。
【０１７０】
４７．ｗが、０～５の整数である、項目４６に記載の方法。
【０１７１】
４８．ｗが、２～５の整数である、項目４７に記載の方法。
【０１７２】
４９．ｗが、２～４の整数である、項目４８に記載の方法。
【０１７３】
５０．ｗが、３～４の整数である、項目４９に記載の方法。
【０１７４】
５１．酸化触媒が、第２の触媒を含む、項目４６～５０のいずれか１つに記載の方法。
【０１７５】

５２．アルダル酸及び／又はそのラクトンを調製するための方法であって：
式（Ｉ）のアルドース及び／又はそのラクトン：
$HOCH_2(HCOH)_wCHO$　（Ｉ）
（式中、ｗは、０～１０の整数である）を、酸化触媒、白金を含む第１の触媒、及び金を含む第２の触媒を含む反応領域中で、酸素の存在下で反応させて、式（ＩＶ）のアルダル酸及び／又はそのラクトンを含む反応混合物を形成することを含み、ここで、第１の触媒及び第２の触媒は異なり、アルダル酸は、式（ＩＶ）：
$HOOC(HCOH)_zCOOH$　（ＩＶ）
（式中、ｚは、０～１０の整数である）で表される、方法。
【０１７６】
５３．ｗ及び／又はｚが、０～５の整数である、項目５２に記載の方法。
【０１７７】
５４．ｗ＝ｚであり、０～５の整数である、項目５３に記載の方法。
【０１７８】
５５．ｗ＝ｚであり、２～５の整数である、項目５４に記載の方法。
【０１７９】
５６．ｗ＝ｚであり、２～４の整数である、項目５５に記載の方法。
【０１８０】
５７．ｗ＝ｚであり、３～４の整数である、項目５６に記載の方法。
【０１８１】
５８．反応領域が、酸化触媒を含む初期酸化段階、第１の触媒を含む第１の段階、及び第２の触媒を含む第２の段階を含む、項目５２～５７のいずれか１つに記載の方法。
【０１８２】
５９．酸化触媒が、第２の触媒を含む、項目５２～５８のいずれか１つに記載の方法。
【０１８３】
６０．式（ＩＶ）のアルダル酸及び／又はそのラクトンの収率が、約５０％以上、約５５％以上、約６０％以上、約６５％以上、約７０％以上、又は約７５％以上である、項目５２～５９のいずれか１つに記載の方法。
【０１８４】
６１．式（ＩＶ）のアルダル酸及び／又はそのラクトンの収率が、約５０％～約８５％、約５０％～約８０％、約５０％～約７５％、約５０％～約７０％、約５０％～約６５％、約６０％～約８５％、約６０％～約８０％、約６０％～約７５％、約６０％～約７０％、約６５％～約８５％、約６５％～約８０％、約６５％～約７５％、又は約６５％～約７０％である、項目５２～５９のいずれか１つに記載の方法。
【０１８５】
６２．ウロン酸及び／又はそのラクトンを調製するための方法であって：
式（Ｉ）のアルドース及び／又はそのラクトン：
$HOCH_2(HCOH)_wCHO$　（Ｉ）
（式中、ｗは、０～１０の整数である）を、反応領域中で、酸素、酸化触媒、白金を含む第１の触媒、及び金を含む第２の触媒の存在下で反応させて、式（ＩＩＩ）のウロン酸及び／又はそのラクトンを含む反応混合物を形成することを含み、ここで、第１の触媒及び第２の触媒は異なり、ウロン酸は、式（ＩＩＩ）：
$HOOC(HCOH)_yCHO$　（ＩＩＩ）
（式中、ｙは、０～１０の整数である）で表される、方法。
【０１８６】
６３．ｗ及び／又はｙが、０～５の整数である、項目６２に記載の方法。
【０１８７】
６４．ｗ＝ｙであり、０～５の整数である、項目６３に記載の方法。
【０１８８】
６５．ｗ＝ｙであり、２～５の整数である、項目６４に記載の方法。

【０１８９】
６６．ｗ＝ｙであり、２～４の整数である、項目６５に記載の方法。
【０１９０】
６７．ｗ＝ｙであり、３～４の整数である、項目６６に記載の方法。
【０１９１】
６８．アルドン酸及び／又はそのラクトンを調製するための方法であって：
式（Ｉ）のアルドース及び／又はそのラクトン：
$HOCH_2(HCOH)_wCHO$　（Ｉ）
（式中、ｗは、０～１０の整数である）を、反応領域中で、酸素、白金を含む第１の触媒、及び金を含む第２の触媒の存在下で反応させて、式（ＩＩ）のアルドン酸及び／又はそのラクトンを含む反応混合物を形成することを含み、ここで、第１の触媒及び第２の触媒は異なり、アルドン酸は、式（ＩＩ）：
$HOCH_2(HCOH)_xCOOH$　（ＩＩ）
（式中、ｘは、０～１０の整数である）で表される、方法。
【０１９２】
６９．ｗ及び／又はｘが、０～５の整数である、項目６８に記載の方法。
【０１９３】
７０．ｗ＝ｘであり、０～５の整数である、項目６９に記載の方法。
【０１９４】
７１．ｗ＝ｘであり、２～５の整数である、項目７０に記載の方法。
【０１９５】
７２．ｗ＝ｘであり、２～４の整数である、項目７１に記載の方法。
【０１９６】
７３．ｗ＝ｘであり、３～４の整数である、項目７２に記載の方法。
【０１９７】
７４．アルドースが、少なくとも１つのC_2～C_7アルドースを含む、項目４６～７３のいずれか１つに記載の方法。
【０１９８】
７５．式（Ｉ）のアルドースが、炭水化物含有源から得られる、項目４６～７４のいずれか１つに記載の方法。
【０１９９】
７６．式（Ｉ）のアルドースが、穀類作物から得られる、項目４６～７５のいずれか１つに記載の方法。
【０２００】
７７．式（Ｉ）のアルドースが、トリオース、テトロース、ペントース、ヘキソース、ヘプトース、及び／又はそれらの混合物を含む、項目４６～７６のいずれか１つに記載の方法。
【０２０１】
７８．式（Ｉ）のアルドースが、グリコールアルデヒド、グリセルアルデヒド、エリトロース、トレオース、キシロース、リボース、アラビノース、グルコース、ガラクトース、マンノース、グルコヘプトース、Ｌ－グリセロ－Ｄ－マンノヘプトース、及び／又はそれらの混合物を含む、項目４６～７７のいずれか１つに記載の方法。
【０２０２】
７９．式（Ｉ）のアルドースが、キシロース、リボース、アラビノース、グルコース、及び／又はそれらの混合物を含む、項目４６～７８のいずれか１つに記載の方法。
【０２０３】
８０．式（Ｉ）のアルドースが、グルコースを含む、項目４６～７９のいずれか１つに記載の方法。
【０２０４】
８１．ウロン酸及び／又はそのラクトンを調製するための方法であって：

式（ＩＩ）のアルドン酸及び／又はそのラクトン：
$HOCH_2(HCOH)_xCOOH$　（ＩＩ）
（式中、ｘは、０～１０の整数である）を、反応領域中で、酸素、白金を含む第１の触媒、及び金を含む第２の触媒の存在下で反応させて、式（ＩＩＩ）のウロン酸及び／又はそのラクトンを含む反応混合物を形成することを含み、ここで、第１の触媒及び第２の触媒は異なり、ウロン酸は、式（ＩＩＩ）：
$HOOC(HCOH)_yCHO$　（ＩＩＩ）
（式中、ｙは、０～１０の整数である）で表される、方法。

【０２０５】
８２．ｘ及び／又はｙが、０～５の整数である、項目８１に記載の方法。

【０２０６】
８３．ｘ＝ｙであり、０～５の整数である、項目８２に記載の方法。

【０２０７】
８４．ｘ＝ｙであり、２～５の整数である、項目８３に記載の方法。

【０２０８】
８５．ｘ＝ｙであり、２～４の整数である、項目８４に記載の方法。

【０２０９】
８６．ｘ＝ｙであり、３～４の整数である、項目８５に記載の方法。

【０２１０】
８７．式（ＩＩ）のアルドン酸が、ジオン酸、トリオン酸、テトロン酸、ペントン酸、ヘキソン酸、ヘプトン酸、及び／又はそれらの混合物を含む、項目２８～５１又は６８～８６のいずれか１つに記載の方法。

【０２１１】
８８．式（ＩＩ）のアルドン酸が、グリコール酸、グリセリン酸、トレオン酸、エリトロン酸、キシロン酸、リボン酸、アラビノン酸、グルコン酸、及び／又はそれらの混合物を含む、項目２８～５１又は６８～８７のいずれか１つに記載の方法。

【０２１２】
８９．式（ＩＩ）のアルドン酸が、グルコン酸、キシロン酸、リボン酸、アラビノン酸、及び／又はそれらの混合物を含む、項目２８～５１又は６８～８８のいずれか１つに記載の方法。

【０２１３】
９０．式（ＩＩ）のアルドン酸が、キシロン酸、リボン酸、アラビノン酸、及び／又はそれらの混合物を含む、項目２８～５１又は６８～８９のいずれか１つに記載の方法。

【０２１４】
９１．式（ＩＩ）のアルドン酸が、グルコン酸を含む、項目２８～５１又は６８～８９のいずれか１つに記載の方法。

【０２１５】
９２．式（ＩＩＩ）のウロン酸が、少なくとも１つのC_2～C_7ウロン酸を含む、項目２２～２７、６２～６７、又は８１～９１のいずれか１つに記載の方法。

【０２１６】
９３．式（ＩＩＩ）のウロン酸が、トリウロン酸、テトラウロン酸、ペンタウロン酸、ヘキサウロン酸、ヘプタウロン酸、及び／又はそれらの混合物を含む、項目２２～２７、６２～６７、又は８１～９２のいずれか１つに記載の方法。

【０２１７】
９４．式（ＩＩＩ）のウロン酸が、グリオキシル酸、グリセルウロン酸（タルトロンアルデヒド酸）、トレウロン酸、エリトルロン酸、キシロウロン酸、リボウロン酸、アラビヌロン酸、リキソヌロン酸、グルロン酸、グルクロン酸、ガラクトウロン酸、マンノウロン酸、アルロン酸、アルトルロン酸、イズロン酸、タロヌロン酸、及びグルコヘプトンウロン酸、及び／又はそれらの混合物を含む、項目２２～２７、６２～６７、又は８１～９３のいずれか１つに記載の方法。

【０２１８】
　９５．式（ＩＩＩ）のウロン酸が、グルロン酸、キシロウロン酸、リボウロン酸、アラビヌロン酸、及び／又はそれらの混合物を含む、項目２２～２７、６２～６７、又は８１～９４のいずれか１つに記載の方法。
【０２１９】
　９６．式（ＩＩＩ）のウロン酸が、グルロン酸を含む、項目２２～２７、６２～６７、又は８１～９５のいずれか１つに記載の方法。
【０２２０】
　９７．式（ＩＶ）のアルダル酸が、少なくとも１つのC_2～C_7アルダル酸を含む、項目２２～４５又は５２～６１のいずれか１つに記載の方法。
【０２２１】
９８．式（ＩＶ）のアルダル酸が、トリアル酸、テトラル酸、ペンタル酸、ヘキサル酸、ヘプタル酸、及び／又はそれらの混合物を含む、項目２２～４５、５２～６１、又は９７のいずれか１つに記載の方法。
【０２２２】
　９９．式（ＩＶ）のアルダル酸が、シュウ酸、タルトロン酸、酒石酸、キシラル酸、リバル酸、アラビナル酸、グルカル酸、ガラクタル酸、マンナル酸、及び／又はそれらの混合物を含む、項目２２～４５、５２～６１、９７、又は９８のいずれか１つに記載の方法。
【０２２３】
　１００．式（ＩＶ）のアルダル酸が、グルカル酸、キシラル酸、リバル酸、アラビナル酸、及び／又はそれらの混合物を含む、項目２２～４５、５２～６１、又は９７～９９のいずれか１つに記載の方法。
【０２２４】
　１０１．式（ＩＶ）のアルダル酸が、キシラル酸、リバル酸、アラビナル酸、及び／又はそれらの混合物を含む、項目２２～４５、５２～６１、又は９７～１００のいずれか１つに記載の方法。
【０２２５】
　１０２．式（ＩＶ）のアルダル酸が、グルカル酸を含む、項目２２～４５、５２～６１、又は９７～１０１のいずれか１つに記載の方法。
【０２２６】
　１０３．反応領域が、第１の段階を含み、第１の段階が、第１の触媒及び第２の触媒の混合物を含み、第１の触媒の重量又は体積が、第２の触媒の重量又は体積より大きい、項目１～１０２のいずれか１つに記載の方法。
【０２２７】
　１０４．反応領域が、第１の段階を含み、第１の段階が、第１の触媒及び第２の触媒の混合物を含み、第１の触媒対第２の触媒の重量又は体積比が、約２：１以上、約３：１以上、又は約４：１以上である、項目１～１０３のいずれか１つに記載の方法。
【０２２８】
　１０５．反応領域が、第１の段階を含み、第１の段階が、第１の触媒及び第２の触媒の混合物を含み、第１の触媒対第２の触媒の重量又は体積比が、約２：１～約１０：１、約２：１～約５：１、約３：１～約１０：１、又は約３：１～約５：１である、項目１～１０４のいずれか１つに記載の方法。
【０２２９】
　１０６．言及される第１の触媒対第２の触媒の比率が、体積比である、項目１０４又は１０５に記載の方法。
【０２３０】
　１０７．反応領域が、第２の段階を含み、第２の段階が、第１の触媒及び第２の触媒の混合物を含み、第２の触媒の重量又は体積が、第１の触媒の重量又は体積より大きい、項目１～１０６のいずれか１つに記載の方法。
【０２３１】

１０８．反応領域が、第２の段階を含み、第２の段階が、第１の触媒及び第２の触媒の混合物を含み、第２の触媒対第１の触媒の重量又は体積比が、約２：１以上、約３：１以上、又は約４：１以上である、項目１～１０７のいずれか１つに記載の方法。

【０２３２】

１０９．反応領域が、第２の段階を含み、第２の段階が、第１の触媒及び第２の触媒の混合物を含み、第２の触媒対第１の触媒の重量又は体積比が、約２：１～約１０：１、約２：１～約５：１、約３：１～約１０：１、又は約３：１～約５：１である、項目１～１０８のいずれか１つに記載の方法。

【０２３３】

１１０．言及される第２の触媒対第１の触媒の比率が、体積比である、項目１０８又は１０９に記載の方法。

【０２３４】

１１１．反応領域が、

（ｉ）第１の触媒及び第２の触媒の混合物を含む第１の段階であって、第１の触媒対第２の触媒の体積比が、約３：１～約５：１である、第１の段階と；

（ｉｉ）第１の触媒及び第２の触媒の混合物を含む第２の段階であって、第２の触媒対第１の触媒の体積比が、約３：１～約５：１である、第２の段階と；

を含む、先行する項目のいずれか１つに記載の方法。

【０２３５】

１１２．

第１の段階における、第１の触媒対第２の触媒の重量比が、約３：１～約１：１であり；

第２の段階における、第２の触媒対第１の触媒の重量比が、約４．５：１～約７．５：１である、項目１１１に記載の方法。

【０２３６】

１１３．反応領域中の第１の触媒対第２の触媒の総量の体積比が、約１：１０～約１０：１、約１：５～約５：１、約１：３～約３：１、又は約１：１である、項目１～１１２のいずれか１つに記載の方法。

【０２３７】

１１４．第１の触媒が、不均一系触媒である、項目１～１１３のいずれか１つに記載の方法。

【０２３８】

１１５．第１の触媒が、触媒担体を含む、項目１～１１４のいずれか１つに記載の方法。

【０２３９】

１１６．第１の触媒の担体が、炭素、アルミナ、シリカ、セリア、チタニア、ジルコニア、ニオビア、ゼオライト、マグネシア、粘土、ニッケル、コバルト、銅、酸化鉄、炭化ケイ素、アルミノケイ酸塩、モンモリロナイト、及びそれらの組合せからなる群から選択される材料を含む、項目１１５に記載の方法。

【０２４０】

１１７．第１の触媒の担体が、炭素、チタニア、ジルコニア、又はそれらの組合せを含む、項目１１５又は１１６に記載の方法。

【０２４１】

１１８．第１の酸化触媒の担体が、グラファイト、カーボンブラック、活性炭、及びそれらの組合せからなる群から選択される少なくとも１つの炭素材料を含む、項目１１５～１１７のいずれか１つに記載の方法。

【０２４２】

１１９．第１の触媒の担体が、カーボンブラックを含む、項目１１５～１１８のいずれか１つに記載の方法。

【０２４３】

１２０．第１の触媒及び／又は第２の触媒が、少なくとも約５m^2／ｇ、少なくとも約１００m^2／ｇ、少なくとも約２００m^2／ｇ、少なくとも約５００m^2／ｇ、少なくとも

約１，０００m^2／ｇ、少なくとも約１，５００m^2／ｇ、又は少なくとも約２，０００m^2／ｇであるＢＥＴ比表面積を有する、項目１～１１９のいずれか１つに記載の方法。

【０２４４】

１２１．第１の触媒及び／又は第２の触媒が、約５m^2／ｇ～約２，５００m^2／ｇ、約５m^2／ｇ～約２，０００m^2／ｇ、約５m^2／ｇ～約１，５００m^2／ｇ、約５m^2／ｇ～約１，０００m^2／ｇ、約５m^2／ｇ～約５００m^2／ｇ、約５m^2／ｇ～約２００m^2／ｇ、約１００m^2／ｇ～約２，５００m^2／ｇ、約１００m^2／ｇ～約２，０００m^2／ｇ、約１００m^2／ｇ～約１，５００m^2／ｇ、約１００m^2／ｇ～約１，０００m^2／ｇ、約１００m^2／ｇ～約５００m^2／ｇ、又は約１００m^2／ｇ～約２００m^2／ｇであるＢＥＴ比表面積を有する、項目１～１１９のいずれか１つに記載の方法。

【０２４５】

１２２．第１の触媒及び／又は第２の触媒が、約１００m^2／ｇ～約２００m^2／ｇであるＢＥＴ比表面積を有する、項目１～１２１のいずれか１つに記載の方法。

【０２４６】

１２３．第１の触媒が、約１０重量％以下、約７．５重量％以下、約５重量％以下、約４重量％以下、約２重量％以下、又は約１重量％以下の白金充填量を有する、項目１～１２２のいずれか１つに記載の方法。

【０２４７】

１２４．第１の触媒が、約０．１重量％以上、約０．２５重量％以上、約０．５重量％以上、約０．７５重量％以上、又は約１重量％以上の白金充填量を有する、項目１～１２３のいずれか１つに記載の方法。

【０２４８】

１２５．第１の触媒が、約０．１重量％～約１０重量％、約０．１重量％～約７．５重量％、約０．１重量％～約５重量％、約０．１重量％～約４重量％、約０．５重量％～約１０重量％、約０．５重量％～約７．５重量％、約０．５重量％～約５重量％、約０．５重量％～約４重量％、約１重量％～約１０重量％、約１重量％～約７．５重量％、約１重量％～約５重量％、約１重量％～約４重量％、又は約１重量％～約３重量％の白金充填量を有する、項目１～１２２のいずれか１つに記載の方法。

【０２４９】

１２６．第１の触媒が、約１重量％～５重量％の白金充填量を有する、先行する項目のいずれか１つに記載の方法。

【０２５０】

１２７．第１の触媒が、約１重量％～４重量％の白金充填量を有する、先行する項目のいずれか１つに記載の方法。

【０２５１】

１２８．第２の触媒が、不均一系触媒である、項目１～１２７のいずれか１つに記載の方法。

【０２５２】

１２９．第２の触媒が、触媒担体を含む、項目１～１２８のいずれか１つに記載の方法。

【０２５３】

１３０．第１の触媒の担体が、第２の触媒の担体と同じではない、項目１２９に記載の方法。

【０２５４】

１３１．第２の触媒の担体が、炭素、アルミナ、シリカ、セリア、チタニア、ジルコニア、ニオビア、ゼオライト、マグネシア、粘土、ニッケル、コバルト、銅、酸化鉄、炭化ケイ素、アルミノケイ酸塩、モンモリロナイト、及びそれらの組合せからなる群から選択される材料を含む、項目１２９又は１３０に記載の方法。

【０２５５】

１３２．第２の触媒の担体が、炭素、アルミナ、シリカ、チタニア、ジルコニア、又はそれらの組合せを含む材料を含む、項目１２９～１３１のいずれか１つに記載の方法。

【０２５６】
１３３．第２の触媒の担体が、グラファイト、カーボンブラック、活性炭及びそれらの組合せからなる群から選択される少なくとも１つの炭素材料を含む、項目１２９～１３２のいずれか１つに記載の方法。
【０２５７】
１３４．第２の触媒の担体が、ジルコニア、ドープジルコニア、ドープジルコニア－金属複合体、ドープジルコニア－金属酸化物複合体、チタニア、ドープチタニア、ドープチタニア－金属複合体、ドープチタニア－金属酸化物複合体、又はそれらの混合物を含む、項目１２９～１３３のいずれか１つに記載の方法。
【０２５８】
１３５．第２の触媒の担体が、チタニアを含む、項目１２９～１３４のいずれか１つに記載の方法。
【０２５９】
１３６．第２の触媒が、約１０重量％以下、約７．５重量％以下、約５重量％以下、約４重量％以下、約２重量％以下、又は約１重量％以下の金充填量を有する、項目１～１３５のいずれか１つに記載の方法。
【０２６０】
１３７．第２の触媒が、約０．１重量％以上、約０．２５重量％以上、約０．５重量％以上、約０．７５重量％以上、又は約１重量％以上の金充填量を有する、項目１～１３６のいずれか１つに記載の方法。
【０２６１】
１３８．第２の触媒が、約０．１重量％～約１０重量％、約０．１重量％～約７．５重量％、約０．１重量％～約５重量％、約０．１重量％～約４重量％、約０．１重量％～約３重量％、約０．１重量％～約２重量％、約０．５重量％～約１０重量％、約０．５重量％～約７．５重量％、約０．５重量％～約５重量％、約０．５重量％～約４重量％、約０．５重量％～約３重量％、約０．５重量％～約２重量％、約１重量％～約１０重量％、約１重量％～約７．５重量％、約１重量％～約５重量％、約１重量％～約４重量％、約１重量％～約３重量％、又は約１重量％～約２重量％の金充填量を有する、項目１～１３５のいずれか１つに記載の方法。
【０２６２】
１３９．第２の触媒が、約０．１重量％～約１０重量％の金充填量を有する、先行する項目のいずれか１つに記載の方法。
【０２６３】
１４０．第２の触媒が、約０．１重量％～約５重量％の金充填量を有する、先行する項目のいずれか１つに記載の方法。
【０２６４】
１４１．第２の触媒が、約０．１重量％～約２重量％の金充填量を有する、先行する項目のいずれか１つに記載の方法。
【０２６５】
１４２．第２の触媒が、約０．５重量％～約２重量％の金充填量を有する、先行する項目のいずれか１つに記載の方法。
【０２６６】
１４３．第２の触媒が、約１．０重量％～約２重量％の金充填量を有する、先行する項目のいずれか１つに記載の方法。
【０２６７】
１４４．方法が、塩基を加えずに行われる、項目１～１４３のいずれか１つに記載の方法。
【０２６８】
１４５．反応混合物のｐＨが、塩基の添加によって制御又は増加されない、項目１～１４４のいずれか１つに記載の方法。

【０２６９】
　１４６．塩基が、反応領域に供給されない、項目１～１４５のいずれか１つに記載の方法。
【０２７０】
　１４７．反応混合物が、塩形成カチオンを含まないか又は実質的に含まない、項目１～１４６のいずれか１つに記載の方法。
【０２７１】
　１４８．２０℃で測定される反応混合物のｐＨが、約７以下、約６．５以下、約６以下、約５以下、約４以下、約３以下、又は約２以下である、項目１～１４７のいずれか１つに記載の方法。
【０２７２】
　１４９．２０℃で測定される反応混合物のｐＨが、約１～約７、約１～約６、約１～約５、約１～約４、約１．５～約７、約１．５～約６、約１．５～約５、約１．５～約４、約２～約７、約２～約６、約２～約５、又は約２～約４である、項目１～１４８のいずれか１つに記載の方法。
【０２７３】
　１５０．反応混合物が、約４以下、約３以下、又は約２以下の、２０℃で測定される最小ｐＨに到達する、項目１～１４９のいずれか１つに記載の方法。
【０２７４】
　１５１．２０℃で測定される反応混合物のｐＨが、約１～約２である、項目１～１５０のいずれか１つに記載の方法。
【０２７５】
　１５２．反応領域が、１つ以上のトリクル床反応器を含む、項目１～１５１のいずれか１つに記載の方法。
【０２７６】
　１５３．反応領域が、１つ以上の固定床反応器を含む、項目１～１５２のいずれか１つに記載の方法。
【０２７７】
　１５４．反応領域の液空間速度（ＬＨＳＶ）が、約０．２h^{-1}以上、約０．５h^{-1}以上、約１h^{-1}以上、約１．５h^{-1}以上、約２h^{-1}以上、約５h^{-1}以上、又は約１０h^{-1}以上である、項目１～１５３のいずれか１つに記載の方法。
【０２７８】
　１５５．反応領域のＬＨＳＶが、約０．２h^{-1}～約５０h^{-1}、約０．５h^{-1}～約５０h^{-1}、約１h^{-1}～約５０h^{-1}、約２h^{-1}～約５０h^{-1}、約５h^{-1}～約５０h^{-1}、約１０h^{-1}～約５０h^{-1}、約０．２h^{-1}～約１０h^{-1}、約０．５h^{-1}～約１０h^{-1}、約１h^{-1}～約１０h^{-1}、約２h^{-1}～約１０h^{-1}、又は約５h^{-1}～約１０h^{-1}である、項目１～１５３のいずれか１つに記載の方法。
【０２７９】
　１５６．反応領域のＬＨＳＶが、約０．２h^{-1}～約５h^{-1}である、先行する項目のいずれか１つに記載の方法。
【０２８０】
　１５７．反応領域のＬＨＳＶが、約０．２h^{-1}～約４h^{-1}である、先行する項目のいずれか１つに記載の方法。
【０２８１】
　１５８．反応領域のＬＨＳＶが、約０．４h^{-1}～約２．５h^{-1}である、先行する項目のいずれか１つに記載の方法。
【０２８２】
　１５９．反応領域のＬＨＳＶが、約０．５h^{-1}～約２h^{-1}である、先行する項目のいずれか１つに記載の方法。
【０２８３】

１６０．反応領域が、約６０℃以上、約７０℃以上、又は約８０℃以上の温度に加熱される、項目１～１５９のいずれか１つに記載の方法。

【０２８４】

１６１．反応領域が、約６０℃～約１５０℃、約７０℃～約１５０℃、約８０℃～約１５０℃、約６０℃～約１２５℃、約７０℃～約１２５℃、約８０℃～約１２５℃、約６０℃～約１００℃、約７０℃～約１００℃、又は約８０℃～約１００℃の温度に加熱される、項目１～１５９のいずれか１つに記載の方法。

【０２８５】

１６２．反応領域が、約７０℃～約１１０℃の温度に加熱される、先行する項目のいずれか１つに記載の方法。

【０２８６】

１６３．反応領域が、約７５℃～約１１０℃の温度に加熱される、先行する項目のいずれか１つに記載の方法。

【０２８７】

１６４．反応領域が、約８０℃～約１１０℃の温度に加熱される、先行する項目のいずれか１つに記載の方法。

【０２８８】

１６５．反応領域が、約８０℃～約１００℃の温度に加熱される、先行する項目のいずれか１つに記載の方法。

【０２８９】

１６６．酸素の分圧が、約２ｐｓｉｇ以上、約２５ｐｓｉｇ以上、約５０ｐｓｉｇ以上、若しくは約１００ｐｓｉｇ以上、又は約２ｐｓｉｇ～約２０００ｐｓｉｇ、約５０ｐｓｉｇ～約２０００ｐｓｉｇ、若しくは約１００ｐｓｉｇ～約２０００ｐｓｉｇの範囲である、項目１～１６５のいずれか１つに記載の方法。

【０２９０】

１６７．酸素の分圧が、約２ｐｓｉｇ～約２０００ｐｓｉｇである、先行する項目のいずれか１つに記載の方法。

【０２９１】

１６８．酸素の分圧が、約５０ｐｓｉｇ～約２０００ｐｓｉｇである、先行する項目のいずれか１つに記載の方法。

【０２９２】

１６９．酸素の分圧が、約７５ｐｓｉｇ～約２５０ｐｓｉｇである、先行する項目のいずれか１つに記載の方法。

【０２９３】

１７０．酸素が、酸素含有ガス状混合物として反応領域に供給される、項目１～１６９のいずれか１つに記載の方法。

【０２９４】

１７１．酸素が、空気、酸素富化空気、少なくとも約４０若しくは５０体積％の酸素を含む混合物、酸素及び窒素を含む混合物（例えば、体積基準で約５０：５０混合物）、又は実質的に純粋な酸素（少なくとも９９体積％の酸素）として反応領域に供給される、項目１～１７０のいずれか１つに記載の方法。

【０２９５】

１７２．酸素が、約０．５体積％以上、約１体積％以上、約５体積％以上、又は約１０体積％以上の酸素濃度を有する混合物として反応領域に供給される、項目１～１６９のいずれか１つに記載の方法。

【０２９６】

１７３．酸素が、約０．５体積％～約２０体積％、約０．５体積％～約１５体積％、約０．５体積％～約１０体積％、約０．５体積％～約５体積％、約１体積％～約２０体積％、約１体積％～約１５体積％、約１体積％～約１０体積％、約１体積％～約５体積％、約５体積％～約２０体積％、約５体積％～約１５体積％、又は約５体積％～約１０体積％の

酸素濃度を有する混合物として反応領域に供給される、項目１～１６９のいずれか１つに記載の方法。

【０２９７】

１７４．酸素が、約５体積％～約２０体積％の酸素濃度を有する混合物として反応領域に供給される、項目１～１７３のいずれか１つに記載の方法。

【０２９８】

１７５．第１の触媒が、触媒活性相を含み、白金が、触媒活性相の約２０重量％以上、約３０重量％以上、約４０重量％以上、約５０重量％以上、約６０重量％以上、約７０重量％以上、約８０重量％以上、約９０重量％以上、約９５重量％以上、又は約９９重量％以上を占める、項目１～１７４のいずれか１つに記載の方法。

【０２９９】

１７６．第１の触媒が、触媒活性相を含み、白金が、触媒活性相の約２０重量％～約９９重量％、約３０重量％～約９９重量％、約４０重量％～約９９重量％、約５０重量％～約９９重量％、約６０重量％～約９９重量％、約７０重量％～約９９重量％、約８０重量％～約９９重量％、約９０重量％～約９９重量％、約９５重量％～約９９重量％、約２０重量％～約９５重量％、約３０重量％～約９５重量％、約４０重量％～約９５重量％、約５０重量％～約９５重量％、約６０重量％～約９５重量％、約７０重量％～約９５重量％、約８０重量％～約９５重量％、約９０重量％～約９５重量％、約２０重量％～約９０重量％、約３０重量％～約９０重量％、約４０重量％～約９０重量％、約５０重量％～約９０重量％、約６０重量％～約９０重量％、約７０重量％～約９０重量％、又は約８０重量％～約９０重量％を占める、項目１～１７５のいずれか１つに記載の方法。

【０３００】

１７７．第２の触媒が、触媒活性相を含み、金が、触媒活性相の約２０重量％以上、約３０重量％以上、約４０重量％以上、約５０重量％以上、約６０重量％以上、約７０重量％以上、約８０重量％以上、約９０重量％以上、約９５重量％以上、又は約９９重量％以上を占める、項目１～１７６のいずれか１つに記載の方法。

【０３０１】

１７８．第２の触媒が、触媒活性相を含み、金が、触媒活性相の約２０重量％～約９９重量％、約３０重量％～約９９重量％、約４０重量％～約９９重量％、約５０重量％～約９９重量％、約６０重量％～約９９重量％、約７０重量％～約９９重量％、約８０重量％～約９９重量％、約９０重量％～約９９重量％、約９５重量％～約９９重量％、約２０重量％～約９５重量％、約３０重量％～約９５重量％、約４０重量％～約９５重量％、約５０重量％～約９５重量％、約６０重量％～約９５重量％、約７０重量％～約９５重量％、約８０重量％～約９５重量％、約９０重量％～約９５重量％、約２０重量％～約９０重量％、約３０重量％～約９０重量％、約４０重量％～約９０重量％、約５０重量％～約９０重量％、約６０重量％～約９０重量％、約７０重量％～約９０重量％、又は約８０重量％～約９０重量％を占める、項目１～１７７のいずれか１つに記載の方法。

【０３０２】

１７９．方法が、電気化学的方法ではない、項目１～１７８のいずれか１つに記載の方法。

【０３０３】

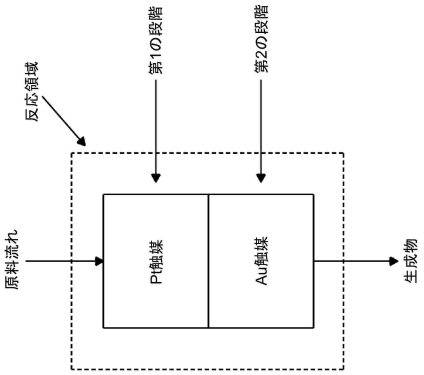
１８０．方法が、電流を反応混合物に印加することを含まない、項目１～１７８のいずれか１つに記載の方法。

【図面】

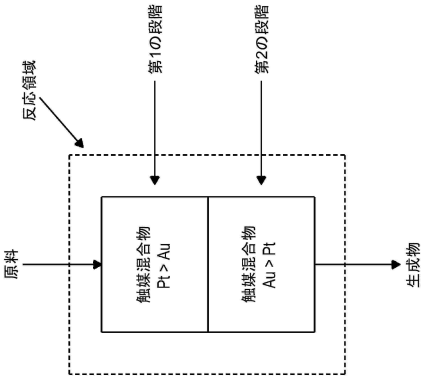
【図１】

C_2～C_7
アルドース
酸素+
酸化触媒
C_2～C_7
アルドン酸
及び/又は
ラクトン
酸素+
Pt触媒
C_2～C_7
ウロン酸
及び/又は
ラクトン
酸素+
Au触媒
C_2～C_7
アルタル酸
及び/又は
ラクトン

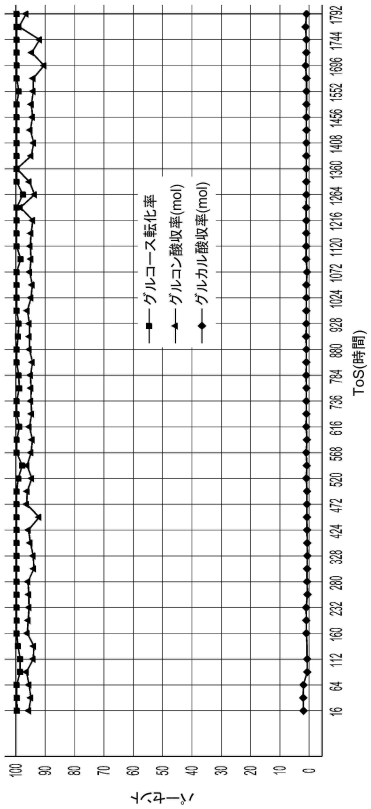
【図２】


反応領域
第1の段階
第2の段階
原料流れ
Pt触媒
Au触媒
生成物

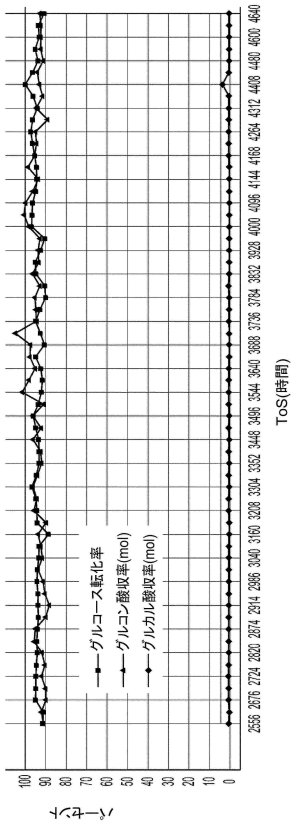
【図３】


反応領域
第1の段階
第2の段階
原料
触媒混合物
Pt > Au
触媒混合物
Au > Pt
生成物

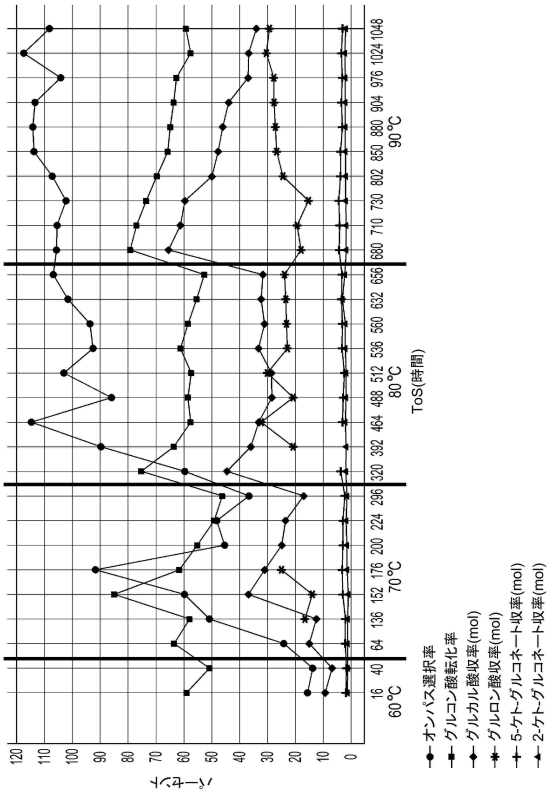
【図４】


グルコース転化率
グルコン酸収率(mol)
グルカル酸収率(mol)
ToS(時間)
パーセント
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
16
64
112
160
232
280
328
424
472
520
568
616
736
784
880
928
1024
1072
1120
1216
1264
1360
1408
1456
1552
1696
1744
1792

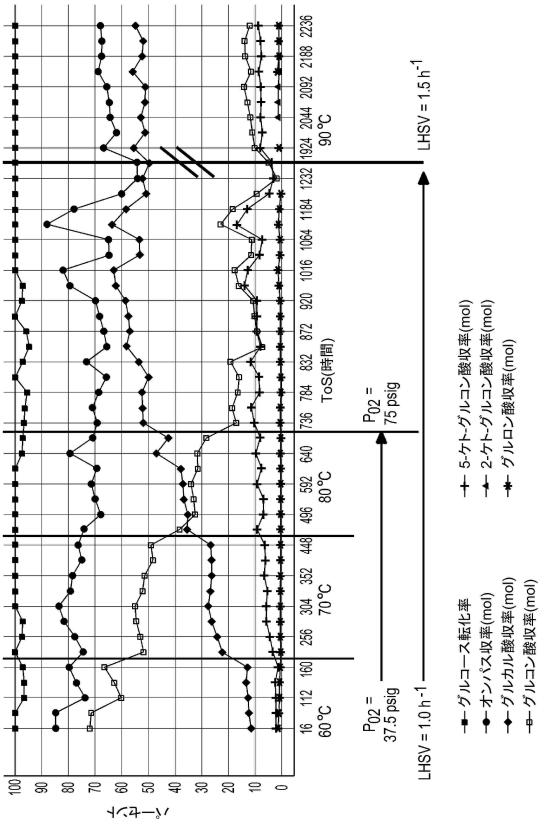
【図５】


パーセント
ToS(時間)
グルコース転化率
グルコン酸収率(mol)
グルカル酸収率(mol)

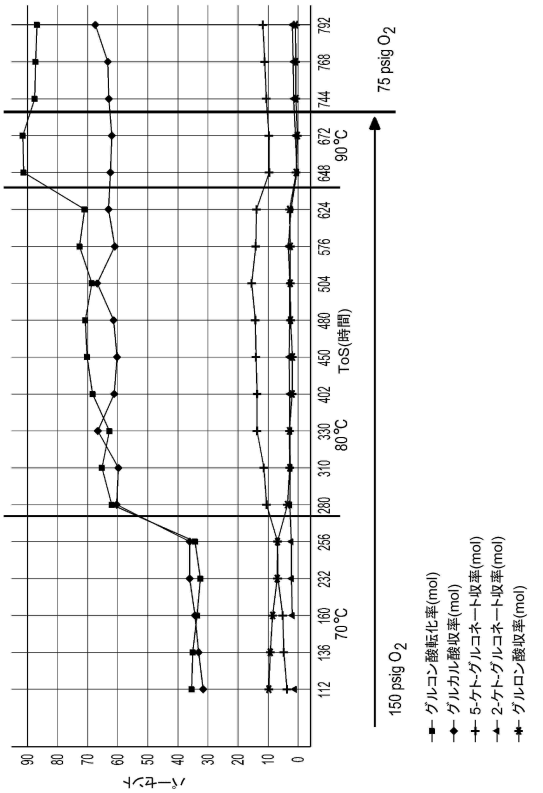
【図６】


パーセント
ToS(時間)
60℃
70℃
80℃
90℃
オンバス選択率
グルコン酸転化率
グルカル酸収率(mol)
グルロン酸収率(mol)
5-ケト-グルコネート収率(mol)
2-ケト-グルコネート収率(mol)

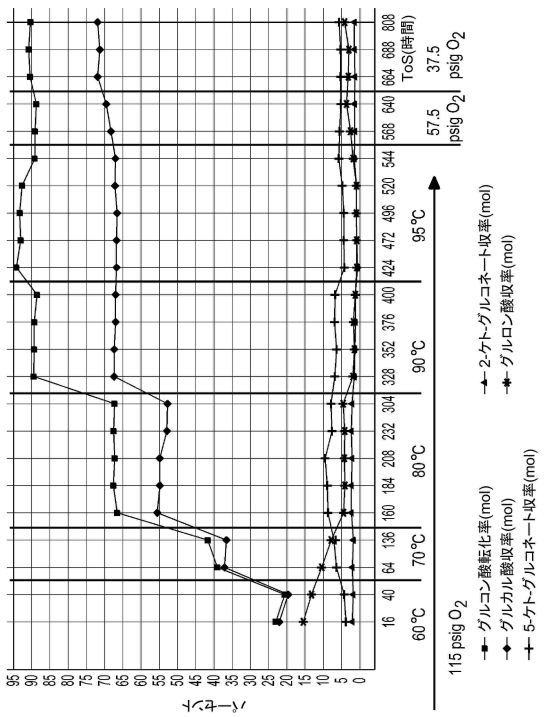
【図７】


パーセント
ToS(時間)
60℃
70℃
80℃
90℃
P_{O2} = 37.5 psig
P_{O2} = 75 psig
LHSV = 1.0 h^{-1}
LHSV = 1.5 h^{-1}
グルコース転化率
オンバス収率(mol)
グルカル酸収率(mol)
グルコン酸収率(mol)
5-ケト-グルコン酸収率(mol)
2-ケト-グルコン酸収率(mol)
グルロン酸収率(mol)

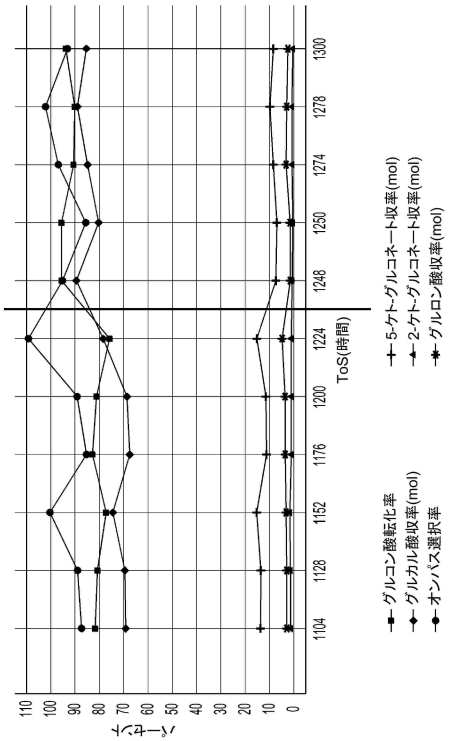
【図８】


パーセント
ToS(時間)
70℃
80℃
90℃
150 psig O_2
75 psig O_2
グルコン酸転化率(mol)
グルカル酸収率(mol)
5-ケト-グルコネート収率(mol)
2-ケト-グルコネート収率(mol)
グルロン酸収率(mol)

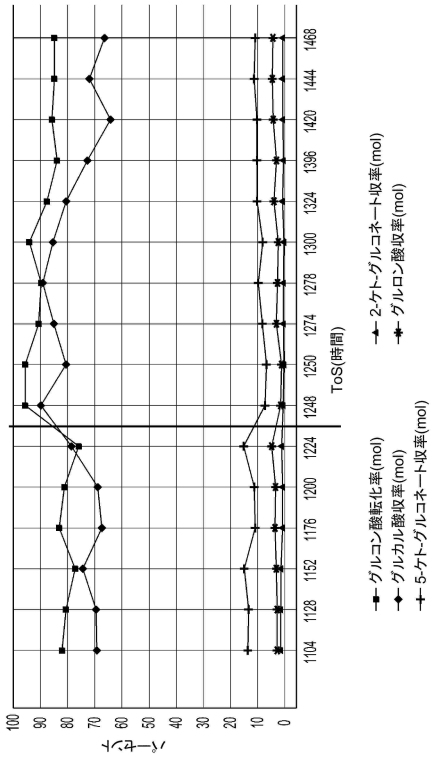
【図９】



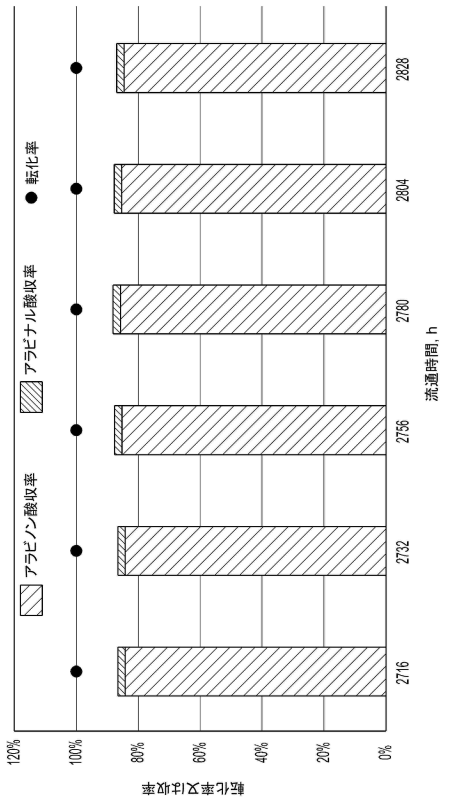
【図１０】



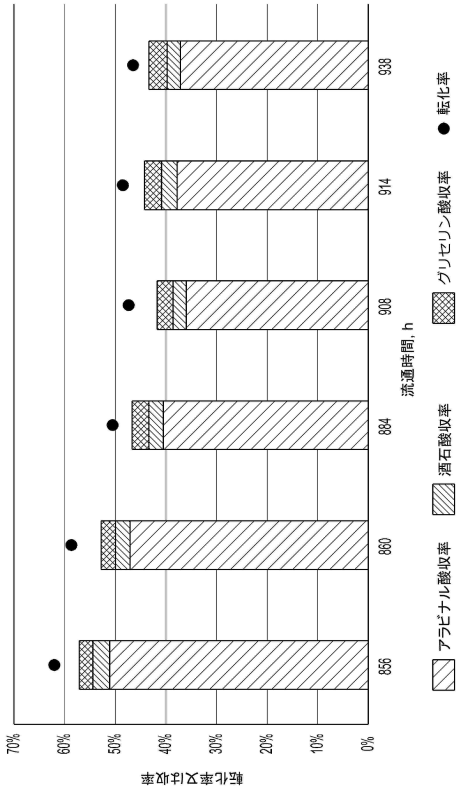
【図１１】



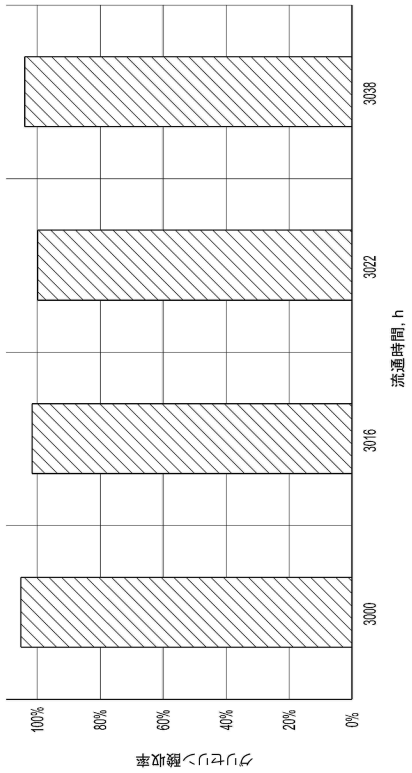
【図１２】



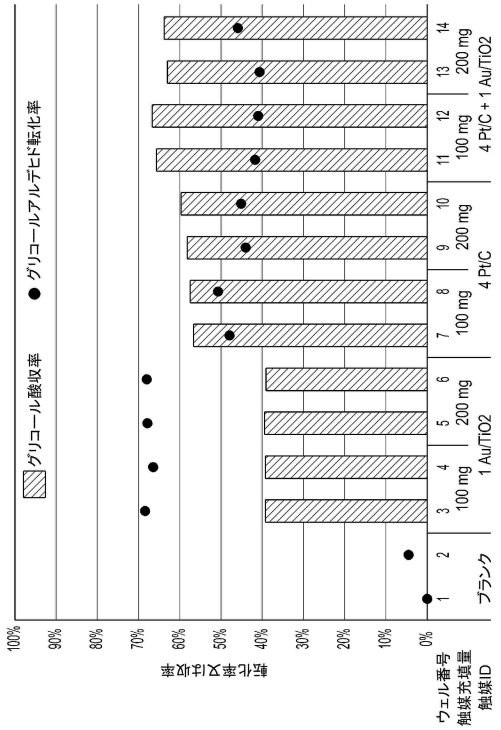
【図１３】


転化率又は収率
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
856
860
884
908
914
938
流通時間, h
アラビナル酸収率
酒石酸収率
グリセリン酸収率
転化率

【図１４】


グリセリン酸収率
100%
80%
60%
40%
20%
0%
3000
3016
3022
3038
流通時間, h

【図１５】


転化率又は収率
100%
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
グリコール酸収率
グリコールアルデヒド転化率
ウェル番号
触媒充填量
触媒ID
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
ブランク
100 mg
200 mg
1 Au/TiO2
4 Pt/C
4 Pt/C + 1 Au/TiO2

フロントページの続き

(51)国際特許分類　　ＦＩ
Ｃ０７Ｂ　61/00　(2006.01)　　Ｃ０７Ｂ　61/00　３００

(33)優先権主張国・地域又は機関
欧州特許庁(EP)

早期審査対象出願

アメリカ合衆国，イリノイ州　６２５２６　ディケーター　フェアリーズ　パークウェイ　４６６６
(72)発明者　ブラジル，ジェームス
アメリカ合衆国，イリノイ州　６０１３７，グレン　エリン，マーストン　アベニュー　７６９
審査官　宮田　透

(56)参考文献　特表２０１３－５３３７９８（ＪＰ，Ａ）
特表２０１７－５３６２２４（ＪＰ，Ａ）
特開２０１６－０４１６７９（ＪＰ，Ａ）
特表２００６－５２５２７２（ＪＰ，Ａ）
Xin Jin et al.，Synergistic Effects of Bimetallic PtPd/TiO2 Nanocatalysts in Oxidation of Glucose to Glucaric Acid:，INDUSTRIAL & ENGINEERING CHEMISTRY RESEARCH，2016年02月23日，Vol.55, No.11，pp.2932-2945，DOI:10.1021/acs.iecr.5b04841

(58)調査した分野　(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｃ０７Ｃ、Ｃ０７Ｄ、Ｃ０７Ｈ、Ｃ０７Ｂ