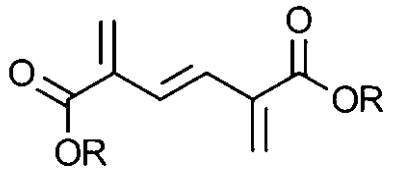
【公報種別】特許法第１７条の２の規定による補正の掲載
【部門区分】第３部門第３区分
【発行日】平成30年4月5日(2018.4.5)

【公表番号】特表2017-538805(P2017-538805A)
【公表日】平成29年12月28日(2017.12.28)
【年通号数】公開・登録公報2017-050
【出願番号】特願2017-522868(P2017-522868)
【国際特許分類】
Ｃ０８Ｆ　36/14　(2006.01)
Ｃ０８Ｇ　63/688　(2006.01)
Ｃ０７Ｃ　309/17　(2006.01)
【ＦＩ】
Ｃ０８Ｆ　36/14
Ｃ０８Ｇ　63/688
Ｃ０７Ｃ　309/17

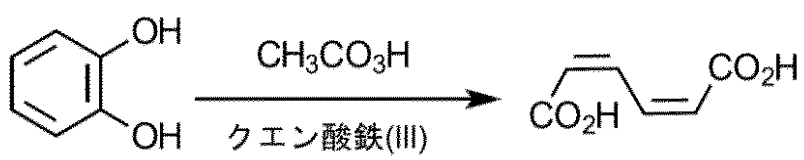
【手続補正書】
【提出日】平成30年2月16日(2018.2.16)
【手続補正１】
【補正対象書類名】特許請求の範囲
【補正対象項目名】全文
【補正方法】変更
【補正の内容】
【特許請求の範囲】
【請求項１】
式(i)
--[RO_2C-C-C=C-C-CO_2R]--　　(i)
で示される繰返し単位を含み、式中、Rの各々が水素、アルキル、アリール、アルキル芳香族または芳香族アルキルであり、
式(i)で示される繰返し単位が、電気化学反応により式(ii)
RO_2C-C=C-C=C-CO_2R　　(ii)
で示される単量体単位からもたらされ、式(ii)で示される単量体単位中のRの各々が水素、アルキル、アリール、アルキル芳香族または芳香族アルキルである、ポリマー。
【請求項２】
繰返し単位がヘキサ-3-エン二酸である、請求項1に記載のポリマー。
【請求項３】
繰返し単位がヘキサ-3-エン二酸エステルである、請求項1に記載のポリマー。
【請求項４】
式RO_2C-C=C-C=C-CO_2Rで示される単量体単位がEZ異性体、EE異性体、ZZ異性体およびZE異性体からなる群より選択される、請求項2に記載のポリマー。
【請求項５】
式RO_2C-C=C-C=C-CO_2Rで示される単量体単位がバイオマス由来の原料から得られる、請求項2に記載のポリマー。
【請求項６】
式RO_2C-C=C-C=C-CO_2Rで示される単量体単位が石油化学由来の原料から得られる、請求項2に記載のポリマー。
【請求項７】
ブタジエン、イソプレン、メタクリル酸、スチレン、エチレン、プロピレン、アクリル酸またはアクリロニトリルからなる群より選択される少なくとも1のモノマーをさらに含

む、請求項1に記載のポリマー。
【請求項８】
式(i)
【化１】



(i)

で示される繰返し単位を含み、式中、Rの各々が水素、アルキル、アリール、アルキル芳香族または芳香族アルキルであり、
式(i)で示される繰返し単位がアルデヒドまたはケトンとの縮合反応により式RO_2C-C-C=C-C-CO_2Rで示される単量体単位からもたらされ、式RO_2C-C-C=C-C-CO_2Rで示される単量体単位中のRの各々が水素、アルキル、アリール、アルキル芳香族または芳香族アルキルである、ポリマー。
【請求項９】
繰返し単位が2,5ジメチレン-3-エン二酸である、請求項8に記載のポリマー。
【請求項１０】
繰返し単位が2,5ジメチレン-3-エン二酸エステルである、請求項8に記載のポリマー。
【請求項１１】
式RO_2C-C-C=C-C-CO_2Rで示される単量体単位がEZ異性体、EE異性体、ZZ異性体およびZE異性体からなる群より選択される、請求項8に記載のポリマー。
【請求項１２】
式RO_2C-C-C=C-C-CO_2Rで示される単量体単位がバイオマス由来の原料から得られる、請求項8に記載のポリマー。
【請求項１３】
式RO_2C-C-C=C-C-CO_2Rで示される単量体単位が石油化学由来の原料から得られる、請求項8に記載のポリマー。
【請求項１４】
ブタジエン、イソプレン、メタクリル酸、スチレン、エチレン、プロピレン、アクリル酸またはアクリロニトリルからなる群より選択される少なくとも1のモノマーをさらに含む、請求項8に記載のポリマー。
【手続補正２】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００５７
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００５７】
実施例1
ペトロ-ムコン酸の合成
【化１】



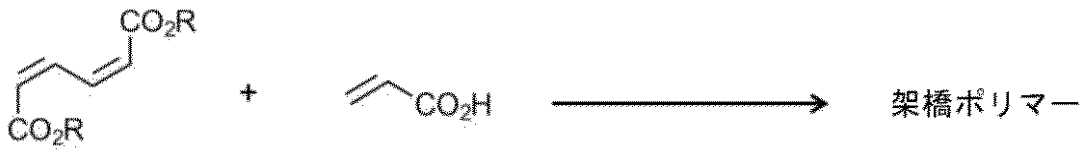
過酢酸をここに記載のように酢酸無水物から製造する。5Lの酢酸無水物を3Lの35％H_2O_2フラスコに滴下し、温度を40℃未満に7時間以上制御した。反応混合物を一晩室温で撹拌し、過酢酸への完全な変換を確実にする。得られた溶液を後の合成にそのまま用いた。12

gのクエン酸鉄(III)を反応混合物に加えた。赤色の均質混合物の形成が完了するまでそれを4時間撹拌した。700gのカテコールを1.5Lの酢酸に溶解させ、反応混合物へ7時間かけて滴下した。反応混合物を30℃から38℃の間に保った。反応混合物をさらに2時間撹拌した。反応物の色が徐々に暗褐色になった。反応混合物を10℃に氷浴下冷却し、冷たくろ過し、酢酸およびアセトンで洗浄し、真空下5時間50℃で乾燥して、180gのムコン酸を微黄色粉末として得る。

【手続補正３】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００５８
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００５８】
実施例2
バイオ-ムコン酸の合成

ムコン酸を生成するように徐々に改変したエシェリヒア・コリ（Escherichia coli）株を、小規模（200ml）微好気性発酵槽において37℃にて、10μg/Lビオチン、1mg/Lナイアシンおよび1mg/Lチアミン塩酸塩を添加した100g/Lグルコースを含む所定の培地を用いて増殖させた。培養フラスコを270RPMで回転振とう機で浸透した。pHを7.0に設定し、必要に応じて2M NH_4OHの添加により制御した。15g/lムコン酸が192時間で生成された。発酵ブロスを遠心分離して、細胞集団を除去した。300ミクロンろ紙でプレろ過を用いて、遠心分離後に残った固体を除去した。10KD限外ろ過を行って、タンパク質およびペプチド等のマクロ分子を除去した。色体および色前駆体NF245をナノろ過によりを除去した。5%活性炭での木炭処理がほとんどの残った色を除去して、澄明溶液を得た。ろ過により木炭を除去した後、澄明溶液を氷浴で10℃に冷却し、硫酸で酸性化して、白色のムコン酸の水中懸濁液を得た。ろ過および乾燥は、純粋なムコン酸を無色粉末として産出した。

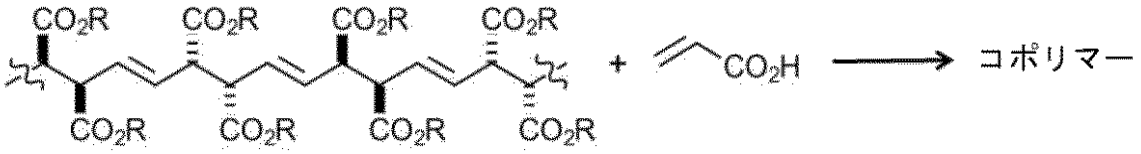
【手続補正４】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００６２
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００６２】
実施例6
ムコン酸架橋ポリマーの合成
【化５】



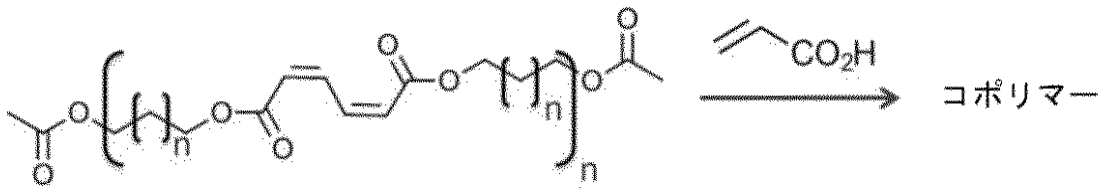
褐色固体ジメチルムコネート（10g）をアクリル酸（30ml）に加える。反応混合物を50℃に30分かけてゆっくり温め、その温度で3時間以上放置する。この時点で均質な褐色反応混合物を得る。少量の過酸化ベンゾイル（5mg）を反応混合物に加える。反応混合物を120℃に温め、その温度で4時間保つ。アクリル酸はこの時点で蒸留を開始した。蒸留したアクリル酸を収集し、反応混合物を180℃に30分かけてさらに加熱し、その温度で3時間以上放置する。得られた混合物は濃い粘性であり、それをアルミニウム箔に注ぎ、室温まで放冷し、固体化させる。褐色固体はムコン酸架橋ポリマーである。

【手続補正５】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００６３
【補正方法】変更

【補正の内容】
【００６３】
実施例7
ムコン酸コポリマーの合成
【化６】

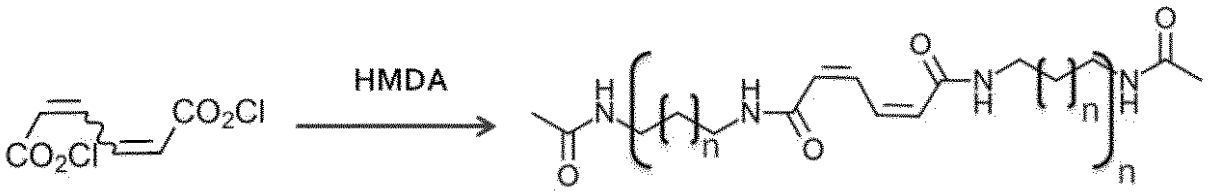


ムコン酸ホモポリマーを実施例5に記載のように生成する。ムコン酸ホモポリマー（10g）にアクリル酸（30ml）を加える。ポリマーを即座に溶解させて、均質な褐色反応混合物を生成する。この反応混合物に触媒量の過酸化ベンゾイル（5mg）を加える。反応混合物を50℃に30分かけて温め、3時間そこに放置する。反応混合物をさらに120℃に30分かけて加熱し、3時間そこに放置する。アクリル酸は、この時点で蒸留を開始している。蒸留したアクリル酸を収集する。蒸留を止めるとき、反応混合物を密閉し、180℃にさらに加熱し、3時間そこに放置する。熱く、濃く、粘性の反応混合物をアルミニウム箔に注ぎ、室温まで放冷し、固体化させる。褐色固体は、ムコン酸コポリマーである。
【手続補正６】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００６７
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００６７】
実施例11
ムコン酸ポリエステルコポリマー
【化１０】

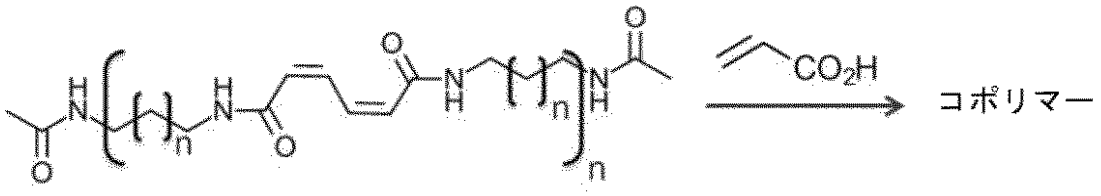


ムコン酸ポリエステルを実施例10に記載のように生成する。ムコン酸ポリエステル（10g）にアクリル酸（30ml）を加える。ポリマーを即座に溶解させて、均質で澄明、無色の反応混合物を生成する。この反応混合物に触媒量の過酸化ベンゾイル（5mg）を加える。反応混合物を50℃に30分かけて温め、3時間そこに放置する。反応混合物をさらに120℃に30分かけて加熱し、3時間そこに放置する。アクリル酸は、この時点で蒸留を開始している。蒸留したアクリル酸を収集する。蒸留を止めるとき、反応混合物を密閉し、230℃にさらに加熱し、3時間そこに放置する。熱く、濃く、粘性の反応混合物をアルミニウム箔に注ぎ、室温まで放冷し、固体化させる。褐色固体は、ムコン酸ポリエステルコポリマーである。
【手続補正７】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００６８
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００６８】
実施例12

ムコン酸ポリアミド
【化１１】

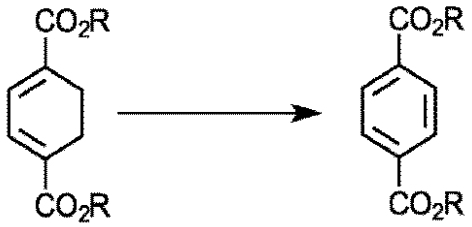


塩化ムコニルを実施例4に記載のように生成する。塩化ムコニル（10g）の50mlのシクロヘキサン中溶液を250mlビーカーに調製する。5％HMDAの5％NaOH中の水溶液50mlを調製し、撹拌せずにビーカーの側面を通してゆっくり加える。水相のpHを連続的にチェックし、酸性過ぎる場合、少量のNaOHを加える。フィルム様ポリマーが有機相と水相との間に形成される。銅線の端部をホック形状に曲げ、界面に形成されたフィルムを引っ張るために用いる。ゆっくり一様の動きが用いられ、長さが数メートルのムコン酸ポリアミドのロープが作成される。収集したアミドを水で洗浄し、ペーパータオル上で乾燥し、秤量して、14gのムコン酸ポリアミドを生成する。
【手続補正８】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００６９
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００６９】
実施例13
ムコン酸ポリアミドコポリマー
【化１２】



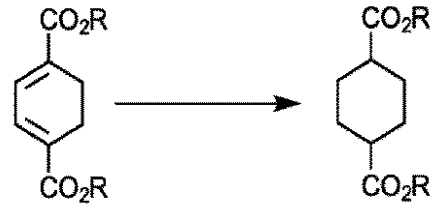
ムコン酸ポリアミドを実施例12に記載のように生成する。ムコン酸ポリアミド（10g）にアクリル酸（30ml）を加える。ポリマーを即座に溶解させて、均質で澄明、無色の反応混合物を生成する。この反応混合物に触媒量の過酸化ベンゾイル（5mg）を加える。反応混合物を50℃に30分かけて温め、そこに3時間放置する。反応混合物をさらに120℃に30分かけて加熱し、そこに3時間放置する。アクリル酸は、この時点で蒸留を開始している。蒸留したアクリル酸を収集する。蒸留を止めるとき、反応混合物を密閉し、230℃にさらに加熱し、そこに3時間放置する。熱く、濃く、粘性の反応混合物をアルミニウム箔に注ぎ、室温まで放冷し、固体化させる。褐色固体は、ムコン酸ポリアミドコポリマーである。
【手続補正９】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００７３
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００７３】
実施例17
ジヒドロテレフタル酸の酸化

【化１６】



上記実施例16で生成される環化反応生成物を60mlのTHFに溶解させる。触媒量の10％Rh/C（10mg）を反応物に加える。反応混合物を高圧水素化リアクターに移し、高圧下120℃まで加熱する。反応混合物を1時間毎に生成物形成について分析する。反応を6時間後120℃にて完了する。反応混合物を、Rh/Cを除去するためにろ過し、THFを除去するために蒸発させて、テレフタル酸エステルを厚いペースとして生成する。

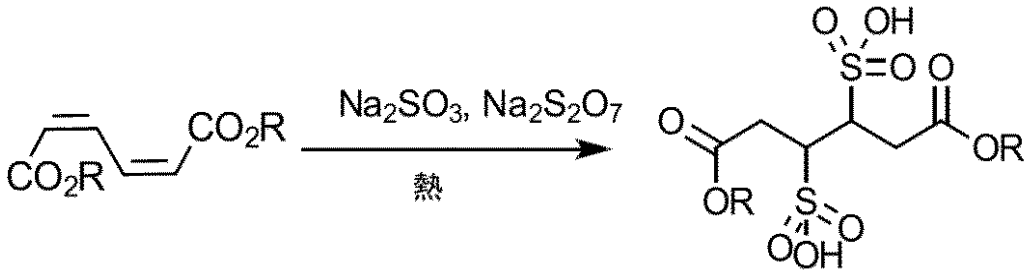
【手続補正１０】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００７４
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００７４】
実施例18
水素化反応
【化１７】



上記実施例16で生成される環化反応生成物を60mlのTHFに溶解させる。触媒量の5％Pd/C（20mg）を反応混合物に加える。反応混合物を高圧水素化リアクターに移す。反応混合物を水素ガスで20psi水素圧力まで真空置換する。反応混合物を80℃まで加熱し、その温度で1時間放置する。反応を1時間後80℃にて完了する。反応混合物を、Pd/Cを除去するためにろ過し、THFを除去するために蒸発させて、シクロヘキサンジカルボン酸エステルを厚いペースとして生成する。

【手続補正１１】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００７５
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００７５】
実施例19
3,4-ジスルホヘキサン二酸の合成

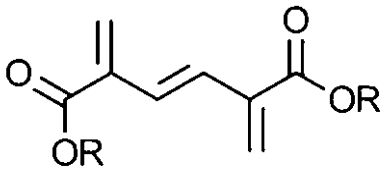
【化１８】



10gのムコン酸の60mlの蒸留水中懸濁液に24gの亜硫酸ナトリウムおよび6gのチオ硫酸ナトリウムを加える。懸濁液を直ぐに溶解させ、澄明溶液を形成する。均質溶液を80℃に加熱し、その温度で36時間以上放置する。反応混合物を出発物質の消費についてHPLCにより分析した。完全な消費は30時間で観察される。反応混合物を濃縮乾固し、エタノールに溶解させ、濃縮HCl加えた。沈殿したNaCl塩をろ別し、エタノール/水混合物を蒸発乾固して、純粋な3,4-ジスルホヘキサン二酸を得る。得られた生成物を直接後の重合反応に用いる。

【手続補正１２】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００７７
【補正方法】変更
【補正の内容】
【００７７】
本発明は、以下の態様および実施態様を含む。
［１］
式(i)
--[RO_2C-C-C=C-C-CO_2R]-- (i)
で示される繰返し単位を含み、式中、Rの各々が水素、アルキル、アリール、アルキル芳香族または芳香族アルキルである、ポリマー。
［２］
式(i)で示される繰返し単位が、電気化学反応により式(ii)
RO_2C-C=C-C=C-CO_2R (ii)
で示される単量体単位からもたらされ、式(ii)で示される単量体単位中のRの各々が水素、アルキル、アリール、アルキル芳香族または芳香族アルキルである、［1］に記載のポリマー。
［３］
繰返し単位がヘキサ-3-エン二酸である、［1］に記載のポリマー。
［４］
繰返し単位がヘキサ-3-エン二酸エステルである、［1］に記載のポリマー。
［５］
式RO_2C-C=C-C=C-CO_2Rで示される単量体単位がEZ異性体、EE異性体、ZZ異性体およびZE異性体からなる群より選択される、［3］に記載のポリマー。
［６］
式RO_2C-C=C-C=C-CO_2Rで示される単量体単位がバイオマス由来の原料から得られる、［3］に記載のポリマー。
［７］
式RO_2C-C=C-C=C-CO_2Rで示される単量体単位が石油化学由来の原料から得られる、［3］に記載のポリマー。
［８］
ブタジエン、イソプレン、メタクリル酸、スチレン、エチレン、プロピレン、アクリル酸またはアクリロニトリルからなる群より選択される少なくとも1のモノマーをさらに含

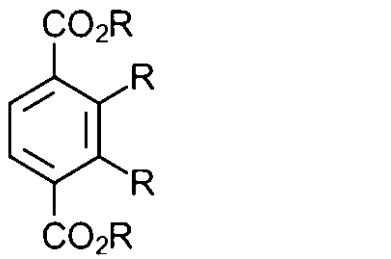
む、［1］に記載のポリマー。
［９］
式(i)
【化２０】



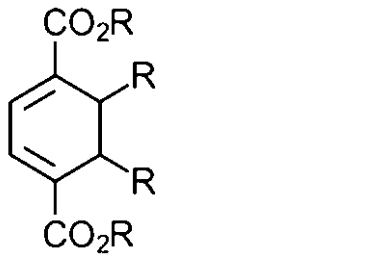
(i)

で示される繰返し単位を含み、式中、Rの各々が水素、アルキル、アリール、アルキル芳香族または芳香族アルキルである、ポリマー。
［１０］
式(i)で示される繰返し単位がアルデヒドまたはケトンとの縮合反応により式RO_2C-C-C=C-C-CO_2Rで示される単量体単位からもたらされ、式RO_2C-C-C=C-C-CO_2Rで示される単量体単位中のRの各々が水素、アルキル、アリール、アルキル芳香族または芳香族アルキルである、［9］に記載のポリマー。
［１１］
繰返し単位が2,5ジメチレン-3-エン二酸である、［9］に記載のポリマー。
［１２］
繰返し単位が2,5ジメチレン-3-エン二酸エステルである、［9］に記載のポリマー。
［１３］
式RO_2C-C-C=C-C-CO_2Rで示される単量体単位がEZ異性体、EE異性体、ZZ異性体およびZE異性体からなる群より選択される、［10］に記載のポリマー。
［１４］
式RO_2C-C-C=C-C-CO_2Rで示される単量体単位がバイオマス由来の原料から得られる、［10］に記載のポリマー。
［１５］
式RO_2C-C-C=C-C-CO_2Rで示される単量体単位が石油化学由来の原料から得られる、［3］に記載のポリマー。
［１６］
ブタジエン、イソプレン、メタクリル酸、スチレン、エチレン、プロピレン、アクリル酸またはアクリロニトリルからなる群より選択される少なくとも1のモノマーをさらに含む、［9］に記載のポリマー。
［１７］
式(i)で示される分子が式(ii)で示される分子の酸化に由来し、式(ii)で示される分子が式(iii)で示される分子の環化に由来し、式(iii)で示される分子がホルムアルデヒドの式(iv)で示される分子との縮合に由来し、式中、Rの各々が水素、アルキル、アリール、アルキル芳香族または芳香族アルキルである、式(i)で示される分子。

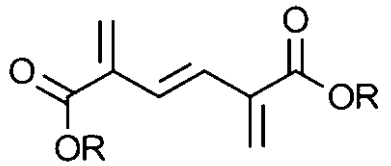
【化２１】



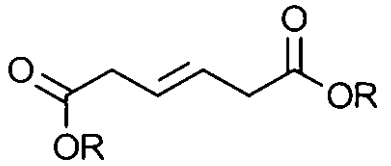
(i)



(ii)



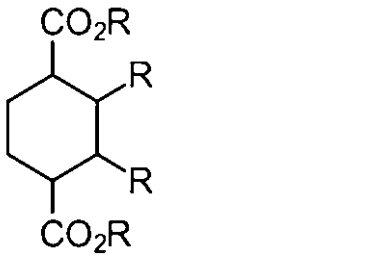
(iii)

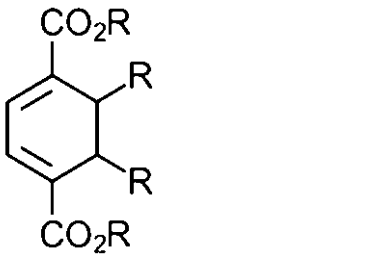


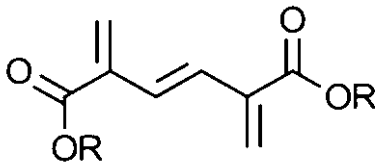
(iv)

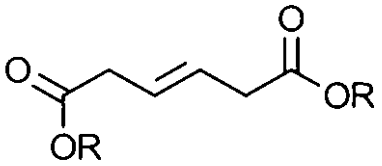
［１８］
式(i)で示される分子がテレフタル酸である、［17］に記載の式(i)で示される分子。
［１９］
テレフタル酸がバイオマス由来の原料から得られる、［18］に記載のテレフタル酸。
［２０］
テレフタル酸が石油化学由来の原料から得られる、［18］に記載のテレフタル酸。
［２１］
式(i)で示される分子が式(ii)で示される分子の水素化に由来し、該式で示される分子が式(iii)で示される分子の環化に由来し、式(iii)で示される分子がホルムアルデヒドの式(iv)で示される分子との縮合に由来し、式中、Rの各々が水素、アルキル、アリール、アルキル芳香族または芳香族アルキルである、式(i)で示される分子。

【化２２】


(i)

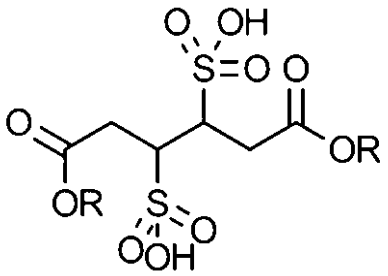

(ii)


(iii)


(iv)

［２２］
分子がシクロヘキサンジカルボン酸エステルである、［21］に記載の式(A)で示される分子。
［２３］
分子がシクロヘキサンジカルボン酸である、［21］に記載の式(A)で示される分子。
［２４］
シクロヘキサンジカルボン酸がバイオマス由来の原料から得られる、［22］に記載のシクロヘキサンジカルボン酸。
［２５］
シクロヘキサンジカルボン酸が石油化学由来の原料から得られる、［22］に記載のシクロヘキサンジカルボン酸。
［２６］
［22］に記載のシクロヘキサンジカルボン酸を水素化してシクロヘキサンジメタノールを得る工程を含む、シクロヘキサンジメタノールの製造方法。
［２７］
［18］に記載のテレフタル酸を水素化してシクロヘキサンジメタノールを得る工程を含む、シクロヘキサンジメタノールの製造方法。
［２８］
式(i)

【化２３】



(i)

で示される繰返し単位を含み、式中、Rの各々が水素、アルキル、アリール、アルキル芳香族または芳香族アルキルである、ポリマー。

［２９］

繰返し単位がEZ異性体、EE異性体、ZZ異性体およびZE異性体からなる群より選択される、［28］に記載のポリマー。

［３０］

繰返し単位が3,4-ジスルホヘキサン二酸または3,4-ジスルホヘキサン二酸の誘導体である、［28］に記載のポリマー。

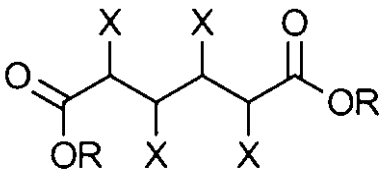
［３１］

3,4-ジスルホヘキサン二酸の誘導体が3,4-ジスルホヘキサン二酸の脂肪族エステル、3,4-ジスルホヘキサン二酸の芳香族エステル、3,4-ジスルホヘキサン二酸のアルキル芳香族エステル、および3,4-ジスルホヘキサン二酸の芳香族アルキルエステルからなる群より選択される、［22］に記載のポリマー。

［３２］

式(i)

【化２４】



(i)

で示される繰返し単位を含み、式中、Rの各々が水素、アルキル、アリール、アルキル芳香族または芳香族アルキルであり、Xが塩素、臭素、フッ素およびヨウ素からなる群より選択されハロゲンである、ポリマー。

［３３］

式(i)で示される繰返し単位がEZ異性体、EE異性体、ZZ異性体およびZE異性体からなる群より選択される、［32］に記載のポリマー。

［３４］

繰返し単位が2,3,4,5-テトラハロヘキサン二酸または2,3,4,5-テトラハロヘキサン二酸の誘導体である、［25］に記載のポリマー。

［３５］

2,3,4,5-テトラハロヘキサン二酸の誘導体が2,3,4,5-テトラハロヘキサン二酸の脂肪族エステル、2,3,4,5-テトラハロヘキサン二酸の芳香族エステル、2,3,4,5-テトラハロヘキサン二酸のアルキル芳香族エステル、および2,3,4,5-テトラハロヘキサン二酸の芳香族アルキルエステルからなる群より選択される、［34］に記載のポリマー。

［３６］

(a)cis-cisムコン酸をラクトン化してムコノビス-ラクトンを生成する工程；および

(b)ムコノビス-ラクトンを重合触媒と接触させて重合反応を開始する工程
を含む、ムコン酸ポリマーの合成方法。
［３７］
重合反応触媒がアニオン開始剤またはカチオン開始剤である、［36］に記載のムコン酸ポリマーの合成方法。
［３８］
重合反応が開環重合である、［36］に記載のムコン酸ポリマーの合成方法。
（参考文献）
すべての参考文献を読む者の便宜のために記載する。各参考文献は、出典明示によりその全体として本明細書の一部とする。
米国特許第3,429,949号
米国特許第3,497,479号
米国特許第3,562,209号
米国特許第3,615,434号
米国特許第3,671,572号
米国特許第3,919,142号
米国特許第3,914,195号
米国特許第4,031,136号
米国特許第4,393,196号
米国特許第4,401,795号
米国特許第4,461,887号
米国特許第4,480,034号
米国特許第4,535,059号
米国特許第4,588,688号
米国特許第4,608,338号
米国特許第4,661,588号
米国特許第4,681,852号
米国特許第4,753,883号
米国特許第4,833,078号
米国特許第4,968,612号
米国特許第5,168,056号
米国特許第5,272,073号
米国特許第5,487,987号
米国特許第5,616,496号
米国特許第6,600,077号
米国特許第6,180,373号
米国特許第6,210,937号
米国特許第6,472,169号
米国特許第6,613,552号
米国特許第6,962,794号
米国特許第7,244,593号
米国特許第7,388,064号
米国特許第7,638,312号
米国特許第7,790,431号
米国特許第7,880,030号
米国特許第8,367,858号
米国特許第8,367,859号
米国特許第8,415,496号
米国特許第8,426,639号
米国特許第8,742,060号

米国特許第8,809,583号
米国特許第8,829,237号
米国特許第8,895,779号
米国特許第8.946,472号
米国特許出願公開第2009/0191610号
米国特許出願公開第2010/0314243号A
米国特許出願公開第2011/0288263号A1
米国特許出願公開第2013/0085255号A1
米国特許出願公開第2013/0085747号A1
米国特許出願公開第2014/0171614号A1
米国特許出願公開第2015/0225329号A1
米国特許出願公開第2014/0171614号A1
米国特許出願公開第2014/0228595号A1
米国特許出願公開第20140302573号A1
米国特許出願公開第2015/0203880号
欧州特許出願第86300748.0号
国際公開第90/10654号
国際公開第2011/017560号
国際公開第2011/085311号
国際公開第2011/123154号
国際公開第2013/085747号
国際公開第2013/109865号
国際公開第2013/116244号
国際公開第2014/047407号
国際公開第2014/102280号
国際公開第2015/069847号
国際公開第2015/086827号
Averesch, N. J. H. and Kromer, J. O. (2014) Tailoring strain construction strategies for muconic acid production in S. cerevisiae and E. coli. Metabol. Engineer. Comm. 1, 19-28.
Chiba, T., Okimoto, M., Nagai, H. and Takata, Y. (1983) Electrocatalytic reduction using raney nickel. Bull. Chem. Soc. Jpn. 56, 719-723.
Choi, W. J., Lee, E. Y., Cho, M. H., and Choi, C. Y. (1997) Enhanced production of cis, cis-muconate in a cell-recycle bioreactor. J. Fermentation and Bioengineering. 84, 70-76.
Curran, K. A., Leavitt, J. M., Karim, A. S. and Alper, H. S. (2012) Metabolic engineering of muconic acid production in Saccharomyces cerevisiae. Metabol. Engineer. 15, 55-66.
Kaneko, A., Ishii, Y., and Kirimura, K. (2011) High-yield production of cis, cis-muconic acid from catechol in aqueous solution by biocatalyst. Chem. Lett. 40, 381-383.
Matsumoto, A. (2003) Polymer structure control based on crystal engineering for materials design. Polymer J. 35, 93-121.
Matsumoto, A., Fujioka, D. and Kunisue, T. (2003) Organic intercalation of unsaturated amiines into layeres polymer crystals and solid-state photoreactivity of the guest molecules in constrained interlayers. Polymer J. 35, 652-661.
Mizuno, S., Yoshikawa, N., Seki, M., Mikawa, T., and Imada, Y. (1988) Microbial production of cis, cis- muconic acid from benzoic acid. Appl Microbiol Biotechnol. 28, 20-25.
Niu, W., Draths, K. M., and Frost, J. W. (2002) Benzene-free synthesis of adipic

acid, Biotechnol Prog 18, 201-211.
Odani, T. and Matsumoto, A. (2002) Solvent-free synthesis of layered polymer crystals. Polymer J. 34, 841-846.
Perez-Pantoja, D., De la Iglesia, R., Pieper, D. H., and Gonzalez, B. (2008) Metabolic reconstruction of aromatic compounds degradation from the genome of the amazing pollutant-degrading bacterium Cupriavidus necator JMP134, FEMS Microbiol Rev 32, 736-794.
Perez-Pantoja, D., Donoso, R., Agullo, L., Cordova, M., Seeger, M., Pieper, D. H., and Gonzalez, B. (2011) Genomic analysis of the potential for aromatic compounds biodegradation in Burkholderiales, Environ Microbiol.
Sun, X., Lin, Y., Huang, Q., Yuan, Q. and Yan, Y. (2013) A novel muconic acid biosynthesis approach by shunting tryptophan biosynthesis via anthranilate. App. Environ. Micorbiol. 79, 4024-4030.
Weber, C., Bruckner, C., Weinreb, S., Lehr, C., Essl, C. and Bole, E. (2012) Biosynthesis of cis, cis-muconic acid and its aromatic precursors catechol and protocatechuic acid, from renewable feedstocks by Saccharomyces cerevisiae, App Environ Microbiol. 78, 8421-8430.
Xie, N-Z., Lilang, H., Huang, R-B. and Xu, P. (2014) Biotechnological produciton of muconic acid: current status and future prospepcts. Biotech. Adv. 32, 615-622.
Yoshikawa, N., Mizuno, S., Ohta, K., and Suzuki, M. (1990) Microbial production of cis, cis-muconic acid. J. Biotechnol. 14, 203-210.
Zhang, H., Li, Z., Pereira, B. and Stephanopoulos (2015) Engineering E. coli-E.coli cocultures for producitn of muconic acid from glycerol. Microb. Cell Fact. 14, 134- 143.
Zhang, H., Pereira, B., Li, Z. and Stephanopoulos (2015) Engineering Excherichia coli coculture system for the production of biochemical products. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 112, 8266-8271.