

(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2006-328374

(P2006-328374A)

(43) 公開日 平成18年12月7日(2006.12.7)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
CO8G 63/78 (2006.01)	CO8G 63/78 ZNA	4B024
C12P 7/62 (2006.01)	C12P 7/62	4B064
C12N 15/09 (2006.01)	C12N 15/00 A	4J029
C12P 7/46 (2006.01)	C12P 7/46	

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 32 頁)

(21) 出願番号	特願2006-121713 (P2006-121713)	(71) 出願人	000005968 三菱化学株式会社 東京都港区芝4丁目14番1号
(22) 出願日	平成18年4月26日 (2006.4.26)	(74) 代理人	100103997 弁理士 長谷川 暁司
(31) 優先権主張番号	特願2005-127750 (P2005-127750)	(72) 発明者	青島 敬之 三重県四日市市東邦町1番地 株式会社三菱化学科学技術研究センター内
(32) 優先日	平成17年4月26日 (2005.4.26)	(72) 発明者	三木 康彰 神奈川県横浜市青葉区鴨志田町1000番地 株式会社三菱化学科学技術研究センター内
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(72) 発明者	熊沢 勝久 三重県四日市市東邦町1番地 株式会社三菱化学科学技術研究センター内 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ポリエステルの製造方法

(57) 【要約】

【課題】

バイオマス資源から誘導されたジカルボン酸及びノまたはジオールをポリエステル原料として用いる場合において、経済的且つ効率的にバイオマス資源由来のポリエステルを製造する方法を提供する。

【解決手段】

ジカルボン酸とジオールとの反応によりポリエステルを製造する方法において、ジカルボン酸及びノ又はジオールがバイオマス資源から得られたものであり、重合反応時の最低撹拌速度を10rpm以下とすることを特徴とする。

【選択図】 なし

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ジカルボン酸とジオールとの反応によりポリエステルを製造する方法において、ジカルボン酸及び/又はジオールがバイオマス資源から得られたものであって、重合反応を行う際に、反応装置における攪拌翼の最低攪拌速度を10rpm以下に制御しながら反応を行うことを特徴とするポリエステルの製造方法。

【請求項 2】

バイオマス資源が植物資源であることを特徴とする請求項 1 に記載のポリエステルの製造方法。

【請求項 3】

ポリエステルの還元粘度が1.4以上のポリエステルであることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のポリエステルの製造方法。

【請求項 4】

ポリエステルが、3官能以上の多価アルコール、3官能以上の多価カルボン酸および3官能以上のオキシカルボン酸からなる群から選ばれる少なくとも1種の3官能以上の多官能化合物単位を含有することを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか1項に記載のポリエステルの製造方法。

【請求項 5】

3官能以上の多官能化合物単位の含有量が、ポリエステルを構成する全単量体単位100モル%に対して、0.0001モル%以上0.5モル%以下であることを特徴とする請求項 4 に記載のポリエステルの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ポリエステルの製造方法に関する。詳しくは、原料としてバイオマス資源から誘導されたジカルボン酸及び/又はジオールを用いたポリエステルの製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

芳香族ポリエステル、脂肪族ポリエステル、全芳香族ポリエステル、半芳香族ポリエステル、ポリ炭酸エステル等のポリエステルは、現在、化石燃料資源由来の原料を重縮合することにより製造される代表的なポリマーの一つであるが、近年の化石燃料資源枯渇への危惧や大気中の二酸化炭素増加という地球規模での環境問題の背景から、バイオマス資源からこれらのポリマーの原料を誘導する手法に注目が注がれている。これらの手法は、この資源が再生可能な資源である為、カーボンニュートラルの観点から今後特に重要なプロセスになると予想されている。

【0003】

これまでに、発酵法を利用したバイオマス資源由来のグルコース、ブドウ糖、セルロース、油脂などからコハク酸、アジピン酸などのジカルボン酸を製造する技術が開発されてきた。(特許文献1、非特許文献1、2参照)。

しかしながら、これらのプロセスは、発酵により一旦ジカルボン酸を有機酸塩として得た後に中和、抽出、晶析等の工程を経て目的とするジカルボン酸を製造するプロセスである為、ジカルボン酸中には、バイオマス資源に含まれる窒素元素の他、発酵菌由来の窒素元素やアンモニアならびに金属カチオン等の多くの不純物が混入する特徴がある。

【0004】

また、バイオマス資源由来のジオールの成分である1,4-ブタンジオール、1,3-プロパンジオール、エチレングリコールなどは、直接バイオマス資源由来の原料から発酵法により得る方法と、相当するジカルボン酸を上記のような手法で発酵法により製造した後、これを還元触媒により水添して得る方法がある(特許文献3参照)。

【特許文献 1】特開 2005 - 27533 号公報

10

20

30

40

50

【非特許文献1】Appl. Microbiol Biotechnol No. 51 (1999) 545-552

【非特許文献2】Journal of the American Chemical Society No. 116 (1994) 399-400

【非特許文献3】Biotechnology and Bioengineering Symp. No. 17 (1986) 355-363

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上述したような不純物を多く含有するバイオマス資源由来のジカルボン酸やジオールは、通常、更に精製処理により不純物量を低減させた上で用いられるが、本発明者らは、そのような精製処理を経たジカルボン酸やジオールにおいても、なおバイオマス資源に含まれる窒素元素の他、微生物や酵素由来の窒素元素や精製工程で使用されるアンモニア等の窒素元素、無機酸や有機酸、金属カチオン等が含まれる為、このようなバイオマス資源由来のジカルボン酸成分及び/又はジオール成分を原料として用いると、ポリエステル熱安定性が低下して製造時の分解が顕著となり、ポリエステルの粘度が上昇しないという問題があった。

【0006】

そこで、本発明は、バイオマス資源由来のジカルボン酸成分及び/又はジオール成分を原料として用いる場合において、経済的且つ効率的にてポリエステルの製造する方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明者らは、上記の課題を解決すべく鋭意研究を行った結果、上述のような不純物が多く含まれるバイオマス資源由来のジカルボン酸成分及び/又はジオール成分を原料として用いた場合の生成ポリエステルは熱安定性に乏しい為、重合反応時の攪拌速度を高くするとせん断発熱によりポリマーの熱分解が著しくなり、製造時の粘度低下が引き起こされる知見を得た。そこで、重合反応時の攪拌速度を特定数値以下に制御することでせん断発熱を抑制されると、容易に高粘度のバイオマス資源由来のポリエステルの製造を見出し、本発明を完成するに至った。

【0008】

即ち本発明の第1の要旨は、ジカルボン酸とジオールとの反応によりポリエステルの製造する方法において、ジカルボン酸及び/又はジオールがバイオマス資源から得られたものであって、重合反応を行う際に、反応装置における攪拌翼の最低攪拌速度を10rpm以下に制御しながら反応を行うことを特徴とするポリエステルの製造方法に存する。

【発明の効果】

【0009】

本発明の製造方法によれば、バイオマス資源由来のジカルボン酸及び/又はジオールをポリエステルの原料として用いる場合において、最低攪拌速度を制御することにより容易に高粘度のポリエステルの製造することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

以下、本発明につき詳細に説明する。

<ポリエステル>

本発明の対象とするポリエステルは、ジカルボン酸単位およびジオール単位を必須成分とする。なお、本発明においてジカルボン酸単位およびジオール単位を構成するジカルボン酸及びジオールは、少なくともいずれかがバイオマス資源から誘導されたものである。

これらバイオマス資源から誘導されたポリエステルでは、脂肪族ジカルボン酸単位及び脂肪族ジオール単位から構成される脂肪族ポリエステルが好ましい。

【0011】

10

20

30

40

50

(1) ジカルボン酸単位

ジカルボン酸単位を構成するジカルボン酸としては、芳香族ジカルボン酸、脂肪族ジカルボン酸或いはこれらの混合物が挙げられる。芳香族ジカルボン酸としては、テレフタル酸及びイソフタル酸等が挙げられ、芳香族ジカルボン酸の誘導体としては、芳香族ジカルボン酸の低級アルキルエステル、具体的には、メチルエステル、エチルエステル、プロピルエステル及びブチルエステル等が挙げられる。この内、芳香族ジカルボン酸としては、テレフタル酸が好ましく、芳香族ジカルボン酸の誘導体としては、ジメチルテレフタレートが好ましい。脂肪族ジカルボン酸成分としては、脂肪族ジカルボン酸又はその誘導体を使用される。脂肪族ジカルボン酸としては、具体的には、シュウ酸、コハク酸、グルタル酸、アジピン酸、セバシン酸、ドデカン二酸、ダイマー酸ならびにシクロヘキサジカルボン酸等の、通常、炭素数が2以上40以下の鎖状或いは脂環式ジカルボン酸が挙げられる。また、脂肪族ジカルボン酸の誘導体として、上記脂肪族ジカルボン酸のメチルエステル、エチルエステル、プロピルエステル及びブチルエステル等の低級アルキルエステルや例えば無水コハク酸等の上記脂肪族ジカルボン酸の環状酸無水物も使用できる。これらの内、脂肪族ジカルボン酸としては、得られる重合体の物性の面から、アジピン酸、コハク酸、ダイマー酸またはこれらの混合物が好ましく、脂肪族ジカルボン酸の誘導体としては、アジピン酸及びコハク酸のメチルエステル、またはこれらの混合物が好ましい。

10

【0012】

これらのジカルボン酸は単独でも2種以上混合して使用することもできる。

本発明において、これらのジカルボン酸は、バイオマス資源から合成したものが好ましい。

20

本発明でいうバイオマス資源とは、植物の光合成作用で太陽の光エネルギーがデンプンやセルロースなどの形に変換されて蓄えられたもの、植物体を食べて成育する動物の体や、植物体や動物体を加工してできる製品等が含まれる。この中でも、より好ましいバイオマス資源としては、植物資源であるが、例えば、木材、稲わら、籾殻、米ぬか、古米、とうもろこし、サトウキビ、キャッサバ、サゴヤシ、おから、コーンコブ、タピオカカス、バガス、植物油カス、芋、そば、大豆、油脂、古紙、製紙残渣、水産物残渣、家畜排泄物、下水汚泥、食品廃棄物等が挙げられる。この中でも木材、稲わら、籾殻、米ぬか、古米、とうもろこし、サトウキビ、キャッサバ、サゴヤシ、おから、コーンコブ、タピオカカス、バガス、植物油カス、芋、そば、大豆、油脂、古紙、製紙残渣等の植物資源が好ましく、より好ましくは、木材、稲わら、籾殻、古米、とうもろこし、サトウキビ、キャッサバ、サゴヤシ、芋、油脂、古紙、製紙残渣であり、最も好ましくはとうもろこし、さとうきび、キャッサバ、サゴヤシである。これらのバイオマス資源は、一般に、窒素元素やNa、K、Mg、Ca等の多くのアルカリ金属、アルカリ土類金属を含有する。

30

【0013】

そしてこれらのバイオマス資源は、特に限定はされないが、例えば酸やアルカリ等の化学処理、微生物を用いた生物学的処理、物理的処理等の公知の前処理・糖化の工程を経て炭素源へ誘導される。その工程には、例えば、通常、特に限定はされないが、バイオマス資源をチップ化する、削る、擦り潰す等の前処理による微細化工程が含まれる。必要に応じて、更にグラインダーやミルで粉碎工程が含まれる。こうして微細化されたバイオマス資源は、更に前処理・糖化の工程を経て炭素源へ誘導されるが、その具体的な方法としては、硫酸、硝酸、塩酸、リン酸等の強酸で酸処理、アルカリ処理、アンモニア凍結蒸着爆砕法、溶媒抽出、超臨界流体処理、酸化剤処理等の化学的方法や、微粉碎、蒸着爆砕法、マイクロ波処理、電子線照射等の物理的方法、微生物や酵素処理による加水分解等生物学的処理が挙げられる。

40

【0014】

上記のバイオマス資源から誘導される炭素源としては、通常、グルコース、マンノース、ガラクトース、フルクトース、ソルボース、タガトース等のヘキソース、アラビノース、キシロース、リボース、キシロース、リブロース等のペントース、ペントサン、サッカロース、澱粉、セルロース等の2糖・多糖類、酪酸、カプロン酸、カプリル酸、カプリ

50

ン酸、ラウリン酸、ミリスチン酸、パルミチン酸、パルミトレイン酸、ステアリン酸、オレイン酸、リノール酸、リノレン酸、モノクチン酸、アラキジン酸、エイコセン酸、アラキドン酸、ベヘニン酸、エルカ酸、ドコサペンタエン酸、ドコサヘキサエン酸、リグノセリン酸、セラコレン酸等の油脂、グリセリン、マンニトール、キシリトール、リピトール等のポリアルコール類等の発酵性糖質が用いられ、このうちグルコース、フルクトース、キシロースが好ましく、特にグルコースが好ましい。より広義の植物資源由来の炭素源としては、紙の主成分であるセルロースが好ましい。

【0015】

これらの炭素源を用いて、微生物変換による発酵法や加水分解・脱水反応・水和反応・酸化反応等の反応工程を含む化学変換法ならびにこれらの発酵法と化学変換法の組み合わせによりジカルボン酸が合成される。これらの中でも微生物変換による発酵法が好ましい。

10

微生物変換に用いる微生物としては、ジカルボン酸の生産能を有すれば特に限定されないが、例えば、*Anaerobiospirillum*属（米国特許第5143833号明細書）等の嫌気性細菌、*Actinobacillus*属（米国特許第5504004号明細書）、*Escherichia*属（米国特許第5770435号明細書）等の通性嫌気性細菌（*E. coli*（*J. Bacteriol.*, 57:147-158）又は*E. coli*の株の変異体（特表2000-500333号公報、米国特許第6159738号明細書）など）、*Corynebacterium*属（特開平11-113588号公報）などの好気性細菌、*Bacillus*属、*Rizobium*属、*Brevibacterium*属、*Arthrobacter*属に属する好気性細菌（特開2003-235593号公報）、*Bacteroides ruminicola*、*Bacteroides amylophilus*等の嫌気性ルーメン細菌などを用いることができる。

20

【0016】

より具体的には、本発明に使用できる細菌の親株は、コリネ型細菌（*coryneform bacterium*）、パチルス属細菌、又はリゾビウム属細菌が好ましく、コリネ型細菌がより好ましい。これらの菌は、微生物変換により琥珀酸の生産能を有する。

コリネ型細菌としては、コリネバクテリウム属に属する微生物、プレバクテリウム属に属する微生物又はアースロバクター属に属する微生物が挙げられ、このうち好ましくは、コリネバクテリウム属又はプレバクテリウム属に属するものが挙げられ、更に好ましくは、コリネバクテリウム・グルタミカム（*Corynebacterium glutamicum*）、プレバクテリウム・フラバム（*Brevibacterium flavum*）、プレバクテリウム・アンモニアゲネス（*Brevibacterium ammoniagenes*）又はプレバクテリウム・ラクトファーメンタム（*Brevibacterium lactofermentum*）に属する微生物が挙げられる。

30

【0017】

上記細菌の親株の特に好ましい具体例としては、プレバクテリウム・フラバム MJ-233（FERM BP-1497）、同 MJ-233 AB-41（FERM BP-1498）、プレバクテリウム・アンモニアゲネス ATCC 6872、コリネバクテリウム・グルタミカム ATCC 31831、及びプレバクテリウム・ラクトファーメンタム ATCC 13869 等が挙げられる。なお、プレバクテリウム・フラバムは、現在、コリネバクテリウム・グルタミカムに分類される場合もあることから（Lielbl, W., Ehrmann, M., Ludwig, W. and Schleifer, K. H., *International Journal of Systematic Bacteriology*, 1991, vol. 41, p255-260）、本発明においては、プレバクテリウム・フラバム MJ-233 株、及びその変異株 MJ-233 AB-41 株はそれぞれ、コリネバクテリウム・グルタミカム MJ-233 株及び MJ-233 AB-41 株と同一の株であるものとする。

40

【0018】

なお、プレバクテリウム・フラバム MJ-233 は、1975年4月28日に、通商

50

産業省工業技術院生命工学工業技術研究所(現独立法人 産業技術総合研究所 特許寄託センター)(〒305-8566日本国茨城県つくば市東1丁目1番地1 中央第6)に受託番号FERMP-3068として寄託され、1981年5月1日にブダペスト条約に基づく国際寄託に移管され、受託番号FERMBP-1497が付与されている。

【0019】

微生物変換における反応温度、圧力等の反応条件は、選択される菌体、カビなど微生物の活性に依存することになるが、ジカルボン酸を得るための好適な条件を各々の場合に依りて選択すればよい。

微生物変換においては、pHが低くなると微生物の代謝活性が低くなったり、或いは微生物が活動を停止するようになり、製造歩留まりが悪化したり、微生物が死滅するため、通常には中和剤を使用する。通常はpHセンサーによって反応系内のpHを計測し、所定のpH範囲となるように中和剤の添加によりpHを調節する。中和剤の添加方法については特に制限はなく、連続添加であっても間欠添加であってもよい。

10

【0020】

中和剤としてはアンモニア、炭酸アンモニウム、尿素、アルカリ金属の水酸化物、アルカリ土類金属の水酸化物、アルカリ金属の炭酸塩、アルカリ土類金属の炭酸塩が挙げられる。好ましくはアンモニア、炭酸アンモニウム、尿素である。なお上記アルカリ(土類)金属の水酸化物としてはNaOH、KOH、Ca(OH)₂、Mg(OH)₂等、或いはこれらの混合物などが挙げられ、アルカリ(土類)金属の炭酸塩としては、Na₂CO₃、K₂CO₃、CaCO₃、MgCO₃、NaKCO₃等、或いはこれらの混合物などが

20

【0021】

pH値は、用いる菌体、カビ等の微生物の種類に応じて、その活性が最も有効に発揮される範囲に調整されるが、一般的には、pH4~10、好ましくは6~9程度の範囲である。

発酵法を含む製造方法により得られるジカルボン酸の精製方法は、電気透析を用いる方法、イオン交換樹脂を用いる方法、塩交換法等が知られている。例えばジカルボン酸塩を分離し純粋な酸を生成する電気透析および水分解工程を組み合わせることによって製造し、更なる精製を、一連のイオン交換カラムに生成物ストリームを通すことによって達成しても良いし、ジカルボン酸の過飽和溶液に変換するための水分解電気透析を用いても良い(米国特許第5,034,105号明細書)。また、塩交換法としては、例えばジカルボン酸のアンモニア塩を硫酸水素アンモニウム及び/または硫酸と十分に低いpHで混合して反応させジカルボン酸及び硫酸アンモニウムを生成させても良い(特表2001-514900号公報)。イオン交換樹脂を用いる具体的方法としては、ジカルボン酸の溶液から遠心分離、濾過等により菌体等の固形分を除去した後、イオン交換樹脂で脱塩し、その溶液から結晶化或いはカラムクロマトグラフィーによりジカルボン酸を分離精製する方法が挙げられる。その他の精製方法としては、特開平3-30685に記載のように水酸化カルシウムを中和剤として醗酵し、硫酸により硫酸カルシウムを析出させて除去した後、強酸性イオン交換樹脂、弱塩基性イオン交換樹脂を用いて処理する方法や特開平2-283289に記載のように発酵法により生成した琥珀酸塩を、電気透析した後、強酸性イオン交換樹脂、弱塩基性イオン交換樹脂を用いて処理する方法が例示される。更には、USP6284904、ならびに特開2004-196768に記載の方法も好適に使用される。すなわち、本発明においては、精製方法はどのような方法を用いても良く、上記の、電気透析を用いる方法、イオン交換樹脂を用いる方法、硫酸等の酸で処理する方法、水、アルコール、カルボン酸或いはそれらの混合物を用いた晶析ならびに洗浄、ろ過、乾燥などの上記の公知文献や本発明の参考例に記載の任意の単位操作を任意の組み合わせで、必要に応じて繰り返し実施することにより本発明に適した精製されたモノマー原料を製造することができる。これらの中では、特に、コスト、効率の点でイオン交換法又は塩交換法が好ましく、工業的生産性の点で塩交換法が特に好ましい。

30

40

【0022】

50

精製によりジカルボン酸中に含まれる不純物の窒素化合物や金属カチオンの量を減らすことが、通常、実用的な重合体を得るために必要である。

上述の方法にてバイオマス資源から誘導されたジカルボン酸には、バイオマス資源由来、発酵処理ならびに酸による中和工程を含む精製処理に起因して不純物として窒素元素が含まれてくる。具体的には、アミノ酸、たんぱく質、アンモニウム塩、尿素、発酵菌由来等の窒素元素が含まれてくる。

【0023】

上述の方法にてバイオマス資源から誘導されたジカルボン酸中に含まれる窒素原子含有量は、ジカルボン酸質量に対して、原子換算にして、上限は通常2000wtppm以下、好ましくは、1000wtppm以下、より好ましくは100wtppm以下、最も好ましくは50wtppm以下である。下限は通常、0.01wtppm以上、好ましくは、精製工程の経済性の理由から0.1wtppm以上である。

10

本発明というwtppmとは質量ppmである。

【0024】

窒素原子含有量は、元素分析法等の公知の方法や、アミノ酸分析計を用い、生体アミノ酸分離条件にて試料中のアミノ酸やアンモニアを分離し、これらをニンヒドリン発色させて検出する方法により測定される値である。

窒素原子含有量が上記の範囲にあるジカルボン酸を用いることで、得られるポリエステル着色の減少に有利になる。また、ポリエステルの重合反応の遅延化を抑制する効果も併せ持つ。

20

【0025】

ジカルボン酸中に含まれる不純物のアンモニアの量を効率的に減らす具体的な方法として、目的とするジカルボン酸よりもpHの高い弱酸性の有機酸を使用した反応晶析方法が挙げられる。

また、発酵法により製造したジカルボン酸を用いる場合には、酸による中和工程を含む精製処理により硫黄原子が含まれてくる場合がある。具体的に、硫黄原子が含有される不純物としては、硫酸、硫酸塩、亜硫酸、有機スルホン酸、有機スルホン酸塩等が挙げられる。

【0026】

ジカルボン酸中に含まれる硫黄原子含有量は、ジカルボン酸質量に対して、原子換算にして、上限は通常1000wtppm以下、好ましくは、100wtppm以下、より好ましくは、上限が5wtppm以下、最も好ましくは、上限は0.5wtppm以下である。一方、下限は通常、0.001wtppm以上、好ましくは、0.01wtppm以上、より好ましくは、0.1wtppm以上である。多すぎると、重合反応が遅延化したり、ポリマーの安定性が低下する傾向がある。また、貯蔵容器の腐食の問題も発生する。一方、少なすぎる系は、好ましい形態であるが、精製工程が煩雑となり経済的に不利になる。硫黄原子含有量は、公知の元素分析法により測定される値である。

30

具体的には、本発明における硫黄原子含有量は、試料を燃焼し発生した硫黄分を過酸化水素水に吸収させ、その硫酸イオンをイオンクロマトグラフを用いることにより測定することができる。

40

【0027】

本発明において、上述の方法で得られたバイオマス資源由来のジカルボン酸をポリエステル原料として使用するにあたり、重合系に連結される該ジカルボン酸を貯蔵するタンク内の酸素濃度を一定値以下に制御することが好ましい。これによりポリエステルの不純物である窒素源などの酸化反応による着色を防止することができる。

酸素濃度を制御し原料を貯蔵するためには、通常タンクが用いられる。しかし、タンク以外でも酸素濃度を制御できる装置であれば特に限定されない。貯蔵タンクの種類は具体的には限定は無く、公知の金属製もしくはこれらの内面にガラス、樹脂などのライニングを施したものの、さらにはガラス製、樹脂製の容器などが用いられる。強度の面などから金属製もしくはそれらにライニングを施したものが好んで用いられる。金属製タンクの材と

50

しては、公知のものが使用され、具体的には、炭素鋼、フェライト系ステンレス鋼、SUS410等のマルテンサイト系ステンレス鋼、SUS310、SUS304、SUS316等のオーステナイト系ステンレス鋼、クラッド鋼、鋳鉄、銅、銅合金、アルミニウム、インコネル、ハステロイ、チタン等が挙げられる。

【0028】

ジカルボン酸の貯蔵タンク内の酸素濃度は、貯蔵タンク全体積に対して、下限は特に限定されないが、通常0.00001vol%以上、好ましくは0.01vol%以上である。一方、上限が16vol%以下、好ましくは14vol%以下、より好ましくは、12vol%以下である。酸素濃度が低すぎる場合には、設備や管理工程が煩雑になり経済的に不利であり、一方、高すぎる場合には、製造されるポリマーの着色が増加する傾向がある。

10

【0029】

ジカルボン酸の貯蔵タンク内の温度は、下限が通常-50以上、好ましくは0以上である。一方、上限が通常200以下、好ましくは100以下、より好ましくは、50以下であるが、温度管理の必要がない理由から室温で貯蔵する方法が最も好ましい。温度が低すぎる場合には、貯蔵コストが増大する傾向があり、また、高すぎる場合には、カルボン酸の脱水反応等が併発する傾向がある。

【0030】

ジカルボン酸の貯蔵タンク内の湿度は、下限は特に限定されないが、通常0.0001%RH以上、好ましくは、0.001%RH以上であり、より好ましくは、0.01%RH以上、最も好ましくは、0.1%RH以上であり、上限が80%RH以下、好ましくは60%RH以下、より好ましくは40%RH以下、更に好ましくは30%RH以下、最も好ましくは10%RH以下である。湿度が低すぎる場合には、管理工程が煩雑で経済的に不利になる傾向があり、また、高すぎる場合には、貯蔵タンクや配管へのジカルボン酸の付着、ジカルボン酸のブロック化、貯蔵タンクが金属製の場合にはタンクの腐食等が問題になる傾向がある。特に、不純物硫黄原子含有量が高くなる程その傾向が増大する傾向がある。

20

ジカルボン酸の貯蔵タンク内の圧力は、通常、大気圧(常圧)である。

【0031】

(2) ジオール単位

本発明においてジオール単位とは、芳香族ジオール及び/又は脂肪族ジオールから誘導されるものであり、公知の化合物を用いることができるが、脂肪族ジオールを使用するのが好ましい。

30

脂肪族ジオールとは、2個のOH基を有する脂肪族及び脂環式化合物であれば特に制限はされないが、炭素数の下限値が2以上であり、上限値が通常10以下、好ましくは6以下の脂肪族ジオールが挙げられる。

【0032】

脂肪族ジオールの具体例としては、例えば、エチレングリコール、1,3-プロピレングリコール、ネオペンチルグリコール、1,6-ヘキサメチレングリコール、デカメチレングリコール、1,4-ブタンジオール及び1,4-シクロヘキサジメタノール等が挙げられる。これらは、単独でも2種以上の混合物として使用してもよい。

40

この内、エチレングリコール、1,4-ブタンジオール、1,3-プロピレングリコール及び1,4-シクロヘキサジメタノールが好ましく、その中でも、エチレングリコール及び1,4-ブタンジオールが好ましく、更には、1,4-ブタンジオールが特に好ましい。

【0033】

芳香族ジオールとしては、2個のOH基を有する芳香族化合物であれば、特に制限はされないが、炭素数の下限値が6以上であり、上限値が通常15以下の芳香族ジオールが挙げられる。芳香族ジオールの具体例としては、例えば、ヒドロキノン、1,5-ジヒドロキシナフタレン、4,4'-ジヒドロキシジフェニル、ビス(p-ヒドロキシフェニル)

50

メタン及びビス(p-ヒドロキシフェニル) 2,2-プロパン等が挙げられる。本発明において、ジオール全量中、芳香族ジオールの含有量は、通常、30モル%以下、好ましくは20モル%以下、より好ましくは10モル%以下である。

【0034】

また、両末端ヒドロキシポリエーテルを上記の脂肪族ジオールと混合して使用してもよい。両末端ヒドロキシポリエーテルとしては、炭素数は下限値が通常4以上、好ましくは10以上であり、上限値が通常1000以下、好ましくは200以下、更に好ましくは100以下である。

両末端ヒドロキシポリエーテルの具体例としては、例えば、ジエチレングリコール、トリエチレングリコール、ポリエチレングリコール、ポリプロピレングリコール、ポリテトラメチレングリコール、ポリ1,3-プロパンジオール及びポリ1,6-ヘキサメチレングリコール等が挙げられる。また、ポリエチレングリコールとポリプロピレングリコールとの共重合ポリエーテル等を使用することもできる。これらの両末端ヒドロキシポリエーテルの使用量は、ポリエステル中の含量として、通常90重量%以下、好ましくは50重量%以下、より好ましくは30重量%以下に計算される量である。

10

【0035】

本発明において、これらのジオールは、バイオマス資源から合成されたものを用いてもよい。具体的には、ジオール化合物はグルコース等の炭素源から発酵法により直接製造してもよいし、発酵法により得られたジカルボン酸、ジカルボン酸無水物、環状エーテルを化学反応によりジオール化合物に変換しても良い。

20

例えば1,4-ブタンジオールをコハク酸、コハク酸無水物、コハク酸エステル、マレイン酸、マレイン酸無水物、マレイン酸エステル、テトラヒドロフラン、 γ -ブチロラクトン等から化学合成により1,4-ブタンジオールを製造してもよいし、発酵法により得られた1,3-ブタジエンから1,4-ブタンジオールを製造してもよい。この中でもコハク酸を還元触媒により水添して1,4-ブタンジオールを得る方法が効率的で好ましい。

【0036】

コハク酸を水添する触媒の例として、Pd、Ru、Re、Rh、Ni、Cu、Co及びその化合物が挙げられ、より具体的には、Pd/Ag/Re、Ru/Ni/Co/ZnO、Cu/Zn酸化物、Cu/Zn/Cr酸化物、Ru/Re、Re/C、Ru/Sn、Ru/Pt/Sn、Pt/Re/アルカリ、Pt/Re、Pd/Co/Re、Cu/Si、Cu/Cr/Mn、ReO/CuO/ZnO、CuO/CrO、Pd/Re、Ni/Co、Pd/CuO/CrO₃、リン酸Ru、Ni/Co、Co/Ru/Mn、Cu/Pd/KOH、Cu/Cr/Znが挙げられる。この中でもRu/Sn又はRu/Pt/Snが触媒活性の点で好ましい。

30

【0037】

更に、バイオマス資源から公知の有機化学触媒反応の組み合わせによりジオール化合物を製造する方法も積極的に用いられる。例えば、バイオマス資源としてペントースを利用する場合には公知の脱水反応、触媒反応の組み合わせで容易にブタンジオール等のジオールを製造できる。

40

バイオマス資源由来から誘導されたジオールには、バイオマス資源由来、発酵処理ならびに酸による中和工程を含む精製処理に起因して不純物として窒素原子が含まれてくる場合がある。この場合、具体的には、アミノ酸、蛋白質、アンモニア、尿素、発酵菌由来の窒素原子が含まれてくる。

【0038】

上述の方法により製造したジオール中に含まれる窒素原子含有量は、ジオール質量に対して、原子換算にして、上限は通常2000wtppm以下、好ましくは、1000wtppm以下、より好ましくは100wtppm以下、最も好ましくは50wtppm以下である。下限は特に制限されないが、通常、0.01wtppm以上、好ましくは、精製工程の経済性の理由から0.1wtppm以上である。

50

【0039】

発酵法により製造したジオールを用いる場合には、酸による中和工程を含む精製処理により硫黄原子が含まれてくる場合がある。この場合、具体的に、硫黄原子が含有される不純物としては、硫酸、亜硫酸、有機スルホン酸塩等が挙げられる。

ジオール中に含まれる硫黄原子含有量は、ジオール質量に対して、原子換算にして、上限は通常100wtppm以下、好ましくは、10wtppm以下、より好ましくは、上限が5wtppm以下、最も好ましくは、上限は0.5wtppm以下である。一方、下限は特に制限されないが、通常、0.001wtppm以上、好ましくは、0.01wtppm以上、より好ましくは、0.1wtppm以上である。多すぎると、重合反応が遅延化したり、製造するポリマーの安定性が低下する傾向がある。一方、硫黄原子含有量が少ない程、好ましい形態であるが、精製工程が煩雑となり経済的に不利になる。硫黄原子含有量は、公知の元素分析法により測定される値である。

10

【0040】

本発明において、上述の方法で得られたバイオマス資源由来のジオールをポリエステル原料として使用するにあたり、上記不純物に起因するポリエステルの着色を抑制するため、重合系に連結されるジオールを貯蔵するタンク内の酸素濃度や温度を制御してもよい。この制御により、不純物により促進されるジオールの酸化反応が抑制され、不純物自身の着色やジオール酸化生成物によるポリエステルの着色を防止することができる。

【0041】

酸素濃度を制御し原料を貯蔵するためには、通常タンクが用いられる。しかし、タンク以外でも酸素濃度を制御できる装置であれば特に限定されない。貯蔵タンクの種類は具体的には限定は無く、公知の金属製もしくはこれらの内面にガラス、樹脂などのライニングを施したものの、さらにはガラス製、樹脂製の容器などが用いられる。強度の面などから金属製もしくはそれらにライニングを施したものが好んで用いられる。金属製タンクの材としては、公知のものが使用され、具体的には、炭素鋼、フェライト系ステンレス鋼、SUS410等のマルテンサイト系ステンレス鋼、SUS310、SUS304、SUS316等のオーステナイト系ステンレス鋼、クラッド鋼、鋳鉄、銅、銅合金、アルミニウム、インコネル、ハステロイ、チタン等が挙げられる。

20

【0042】

ジオールの貯蔵タンク内の酸素濃度は、貯蔵タンク全体積に対して、下限は特に限定されないが、通常0.00001vol%以上、好ましくは0.0001vol%以上であり、より好ましくは、0.001vol%以上、最も好ましくは、0.01vol%以上であり、上限が通常10vol%以下、好ましくは5vol%以下、より好ましくは、1vol%以下、最も好ましくは、0.1vol%以下である。酸素濃度が低すぎる場合には、管理工程が煩雑となり経済的に不利になる傾向があり、また、高すぎる場合には、ジオールの酸化反応生成物によるポリマーの着色が増大する傾向がある。

30

【0043】

ジオールの貯蔵タンク内の貯蔵温度は、下限が15以上、好ましくは30以上であり、より好ましくは、50以上、最も好ましくは、100以上であり、上限が230以下、好ましくは200以下、より好ましくは、180以下、最も好ましくは、160以下である。温度が低すぎる場合には、ポリエステル製造時の昇温に時間を要し、ポリエステル製造が経済的に不利になる傾向があるばかりかジオールの種類によっては固化してしまう場合がある。一方、高すぎる場合には、ジオールの気化により高圧対応の貯蔵設備が必要となり経済的に不利になるばかりかジオールの劣化が増大する傾向がある。

40

【0044】

ジオールの貯蔵タンク内の圧力は、通常大気圧である。圧力が低すぎたり、高すぎる場合には、管理設備が煩雑になり経済的に不利となる。

本発明においては、上記のジオール成分とジカルボン酸成分に加えて、共重合成分を加えてもよい。

50

共重合成分の具体的な例としては、2官能のオキシカルボン酸や、架橋構造を形成するために3官能以上の多価アルコール、3官能以上の多価カルボン酸及び/又はその無水物並びに3官能以上のオキシカルボン酸からなる群から選ばれる少なくとも1種の多官能化合物が挙げられる。これらの共重合成分の中では、高重合度のポリエステルが容易に製造できる傾向があるため、特に2官能及び/又は3官能以上のオキシカルボン酸が好適に使用される。その中でも、3官能以上のオキシカルボン酸の使用は、後述する鎖延長剤を使用することなく、極少量で容易に高重合度のポリエステルを製造できるのもっとも好ましい方法である。

【0045】

2官能のオキシカルボン酸としては、具体的には、乳酸、グリコール酸、ヒドロキシ酪酸、ヒドロキシカプロン酸、2-ヒドロキシ3,3-ジメチル酪酸、2-ヒドロキシ-3-メチル酪酸、2-ヒドロキシイソカプロン酸等が挙げられるが、これらはオキシカルボン酸のエステルやラクトン、或いはオキシカルボン酸重合体等の誘導体であっても良い。また、これらオキシカルボン酸は単独でも、二種以上の混合物として使用することもできる。これらに光学異性体が存在する場合には、D体、L体、またはラセミ体のいずれでもよく、形態としては固体、液体、または水溶液であってもよい。これらの中では、入手の容易な乳酸またはグリコール酸が特に好ましい。形態は、30~95%の水溶液のものが容易に入手することができるので好ましい。高重合度のポリエステルを容易に製造する目的で2官能のオキシカルボン酸を共重合成分として使用する場合、その効果が発現する使用量の下限としては、通常、原料モノマーに対して通常、0.02モル%以上、好ましくは0.5モル%以上、より好ましくは1.0モル%以上である。一方、使用量の上限は、通常30モル%以下、好ましくは20モル%以下、より好ましくは10モル%以下である。

【0046】

3官能以上の多価アルコールとしては、具体的には、グリセリン、トリメチロールプロパン、ペンタエリスリトール等が挙げられ、単独でも、二種以上の混合物として使用することもできる。

3官能以上の多価カルボン酸またはその無水物としては、具体的には、プロパントリカルボン酸、無水ピロメリット酸、ベンゾフェノンテトラカルボン酸無水物、シクロペンタテトラカルボン酸無水物等が挙げられ、単独でも、二種以上の混合物として使用することもできる。

【0047】

3官能以上のオキシカルボン酸としては、具体的には、リンゴ酸、ヒドロキシグルタル酸、ヒドロキシメチルグルタル酸、酒石酸、クエン酸、ヒドロキシイソフタル酸、ヒドロキシテレフタル酸等が挙げられ、単独でも、二種以上の混合物として使用することもできる。特に、入手のし易さから、リンゴ酸、酒石酸、クエン酸ならびにその混合物が好ましい。

【0048】

上記の3官能以上の多官能化合物単位の量は、ゲルの発生原因となるため通常、ポリエステルを構成する全単量体単位に対して、上限値が通常、5モル%以下、好ましくは1モル%以下、更に好ましくは、0.50モル%以下、特に好ましくは0.3モル%以下である。一方、高重合度のポリエステルを容易に製造する目的で3官能以上の化合物を共重合成分として使用する場合、その効果が発現する使用量の下限値としては、通常、0.0001モル%以上、好ましくは、0.001モル%以上、より好ましくは、0.005モル%以上、特に好ましくは0.01モル%以上である。

【0049】

また、ポリエステルの融点の下限は、通常、50以上あり、好ましくは、60以上、より好ましくは、80以上である。また上限は、脂肪族ポリエステルの場合、140以下であり、好ましくは130以下である。

本発明のポリエステルは、カーボネート化合物やジイソシアネート化合物等の鎖延長剤

を使用することもできるが、その量は、通常、ポリエステルを構成する全単量体単位に対し、カーボネート結合ならびにウレタン結合が10モル%以下である。しかしながら、本発明のポリエステルを生分解性樹脂として使用する場合には、ジイソシアネートやカーボネート結合が存在すると、生分解性を阻害する可能性があるため、その使用量は、ポリエステルを構成する全単量体単位に対し、カーボネート結合が1モル%未満、好ましくは、0.5モル%以下、より好ましくは0.1モル%以下であり、ウレタン結合が、0.06モル%未満、好ましくは0.01モル%以下、より好ましくは0.001モル%以下である。

【0050】

カーボネート化合物としては、具体的には、ジフェニルカーボネート、ジトリールカーボネート、ビス(クロロフェニル)カーボネート、m-クレジルカーボネート、ジナフチルカーボネート、ジメチルカーボネート、ジエチルカーボネート、ジブチルカーボネート、エチレンカーボネート、ジアミルカーボネート、ジシクロヘキシルカーボネートなどが例示される。その他、フェノール類、アルコール類のようなヒドロキシ化合物から誘導される、同種、または異種のヒドロキシ化合物からなるカーボネート化合物が使用可能である。

10

【0051】

ジイソシアネート化合物としては、具体的には、2,4-トリレンジイソシアネート、2,4-トリレンジイソシアネートと2,6-トリレンジイソシアネートとの混合体、ジフェニルメタンジイソシアネート、1,5-ナフチレンジイソシアネート、キシリレンジイソシアネート、水素化キシリレンジイソシアネート、ヘキサメチレンジイソシアネート、イソホロンジイソシアネート等の公知のジイソシアネートなどが例示される。

20

【0052】

また、その他の鎖延長剤として、ジオキサゾリン、珪酸エステルなどを使用してもよい。珪酸エステルとしては、具体的には、テトラメトキシシラン、ジメトキシジフェニルシラン、ジメトキシジメチルシラン、ジフェニルジヒドロキシシラン等が例示される。

珪酸エステルは、環境保全ならびに安全性の面の理由からは、特にその使用量に制限はされないが、操作が煩雑になったり、重合速度に影響を与える可能性があるため、その使用量は少ない方がよい場合がある。従って、この含有量は、0.1モル%以下とするのが好ましく、 10^{-5} モル%以下とするのが更に好ましい。

30

【0053】

本発明においては実質上鎖延長剤を含有しないポリエステルが最も好ましい。但し、溶解テンションを高めるために、毒性の低い化合物を添加する限り、少量のパーオキサイドを添加してもよい。

また本発明においては、ポリエステル末端基をカルボジイミド、エポキシ化合物、単官能性のアルコール又はカルボン酸で封止しても良い。

【0054】

<ポリエステルの製造方法>

ジオール単位及びジカルボン酸単位を主体とするポリエステルの製造は、重合反応時の反応装置内の攪拌翼の最低攪拌速度を特定値以下にする他は、ポリエステルの製造する公知技術で行うことができる。このポリエステルの製造する際の重合反応は、従来から採用されている適切な条件を設定することができ、特に制限されない。具体的には、上記のジカルボン酸成分とジオール成分、更にオキシカルボン酸単位や3官能以上の成分を導入する場合には、それらの成分も含めたジカルボン酸成分とジオール成分とのエステル化反応及び/又はエステル交換反応を行った後、減圧下での重縮合反応を行うといった熔融重合の一般的な方法や、有機溶媒を用いた公知の溶液加熱脱水縮合方法によって製造することができるが、経済性ならびに製造工程の簡略性の観点から、無溶媒下で行う熔融重合が好ましい。

40

本発明でいう重合反応と縮重合反応とは同義である。

【0055】

50

本発明において、上述の方法で得られたバイオマス資源由来のジカルボン酸及び/またはジオールをポリエステル原料として使用するにあたり、重合反応時の最低攪拌速度を制御することが必須である。より好ましくは、減圧下で本発明を行う。これにより分解が抑制された粘度の高いバイオマス資源由来のポリエステルを製造することができる。

ここで言う“最低攪拌速度”とは、後述する縮重合反応中において、所望の還元粘度のポリマーを製造した際の攪拌装置の最低攪拌回転数を示す。所望の還元粘度とは、下記ポリエステルの物性にて詳述する。但し、製造ポリマー抜き出し操作等に伴う攪拌装置の停止操作は、この縮重合反応中の定義の中には含まれない。本発明においては、通常、少なくとも10rpm以下の回転数で少なくとも5分以上、好ましくは、10分以上、より好ましくは30分以上攪拌して所望のポリエステルを製造する。

10

【0056】

減圧下での重合反応時の最低攪拌速度は、下限が通常0.1rpm以上、好ましくは、0.5rpm以上であり、より好ましくは、1rpm以上であり、上限が、10rpm以下、好ましくは7rpm以下、より好ましくは、5rpm以下、最も好ましくは、3rpm以下である。攪拌速度が遅すぎる場合には、重合速度が遅くなったり、生成ポリマーに粘度むらが生じる傾向があり、また、速すぎる場合には、せん断発熱により不純物が多いバイオマス資源由来のポリマーの製造においては特にポリマーが分解しやすい傾向がある。

【0057】

また、減圧下での重合開始時の攪拌速度は、下限が通常10rpm以上、好ましくは20rpm以上であり、より好ましくは、30rpm以上であり、その上限は、200rpm以下、好ましくは100rpm以下、より好ましくは、50rpm以下である。攪拌速度が遅すぎる場合には、重合速度が遅くなったり、生成ポリマーに粘度むらが生じる傾向があり、また、速すぎる場合には、せん断発熱により不純物が多いバイオマス資源由来のポリマーの製造時においては特にポリマーが分解しやすい傾向がある。

20

【0058】

ここで減圧下での重合反応時の攪拌速度は、ポリエステルの粘度上昇との兼ね合いで、連続的、または多段階で攪拌速度を低減させる方法が好ましい。より好ましくは、減圧下での重縮合反応停止前10分間の平均攪拌速度を、減圧下での重縮合反応開始後30分間の平均攪拌速度より低くすることである。この調節を行うことにより不純物が多く熱分解しやすいバイオマス資源由来のポリエステルの製造時の熱分解が抑えられ、安定にポリマーが製造できる。

30

【0059】

また、エステル化反応及び/又はエステル交換反応時の攪拌速度を制御することにより、テトラヒドロフランの副生が低減され、重合速度を向上することができる。

エステル化反応時の攪拌速度は、下限が通常30rpm以上、好ましくは、50rpm以上、より好ましくは、80rpm以上であり、上限は、1000rpm以下、好ましくは500rpm以下である。攪拌速度が遅すぎる場合には、留去効率が悪く、エステル化反応が遅くなる傾向があり、例えばジオールの脱水反応や脱水環化等が引き起こされる傾向がある。それによりジオール/ジカルボン酸の比率が崩れて重合速度が低下したり、より過剰のジオールを仕込む必要が生じる等の欠点を有する、また、速すぎる場合には、余計な動力を消費するため経済的に不利である。

40

【0060】

本発明において、上述の方法で得られたバイオマス資源由来のジカルボン酸及び/またはジオールは、ポリエステル原料として使用するにあたり、ポリエステル製造反応中の酸素濃度を特定値以下に制御された反応槽内でポリエステルの製造してもよい。これにより不純物である窒素化合物の酸化反応によるポリエステルの着色や、例えばジオールとして1,4-ブタンジオールを使用する場合の1,4-ブタンジオールの酸化反応により生成する2-(4-ヒドロキシブチルオキシ)テトラヒドロフラン等のジオール酸化反応生成物によるポリエステルの着色を抑制することができるため、色相の良いポリエステルの製造す

50

ることができる。

【0061】

ここでいう製造反応とは、原料をエステル化反応槽へ仕込み、昇温を開始した時点から重縮合反応槽で減圧下にて所望の粘度のポリマーを製造し、反応槽を減圧から常圧以上に復圧するまでの間と定義する。

製造反応中の反応槽中の酸素濃度は、下限は、特に限定されないが通常 1.0×10^{-9} vol% 以上、好ましくは 1.0×10^{-7} vol% 以上であり、上限が通常 10 vol% 以下、好ましくは 1 vol% 以下、より好ましくは、0.1 vol% 以下、最も好ましくは、0.01 vol% 以下である。酸素濃度が低すぎる場合には、管理工程が煩雑となる傾向があり、また、高すぎる場合には、上記の理由で得られるポリエステル着色が著しくなる傾向がある。

10

【0062】

また、バイオマス資源由来のジカルボン酸を、ポリエステル原料として使用するにあたり、ジカルボン酸を貯蔵タンクから反応器へ移送する際の酸素濃度と湿度を制御してもよい。これにより不純物である硫黄成分による移送管内の腐食を防止すること事ができ、更には窒素源の酸化反応による着色を抑えることができ、色相の良いポリエステルを製造することができる。

【0063】

移送管の種類としては、具体的には、通常の公知の金属製もしくはこれらの内面にガラス、樹脂などのライニングを施したものの、さらにはガラス製、樹脂製の容器などが用いられる。強度の面などから金属製もしくはそれらにライニングを施したものが好んで用いられる。金属製タンクの材としては、公知のものが使用され、具体的には、炭素鋼、フェライト系ステンレス鋼、SUS410等のマルテンサイト系ステンレス鋼、SUS310、SUS304、SUS316等のオーステナイト系ステンレス鋼、クラッド鋼、鋳鉄、銅、銅合金、アルミニウム、インコネル、ハステロイ、チタン等が挙げられる。

20

【0064】

移送管内の酸素濃度は、移送管全体積に対して、下限は特に限定されないが、通常 0.0001 vol% 以上、好ましくは 0.01 vol% 以上である。一方、上限が 16 vol% 以下、好ましくは 14 vol% 以下、より好ましくは、12 vol% 以下である。酸素濃度が低すぎる場合には、設備投資や管理工程が煩雑になり経済的に不利であり、一方、高すぎる場合には、製造されるポリマーの着色が増加する傾向がある。

30

【0065】

移送管内の湿度は、下限は特に限定されないが、通常 0.0001 % R.H. 以上、好ましくは 0.001 % R.H. 以上であり、より好ましくは、0.01 % R.H. 以上、最も好ましくは、0.1 % R.H. 以上であり、上限が 80 % R.H. 以下、好ましくは 60 % R.H. 以下、より好ましくは、40 % R.H. 以下である。湿度が低すぎる場合には、管理工程が煩雑で経済的に不利になる傾向があり、また、また、高すぎる場合には、貯蔵タンクや配管の腐食が問題になる傾向がある。更に、湿度が高すぎる場合は、貯蔵タンクや配管へのジカルボン酸の付着、ジカルボン酸のブロック化等の問題が生じ、これらの付着現象により配管の腐食が促進される傾向がある。

40

【0066】

移送管内の温度は、下限が通常 -50 以上、好ましくは 0 以上である。一方、上限が通常 200 以下、好ましくは 100 以下、より好ましくは、50 以下である。温度が低すぎる場合には、貯蔵コストが増大する傾向があり、また、高すぎる場合には、カルボン酸の脱水反応等が併発する傾向がある。

移送管内の圧力は、通常、0.1 kPa から 1 MPa であるが、操作性の観点から 0.05 MPa 以上 0.3 MPa 以下程度の圧力にて使用される。

【0067】

ポリエステルを製造する際に用いるジオールの使用量は、ジカルボン酸またはその誘導体 100 モルに対し、実質的に等モルであるが、一般には、エステル化及び/又はエステ

50

ル交換反応及び/又は縮重合反応中の留出があることから、0.1~20モル%過剰に用いられる。

また、重縮合反応は、重合触媒の存在下に行うのが好ましい。重合触媒の添加時期は、重縮合反応以前であれば特に限定されず、原料仕込み時に添加しておいてもよく、減圧開始時に添加してもよい。

【0068】

重合触媒としては、一般には、周期表で、水素、炭素を除く1族~14族金属元素を含む化合物が挙げられる。具体的には、チタン、ジルコニウム、錫、アンチモン、セリウム、ゲルマニウム、亜鉛、コバルト、マンガン、鉄、アルミニウム、マグネシウム、カルシウム、ストロンチウム、ナトリウム及びカリウムからなる群から選ばれた、少なくとも1種以上の金属を含むカルボン酸塩、アルコキシ塩、有機スルホン酸塩又は -ジケトナート塩等の有機基を含む化合物、更には前記した金属の酸化物、ハロゲン化物等の無機化合物及びそれらの混合物が挙げられる。

10

【0069】

これらの中では、チタン、ジルコニウム、ゲルマニウム、亜鉛、アルミニウム、マグネシウム及びカルシウムを含む金属化合物、並びにそれらの混合物が好ましく、その中でも、特に、チタン化合物及びゲルマニウム化合物が好ましい。また、触媒は、重合時に溶融或いは溶解した状態であると重合速度が高くなる理由から、重合時に液状であるか、エステル低重合体やポリエステルに溶解する化合物が好ましい。

【0070】

チタン化合物としては、テトラアルキルチタネートが好ましく、具体的には、テトラ-n-プロピルチタネート、テトライソプロピルチタネート、テトラ-n-ブチルチタネート、テトラ-t-ブチルチタネート、テトラフェニルチタネート、テトラシクロヘキシルチタネート、テトラベンジルチタネート及びこれらの混合チタネートが挙げられる。また、チタン(オキシ)アセチルアセトネート、チタンテトラアセチルアセトネート、チタン(ジイソプロキシド)アセチルアセトネート、チタンビス(アンモニウムラクテイト)ジヒドロキシド、チタンビス(エチルアセトアセテート)ジイソプロポキシド、チタン(トリエタノールアミネート)イソプロポキシド、ポリヒドロキシチタンステアレート、チタンラクテート、チタントリエタノールアミネート、ブチルチタネートダイマー等も好んで用いられる。更には、酸化チタンや、チタンと珪素を含む複合酸化物(例えば、A c o r d i s I n d u s t r i a l F i b e r s社製のチタニア/シリカ複合酸化物(製品名:C-94))も好んで用いられる。これらの中では、テトラ-n-プロピルチタネート、テトライソプロピルチタネート及びテトラ-n-ブチルチタネート、チタン(オキシ)アセチルアセトネート、チタンテトラアセチルアセトネート、チタンビス(アンモニウムラクテイト)ジヒドロキシド、ポリヒドロキシチタンステアレート、チタンラクテート、ブチルチタネートダイマー、酸化チタン、チタニア/シリカ複合酸化物(例えば、A c o r d i s I n d u s t r i a l F i b e r s社製の製品名:C-94)が好ましく、テトラ-n-ブチルチタネート、チタン(オキシ)アセチルアセトネート、チタンテトラアセチルアセトネート、ポリヒドロキシチタンステアレート、チタンラクテート、ブチルチタネートダイマー、チタニア/シリカ複合酸化物(例えば、A c o r d i s I n d u s t r i a l F i b e r s社製の製品名:C-94)がより好ましく、特に、テトラ-n-ブチルチタネート、ポリヒドロキシチタンステアレート、チタン(オキシ)アセチルアセトネート、チタンテトラアセチルアセトネート、チタニア/シリカ複合酸化物(例えば、A c o r d i s I n d u s t r i a l F i b e r s社製の製品名:C-94)が好ましい。

20

30

40

【0071】

ジルコニウム化合物としては、具体的には、ジルコニウムテトラアセテイト、ジルコニウムアセテイトヒドロキシド、ジルコニウムトリス(プトキシ)ステアレート、ジルコニルジアセテイト、シュウ酸ジルコニウム、シュウ酸ジルコニル、シュウ酸ジルコニウムカリウム、ポリヒドロキシジルコニウムステアレート、ジルコニウムエトキシド、ジルコ

50

ニウムテトラ - n - プロポキシド、ジルコニウムテトライソプロポキシド、ジルコニウムテトラ - n - ブトキシド、ジルコニウムテトラ - t - ブトキシド、ジルコニウムトリプトキシアセチルアセトネートならびにそれらの混合物が例示される。更には、酸化ジルコニウムや、例えばジルコニウムと珪素を含む複合酸化物も好適に使用される。これらの中では、ジルコニルジアセテイト、ジルコニウムトリス(ブトキシ)ステアレート、ジルコニウムテトラアセテイト、ジルコニウムアセテイトヒドロキシド、シュウ酸ジルコニウムアンモニウム、シュウ酸ジルコニウムカリウム、ポリヒドロキシジルコニウムステアレート、ジルコニウムテトラ - n - プロポキシド、ジルコニウムテトライソプロポキシド、ジルコニウムテトラ - n - ブトキシド、ジルコニウムテトラ - t - ブトキシドが好ましく、ジルコニルジアセテイト、ジルコニウムテトラアセテイト、ジルコニウムアセテイトヒドロキシド、ジルコニウムトリス(ブトキシ)ステアレート、シュウ酸ジルコニウムアンモニウム、ジルコニウムテトラ - n - プロポキシド、ジルコニウムテトラ - n - ブトキシドがより好ましく、特にジルコニウムトリス(ブトキシ)ステアレートが着色のない高重合度のポリエステルが容易に得られる理由から好ましい。

10

【0072】

ゲルマニウム化合物としては、具体的には、酸化ゲルマニウムや塩化ゲルマニウム等の無機ゲルマニウム化合物、テトラアルコキシゲルマニウムなどの有機ゲルマニウム化合物が挙げられる。価格や入手の容易さなどから、酸化ゲルマニウム、テトラエトキシゲルマニウム及びテトラブトキシゲルマニウムなどが好ましく、特に、酸化ゲルマニウムが好ましい。

20

【0073】

これらの重合触媒として金属化合物を用いる場合の触媒添加量は、生成するポリエステルに対する金属原子質量として、下限値が通常5wtppm以上、好ましくは10wtppm以上であり、上限値が通常30000wtppm以下、好ましくは1000wtppm以下、より好ましくは250wtppm以下、特に好ましくは130wtppm以下である。使用する触媒量が多すぎると、経済的に不利であるばかりでなくポリマーの熱安定性が低くなるのに対し、逆に少なすぎると重合活性が低くなり、それに伴いポリマー製造中にポリマーの分解が誘発されやすくなる。

【0074】

ジカルボン酸成分とジオール成分とのエステル化反応及び/又はエステル交換反応の反応温度は、下限が通常150以上、好ましくは180以上、上限が通常260以下、好ましくは250以下である。反応雰囲気は、通常、窒素、アルゴン等の不活性ガス雰囲気下である。反応圧力は、通常、常圧~10kPaであるが、常圧が好ましい。

30

反応時間は、下限が通常1時間以上であり、上限が通常10時間以下、好ましくは、4時間以下である。

【0075】

ジカルボン酸成分とジオール成分とのエステル化反応及び/又はエステル交換反応後の重縮合反応は、圧力を、下限が通常 0.01×10^3 Pa以上、好ましくは 0.05×10^3 Pa以上であり、上限が通常 1.4×10^3 Pa以下、好ましくは 0.4×10^3 Pa以下の真空度下として行う。

40

本発明でいう減圧下とは、圧力が常圧未満の状態と定義される。

この時の反応温度は、下限が通常150以上、好ましくは180以上であり、上限が通常260以下、好ましくは250以下の範囲である。

【0076】

反応時間は、下限が通常2時間以上であり、上限が通常15時間以下、好ましくは10時間以下である。

本発明においてポリエステルの製造する反応装置としては、公知の縦型あるいは横型攪拌槽型反応器を用いることができる。例えば、同一又は異なる反応装置を用いて、熔融重合のエステル化及び/又はエステル交換の工程と減圧重縮合の工程の2段階で行い、減圧重縮合の反応器としては、真空ポンプと反応器を結ぶ減圧用排気管を具備した攪拌槽型反

50

応器を使用する方法が挙げられる。また、真空ポンプと反応器とを結ぶ減圧用排気管の間には凝縮器を結合し、該凝縮器にて重縮合反応中に生成する揮発成分や未反応ジカルボン酸を回収する方法が好んで用いられる。

【0077】

本発明においては、ポリエステル製造方法として、従来の、上記の脂肪族ジカルボン酸を含むジカルボン酸成分と脂肪族ジオール成分とのエステル化反応及び/又はエステル交換反応を行った後、減圧下で、ポリエステルのアルコール末端のエステル交換反応により生成するジオールを留去しながらポリエステルの重合度を高める方法、或いは、ポリエステルの脂肪族カルボン酸末端から脂肪族ジカルボン酸及び/又はその酸無水物環状体を留去させながらポリエステルの重合度を高める方法が用いられる。後者の場合、脂肪族カルボン酸及び/又はその無水物環状体の除去は、通常、上記溶融重合工程における後段の減圧下での重縮合反応中に脂肪族ジカルボン酸及び/又はその酸無水物環状体を加熱留出させる方法が採られるが、重縮合反応条件下では、脂肪族ジカルボン酸は容易に酸無水物環状体になりやすいため、酸無水物環状体の形態で加熱留出させる場合が多い。また、その際、ジオールから誘導される鎖状又は環状エーテル及び/又はジオールもまた脂肪族ジカルボン酸及び/又はその酸無水物環状体と共に除去されてもよい。更に、ジカルボン酸成分とジオール成分の環状単量体を共に留去させる方法は、重合速度が向上するため、好ましい態様である。

10

【0078】

また、ポリエステルの製造工程の途中、又は製造されたポリエステルには、その特性が損なわれない範囲において各種の添加剤、例えば、可塑剤、紫外線安定化剤、着色防止剤、艶消し剤、消臭剤、難燃剤、耐候剤、帯電防止剤、糸摩擦低減剤、離型剤、抗酸化剤、イオン交換剤あるいは着色顔料等として無機微粒子や有機化合物を必要に応じて添加してもよい。着色顔料としては、カーボンブラック、酸化チタン、酸化亜鉛、酸化鉄などの無機顔料の他、シアニン系、スチレン系、フタロシアイン系、アンスラキノン系、ペリノン系、イソインドリノン系、キノフタロン系、キノクリドン系、チオインディゴ系などの有機顔料等を使用することができる。また、炭酸カルシウムやシリカなどの改質剤も使用することができる。

20

【0079】

<ポリエステルの物性>

30

本発明のポリエステルの数平均分子量は、ポリスチレン換算で通常、下限が通常5000以上、好ましくは1万以上、より好ましくは、1.5万以上であり、上限が通常50万以下、好ましくは30万以下である。

本発明のポリエステル中に共有結合された官能基以外で含まれる窒素原子含有量は、ポリエステル質量に対して、1000wtppm以下である。ポリエステル中に共有結合された官能基以外で含まれる窒素原子含有量は好ましくは500wtppm以下、より好ましくは100wtppm以下、更に好ましくは50wtppm以下であり、その中でも40wtppm以下が好ましく、更には30wtppm以下が好ましく、20wtppm以下が最も好ましい。重合体中のポリエステル中に共有結合された官能基以外で含まれる窒素原子含有量は主に原料中の窒素元素に由来するものであるが、ポリエステル中に共有結合された官能基以外で含まれる窒素原子含有量が、ポリエステル質量に対して、1000wtppm以下であると成型時の着色や異物の発生が少なく、成型後製品の熱または光等の劣化や加水分解が起こりにくく好ましい。また、ポリエステル中に共有結合された官能基以外で含まれる窒素原子含有量が、ポリエステル質量に対して、100wtppm以下であるとポリエステルの着色や異物の発生が少なく用途によってはより好ましい。その含有量がより少ないとその効果は顕著となる。一方、共有結合された官能基以外でポリエステル中に含まれる窒素原子含有量は、ポリエステル質量に対して、0.01wtppm以上が好ましい。より好ましくは0.05wtppm以上、さらに好ましくは0.1wtppm以上、特に好ましくは1wtppm以上である。窒素原子含有量が0.01wtppm未満では原料の精製の際の負荷がかかりエネルギー上不利であり、環境に対しての影

40

50

響も無視できない。また窒素原子含有量が1wtppm以上であると脂肪族ポリエステルの場合には土壌における生分解速度が促進され好ましい。窒素原子含有量が上記の範囲にある原料を用いることで、通常には、重合反応において、ポリエステルの重合速度を低下させず、かつ、得られるポリエステルの生分解性を促進させることができる。窒素原子含有量は、後述するような従来公知の方法である化学発光法により測定することができる。

また、本発明においては、ポリエステル中に共有結合された官能基とは、上記のジイソシアネート化合物やカルボジイミド化合物から誘導されたウレタン官能基、未反応のイソシアネート官能基、尿素官能基、イソ尿素官能基ならびに未反応のカルボジイミド官能基を指す。従って、本発明においては、ポリエステル中に共有結合された官能基以外に含まれる窒素原子含有量は、ポリエステル中に含まれる総窒素原子含有量から上記のウレタン官能基、未反応のイソシアネート官能基、尿素官能基、イソ尿素官能基ならびに未反応のカルボジイミド官能基に帰属される窒素原子含有量を差し引いた値である。ウレタン官能基、未反応のイソシアネート官能基、尿素官能基、イソ尿素官能基ならびに未反応のカルボジイミド官能基の含有量は、上記の¹³C NMRやIR等の分光学的測定やポリエステルの製造時の仕込み量から算出される。

10

【0080】

本発明のポリエステル中に含まれる窒素原子含有量と原料中に含まれるアンモニア含有量の比は0より大きく0.9以下であるが好ましく、より好ましくは0より大きく0.6以下である。

本発明のポリエステル中の硫黄原子含有量は、原子換算として、ポリエステル質量に対して、上限が、500wtppm以下、好ましくは、50wtppm以下、より好ましくは、3wtppm以下、最も好ましくは、0.3wtppm以下である。一方、下限は、特に限定されないが、0.0001wtppm以上、好ましくは、0.001wtppm以上、より好ましくは、0.01wtppm以上であり、最も好ましくは、0.1wtppm以上である。硫黄含有量が多すぎるとポリエステルの熱安定性や耐加水分解性が低下する傾向があり、少なすぎる系は精製コストが著しく高くなりポリエステルの製造においては経済的に不利になる傾向がある。

20

【0081】

本発明で製造されるポリエステルの還元粘度(sp/c)値は、実用上十分な力学特性が得られる理由から、1.4以上であり、中でも1.6以上が好ましく、更には1.8以上が好ましく、特に2.0以上が特に好ましい。還元粘度(sp/c)値の上限は、ポリエステルの重合反応後の抜き出し易さならびに成形のし易さ等の操作性の観点から、通常、6.0以下、好ましくは5.0以下、更に好ましくは4.0以下である。

30

【0082】

本発明でいう還元粘度は以下の測定条件により測定されたものである。

〔還元粘度(sp/c)測定条件〕

粘度管：ウベローデ粘度管

測定温度：30

溶媒：フェノール/テトラクロロエタン(1:1重量比)溶液

ポリエステル濃度：0.5g/dl

40

本発明のポリエステルは、ポリエステル(0.5g)をフェノール/テトラクロロエタン(1:1重量比)溶液(容量：1dl)に室温で溶解させた際、均一に溶解するポリエステルが好ましく、ポリエステルの不溶成分が生じる場合、通常、不溶成分量は全ポリエステル中、1重量%以下、より好ましくは、0.1重量%以下、特に好ましくは0.01重量%以下であることが好ましい。

【0083】

本発明のポリエステルのカルボキシル基末端濃度は、通常、100当量/トン以下であるが、より好ましくは、その濃度は、50当量/トン以下、特に、35当量/トン以下、更には25当量/トン以下であることが好ましく、0.1当量/トン以上、好ましくは0.5当量/トン以上、特に1当量/トン以上が好ましい。この量が多くなると、ポリマー

50

の成形時の熱安定性や比較的長期の使用・保管時の耐加水分解性が低下する傾向があり、カルボキシル基が少なすぎるポリマーは、より好ましい形態ではあるが、このようなポリマーを製造するには極めて高額な設備投資を要する他、多大な製造時間を要するなど経済的に不利な点である。末端カルボキシル基量は、通常、公知の滴定方法により算出されるが、本発明においては、得られたポリエステルをベンジルアルコールに溶解し0.1N NaOHにて滴定した値であり、 1×10^6 g当たりのカルボキシル基当量である。

本発明で製造されるポリエステルは、通常、着色の少ないポリエステルであることが好ましい。本発明のポリエステルの黄色度(YI値)は、その上限が、通常、50以下、好ましくは30以下、より好ましくは20以下、更に好ましくは15以下、特に好ましくは10以下であり、一方、その下限は、特に限定されないが、通常-20以上、好ましくは、-10以上、より好ましくは、5以上、特に好ましくは-3以上、最も好ましくは-1以上である。高いYI値を示すポリエステルは、フィルムやシート等の使用用途が制限される欠点を有する。一方、低いYI値を示すポリエステルは、より好ましい形態ではあるが、このようなポリマーを製造するには製造プロセスが煩雑で極めて高額な設備投資を要するなど経済的に不利な点がある。本発明において、YI値は、JIS K7105に基づく方法で測定される値である。

10

【0084】

<ポリエステル組成物の用途>

本発明に係るポリエステルは、射出成形法、中空成形法および押出成形法などの汎用プラスチック成形法などにより、フィルム、ラミネートフィルム、シート、板、延伸シート、モノフィラメント、マルチフィラメント、不織布、フラットヤーン、ステーブル、捲縮繊維、筋付きテープ、スプリットヤーン、複合繊維、ブローボトル、発泡体などの成形品に利用可能である。その際、結晶核剤、酸化防止剤、滑剤、着色剤、離型剤、フィラー、他のポリマーなど、必要に応じ添加することができる。

20

【0085】

さらに、本発明に係るポリエステルは、従来の石油由来のポリマーに比較し環境に対する負荷が少ないため今後、ショッピングバッグ、ゴミ袋、農業用フィルム、化粧品容器、洗剤容器、漂白剤容器、釣り糸、漁網、ロープ、結束材、手術糸、衛生用カバーストック材、保冷箱、クッション材、医療材料、電気機器材料、家電筐体、自動車材料などの用途への使用が期待される。

30

【実施例】

【0086】

以下、本発明を実施例により具体的に説明するが、本発明はその要旨を超えない限り、これら実施例に限定されるものではない。なお、以下の例における特性値は、次の方法により測定した。

希薄溶液粘度(還元粘度)：ポリエステルを濃度0.5g/dLとなるようにフェノール/テトラクロロエタン(1/1(質量比)混合液)に溶解し、溶液が30の恒温槽中で粘度管を落下する時間 t (sec)を測定した。また溶媒のみの落下する時間 t_0 (sec)を測定し30での還元粘度 η_{sp}/C ($= (t - t_0) / t_0 \cdot C$)を算出した(C は溶液の濃度)。

40

【0087】

窒素原子含有量：試料数10mgを石英ポートへ採取して、全窒素分析計(三菱化学社製TN-10型)を用いて試料を燃焼し、化学発光法により決定した。

硫黄原子含有量：試料約0.1gを白金製ポートに採取して石英管管状炉(三菱化学社製AQF-100(濃縮システム))で燃焼し、燃焼ガス中の硫黄分を0.1%-過酸化水素水で吸収させた。その後、吸収液中の硫酸イオンをイオンクロマトグラフ(Dionex社製ICS-1000型)を用いて測定した。

YI値：JIS K7105の方法に基づいて測定した。

【0088】

参考例1

50

< 遺伝子破壊用ベクターの構築 >

(A) 枯草菌ゲノムDNAの抽出

LB培地 [組成: トリプトン 10 g、イーストエキストラクト 5 g、NaCl 5 g を蒸留水 1 L に溶解] 10 mL に、枯草菌 (*Bacillus subtilis* ISW 1214) を対数増殖期後期まで培養し、菌体を集めた。得られた菌体を 10 mg/mL の濃度にリゾチームを含む 10 mM NaCl / 20 mM トリス緩衝液 (pH 8.0) / 1 mM EDTA・2 Na 溶液 0.15 mL に懸濁した。

【0089】

次に、上記懸濁液にプロテナーゼ K を、最終濃度が 100 µg/mL になるように添加し、37 で 1 時間保温した。さらにドデシル硫酸ナトリウムを最終濃度が 0.5% になるように添加し、50 で 6 時間保温して溶菌した。この溶菌液に、等量のフェノール/クロロフォルム溶液を添加し、室温で 10 分間ゆるやかに振盪した後、全量を遠心分離 (5,000 × g、20 分間、10~12) し、上清画分を分取し、酢酸ナトリウムを 0.3 M となるように添加した後、2 倍量のエタノールを加え混合した。遠心分離 (15,000 × g、2 分) により回収した沈殿物を 70% エタノールで洗浄した後、風乾した。得られた DNA に 10 mM トリス緩衝液 (pH 7.5) - 1 mM EDTA・2 Na 溶液 5 mL を加え、4 で一晩静置し、以後の PCR の鋳型 DNA に使用した。

10

【0090】

(B) PCR による SacB 遺伝子の増幅およびクローニング

枯草菌 SacB 遺伝子の取得は、上記 (A) で調製した DNA を鋳型とし、既に報告されている該遺伝子の塩基配列 (GenBank Database Accession No. X02730) を基に設計した合成 DNA (配列番号 1 および配列番号 2) を用いた PCR によって行った。

20

【0091】

反応液組成: 鋳型 DNA 1 µL、Pfx DNA ポリメラーゼ (インビトロジェン社製) 0.2 µL、1 倍濃度添付バッファー、0.3 µM 各々プライマー、1 mM MgSO₄、0.25 µM dNTPs を混合し、全量を 20 µL とした。

反応温度条件: DNA サーマルサイクラー PTC-200 (MJ Research 社製) を使い、94 で 20 秒、68 で 2 分からなるサイクルを 35 回繰り返した。但し、1 サイクル目の 94 での保温は 1 分 20 秒、最終サイクルの 68 での保温は 5 分と

30

【0092】

増幅産物の確認は、0.75% アガロース (Seakem GTG agarose: FMC BioProducts 製) ゲル電気泳動により分離後、臭化エチジウム染色により可視化することにより行い、約 2 kb の断片を検出した。ゲルからの目的 DNA 断片の回収は、QIAquick Gel Extraction Kit (QIAGEN 製) を用いて行った。

【0093】

回収した DNA 断片は、T4 ポリヌクレオチドキナーゼ (T4 Polynucleotide Kinase: 宝酒造製) により 5' 末端をリン酸化した後、ライゲーションキット ver. 2 (宝酒造製) を用いて大腸菌ベクター (pBluescript II: STRATEGENE 製) の EcoRV 部位に結合し、得られたプラスミド DNA で大腸菌 (DH5 株) を形質転換した。この様にして得られた組換え大腸菌を 50 µg/mL アンピシリンおよび 50 µg/mL X-Gal を含む LB 寒天培地 [トリプトン 10 g、イーストエキストラクト 5 g、NaCl 5 g 及び寒天 15 g を蒸留水 1 L に溶解] に塗抹した。

40

【0094】

この培地上で白色のコロニーを形成したクローンを、次に 50 µg/mL アンピシリンおよび 10% ショ糖を含む LB 寒天培地に移し 37 で 24 時間培養した。これらのクローンのうち、ショ糖を含む培地で生育できなかったものについて、常法により液体培養し

50

た後、プラスミドDNAを精製した。SacB遺伝子が大腸菌内で機能的に発現する株は、ショ糖含有培地にて生育不能となるはずである。得られたプラスミドDNAを制限酵素SalIおよびPstIで切断することにより、約2kbの挿入断片が認められ、該プラスミドをpBS/SacBと命名した。

【0095】

(C) クロラムフェニコール耐性SacBベクターの構築

大腸菌プラスミドベクターpHSG396(宝酒造:クロラムフェニコール耐性マーカー)500ngに制限酵素PshBI10ユニットを37で一時間反応させた後、フェノール/クロロフォルム抽出およびエタノール沈殿により回収した。クレノウフラグメント(Klenow Fragment:宝酒造製)により両末端を平滑化した後、ライゲーションキットver.2(宝酒造製)を用いてMluIリンカー(宝酒造)を連結、環状化させ、大腸菌(DH5株)を形質転換した。この様にして得られた組換え大腸菌を34μg/mLクロラムフェニコールを含むLB寒天培地に塗抹した。得られたクローンから常法によりプラスミドDNAを調製し、制限酵素MluIの切断部位を有するクローンを選抜し、pHSG396Mluと命名した。

10

【0096】

一方、上記(B)にて構築したpBS/SacBを制限酵素SalIおよびPstIで切断した後、クレノウフラグメントにて末端を平滑化した。これにライゲーションキットver.2(宝酒造製)を用いてMluIリンカーを連結したのち、0.75%アガロースゲル電気泳動によりSacB遺伝子を含む約2.0kbのDNA断片を分離、回収した。このSacB遺伝子断片を、制限酵素MluI切断後、アルカリフォスファターゼ(Alkaline Phosphatase Calf intestine:宝酒造)にて末端を脱リン酸化したpHSG396Mlu断片とライゲーションキットver.2(宝酒造製)を用いて連結させ、大腸菌(DH5株)を形質転換した。この様にして得られた組換え大腸菌を34μg/mLクロラムフェニコールを含むLB寒天培地に塗抹した。こうして得られたコロニーを、次に34μg/mLクロラムフェニコールおよび10%ショ糖を含むLB寒天培地に移し37で24時間培養した。これらのクローンのうち、ショ糖を含む培地で生育できなかったものについて、常法によりプラスミドDNAを精製した。こうして得られたプラスミドDNAをMluI切断により解析した結果、約2.0kbの挿入断片を持つことが確認され、これをpCMB1と命名した。

20

30

【0097】

(D) カナマイシン耐性遺伝子の取得

カナマイシン耐性遺伝子の取得は、大腸菌プラスミドベクターpHSG299(宝酒造:カナマイシン耐性マーカー)のDNAを鋳型とし、配列番号3および配列番号4で示した合成DNAをプライマーとしたPCR法によって行った。

反応液組成:鋳型DNA1ng、PyrobestDNAポリメラーゼ(宝酒造)0.1μL、1倍濃度添付バッファー、0.5μM各々プライマー、0.25μMdNTPsを混合し、全量を20μLとした。

【0098】

反応温度条件:DNAサーマルサイクラーPTC-200(MJResearch社製)を用い、94で20秒、62で15秒、72で1分20秒からなるサイクルを20回繰り返した。但し、1サイクル目の94での保温は1分20秒、最終サイクルの72での保温は5分とした。

40

増幅産物の確認は、0.75%アガロース(SeaKem GTG agarose:FMCBioProducts製)ゲル電気泳動により分離後、臭化エチジウム染色により可視化することにより行い、約1.1kbの断片を検出した。ゲルからの目的DNA断片の回収は、QIAquick Gel Extraction Kit(QIAGEN製)を用いて行った。回収したDNA断片は、T4ポリヌクレオチドキナーゼ(T4 Polynucleotide Kinase:宝酒造製)により5'末端をリン酸化した。

【0099】

50

(E) カナマイシン耐性 SacB ベクターの構築

上記(C)で構築した pCMB1 を制限酵素 *Van91I* および *ScaI* で切断して得られた約 3.5 kb の DNA 断片を 0.75% アガロースゲル電気泳動により分離、回収した。これを上記(D)で調製したカナマイシン耐性遺伝子と混合し、ライゲーションキット *ver. 2* (宝酒造製) を用いて連結し、得られたプラスミド DNA で大腸菌 (DH5 株) を形質転換した。この様にして得られた組換え大腸菌を 50 µg/mL カナマイシンを含む LB 寒天培地に塗抹した。

【0100】

このカナマイシン含有培地上で生育した株は、ショ糖含有培地にて生育不能であることが確認された。また、同株から調製したプラスミド DNA は、制限酵素 *HindIII* 消化により 354、473、1807、1997 bp の断片を生じたことから、図1に示した構造に間違いがないと判断し、該プラスミドを pKMB1 と命名した。

10

【0101】

参考例 2

< LDH 遺伝子破壊株の作製 >

(A) プレバクテリウム・フラバム MJ233 - ES 株ゲノム DNA の抽出

A 培地 [尿素 2 g、(NH₄)₂SO₄ 7 g、KH₂PO₄ 0.5 g、K₂HPO₄ 0.5 g、MgSO₄·7H₂O 0.5 g、FeSO₄·7H₂O 6 mg、MnSO₄·4-5H₂O 6 mg、ビオチン 200 µg、チアミン 100 µg、イーストエキストラクト 1 g、カザミノ酸 1 g、グルコース 20 g、蒸留水 1 L に溶解] 10 mL に、プレバクテリウム・フラバム MJ-233 株を対数増殖期後期まで培養し、得られた菌体から上記参考例1の(A)に示す方法にてゲノム DNA を調製した。

20

【0102】

(B) ラクテートデヒドロゲナーゼ遺伝子のクローニング

MJ233 株ラクテートデヒドロゲナーゼ遺伝子の取得は、上記(A)で調製した DNA を鋳型とし、特開平 11-206385 に記載の該遺伝子の塩基配列を基に設計した合成 DNA (配列番号 5 および配列番号 6) を用いた PCR によって行った。

反応液組成：鋳型 DNA 1 µL、Taq DNA ポリメラーゼ (宝酒造) 0.2 µL、1 倍濃度添付バッファー、0.2 µM 各々プライマー、0.25 µM dNTPs を混合し、全量を 20 µL とした。

30

【0103】

反応温度条件：DNA サーマルサイクラー PTC-200 (MJ Research 社製) を用い、94 で 20 秒、55 で 20 秒、72 で 1 分からなるサイクルを 30 回繰り返した。但し、1 サイクル目の 94 での保温は 1 分 20 秒、最終サイクルの 72 での保温は 5 分とした。

増幅産物の確認は、0.75% アガロース (SeaKem GTG agarose: FMC BioProducts 製) ゲル電気泳動により分離後、臭化エチジウム染色により可視化することにより行い、約 0.95 kb の断片を検出した。ゲルからの目的 DNA 断片の回収は、QIAquick Gel Extraction Kit (QIAGEN 製) を用いて行った。

40

【0104】

回収した DNA 断片を、PCR 産物クローニングベクター pGEM-TEasy (Promega 製) と混合し、ライゲーションキット *ver. 2* (宝酒造製) を用いて連結後、得られたプラスミド DNA で大腸菌 (DH5 株) を形質転換した。この様にして得られた組換え大腸菌を 50 µg/mL アンピシリンおよび 50 µg/mL X-Gal を含む LB 寒天培地に塗抹した。

【0105】

この培地上で白色のコロニーを形成したクローンを、常法により液体培養した後、プラスミド DNA を精製した。得られたプラスミド DNA を制限酵素 *SacI* および *SphI* で切断することにより、約 1.0 kb の挿入断片が認められ、これを pGEMT/CgI

50

DHと命名した。

【0106】

(C) ラクテートデヒドロゲナーゼ遺伝子破壊用プラスミドの構築

上記(B)で作製したpGEMT/CgLDHを制限酵素EcoRVおよびXbaIで切断することにより約0.25kbからなるラクテートデヒドロゲナーゼのコーディング領域を切り出した。残った約3.7kbのDNA断片の末端をクレノウフラグメントにて平滑化し、ライゲーションキットver.2(宝酒造製)を用いて環状化させ、大腸菌(DH5株)を形質転換した。この様にして得られた組換え大腸菌を50μg/mLアンピシリンを含むLB寒天培地に塗抹した。

【0107】

この培地上で生育した株を、常法により液体培養した後、プラスミドDNAを精製した。得られたプラスミドDNAを制限酵素SacIおよびSphIで切断することにより、約0.75kbの挿入断片が認められたクローンを選抜し、これをpGEMT/LDHと命名した。

次に、上記pGEMT/LDHを制限酵素SacIおよびSphIにて切断して生じる約0.75kbのDNA断片を、0.75%アガロースゲル電気泳動により分離、回収し、欠損領域を含むラクテートデヒドロゲナーゼ遺伝子断片を調製した。このDNA断片を、制限酵素SacIおよびSphIにて切断した参考例1にて構築したpKMB1と混合し、ライゲーションキットver.2(宝酒造製)を用いて連結後、得られたプラスミドDNAで大腸菌(DH5株)を形質転換した。この様にして得られた組換え大腸菌を50μg/mLカナマイシンおよび50μg/mL X-Galを含むLB寒天培地に塗抹した。

【0108】

この培地上で白色のコロニーを形成したクローンを、常法により液体培養した後、プラスミドDNAを精製した。得られたプラスミドDNAを制限酵素SacIおよびSphIで切断することにより、約0.75kbの挿入断片が認められたものを選抜し、これをpKMB1/LDHと命名した(図2)。

(D) プレバクテリウム・フラバムMJ233-ES株由来ラクテートデヒドロゲナーゼ遺伝子破壊株の作製

プレバクテリウム・フラバムMJ-233株の形質転換に用いるプラスミドDNAは、pKMB1/LDHを用いて塩化カルシウム法(Journal of Molecular Biology, 53, 159, 1970)により形質転換した大腸菌JM110株から調製した。

【0109】

プレバクテリウム・フラバムMJ233-ES株の形質転換は、電気パルス法(Res. Microbiol., Vol. 144, p. 181-185, 1993)によって行い、得られた形質転換体をカナマイシン50μg/mLを含むLBG寒天培地[トリプトン10g、イーストエキストラクト5g、NaCl 5g、グルコース20g、及び寒天15gを蒸留水1Lに溶解]に塗抹した。

【0110】

この培地上に生育した株は、pKMB1/LDHがプレバクテリウム・フラバムMJ233-ES株菌体内で複製不可能なプラスミドであるため、該プラスミドのラクテートデヒドロゲナーゼ遺伝子とプレバクテリウム・フラバムMJ-233株ゲノム上の同遺伝子との間で相同組み換えを起こした結果、同ゲノム上に該プラスミドに由来するカナマイシン耐性遺伝子およびSacB遺伝子が挿入されているはずである。

【0111】

次に、上記相同組み換え株をカナマイシン50μg/mLを含むLBG培地にて液体培養した。この培養液の菌体数約100万相当分を10%ショ糖含有LBG培地に塗抹にした。結果、2回目の相同組み換えによりSacB遺伝子が脱落しショ糖非感受性となったと考えられる株約10個得た。

10

20

30

40

50

この様にして得られた株の中には、そのラクテートデヒドロゲナーゼ遺伝子が p K M B 1 / L D H に由来する変異型に置き換わったものと野生型に戻ったものが含まれる。ラクテートデヒドロゲナーゼ遺伝子の変異型であるか野生型であるかの確認は、L B G 培地にて液体培養して得られた菌体を直接 P C R 反応に供し、ラクテートデヒドロゲナーゼ遺伝子の検出を行うことによって容易に確認できる。ラクテートデヒドロゲナーゼ遺伝子を P C R 増幅するためのプライマー（配列番号 7 および配列番号 8）を用いて分析すると、野生型では 7 2 0 b p、欠失領域を持つ変異型では 4 7 1 b p の D N A 断片を認めるはずである。

上記方法にてショ糖非感受性となった菌株を分析した結果、変異型遺伝子のみを有する株を選抜し、該株をプレバクテリウム・フラバム M J 2 3 3 / L D H と命名した。

10

【 0 1 1 2 】

（ E ）ラクテートデヒドロゲナーゼ活性の確認

上記（ D ）で作製したプレバクテリウム・フラバム M J 2 3 3 / L D H 株を A 培地に植菌し、30℃で15時間好氣的に振とう培養した。得られた培養物を遠心分離（3,000 × g、4分、20分間）して菌体を回収後、ナトリウム - リン酸緩衝液 [組成：50 m M リン酸ナトリウム緩衝液 (pH7.3)] で洗浄した。

【 0 1 1 3 】

次いで、洗浄菌体 0.5 g（湿重量）を上記ナトリウム - リン酸緩衝液 2 m L に懸濁し、氷冷下で超音波破碎器（ブランソン社製）にかけ菌体破碎物を得た。該破碎物を遠心分離（10,000 × g、4分、30分間）し、上清を粗酵素液として得た。対照として、プレバクテリウム・フラバム M J 2 3 3 - E S 株の粗酵素液を同様に調製し、以下の活性測定に供した。

20

【 0 1 1 4 】

ラクテートデヒドロゲナーゼ酵素活性の確認は、両粗酵素液について、ピルビン酸を基質とした乳酸の生成に伴い、補酵素 N A D H が N A D⁺ に酸化されるのを、340 n m の吸光度変化として測定した [L . K a n a r e k a n d R . L . H i l l , J . B i o l . C h e m . 239, 4202 (1964)]。反応は、50 m M カリウム - リン酸緩衝液 (pH7.2)、10 m M ピルビン酸、0.4 m M N A D H 存在下、37℃にて行った。その結果、プレバクテリウム・フラバム M J 2 3 3 - E S 株から調製された粗酵素液におけるラクテートデヒドロゲナーゼ活性に対し、プレバクテリウム・フラバム M J 2 3 3 / L D H 株から調製された粗酵素液におけるラクテートデヒドロゲナーゼ活性は、10分の1以下であった。

30

【 0 1 1 5 】

参考例 3

< コリネ型細菌発現ベクターの構築 >

（ A ）コリネ型細菌用プロモーター断片の調製

コリネ型細菌で強力なプロモーター活性を有することが報告された特開平 7 - 9 5 8 9 1 の配列番号 4 に記載の D N A 断片（以降 T Z 4 プロモーターと称する）を利用することとした。本プロモーター断片の取得は、参考例 2 の（ A ）で調製したプレバクテリウム・フラバム M J 2 3 3 ゲノム D N A を鋳型とし、特開平 7 - 9 5 8 9 1 の配列番号 4 に記載の配列を基に設計した合成 D N A（配列番号 9 および配列番号 10）を用いた P C R によって行った。

40

【 0 1 1 6 】

反応液組成：鋳型 D N A 1 μ L、P f x D N A ポリメラーゼ（インビトロジェン社製）0.2 μ L、1 倍濃度添付バッファー、0.3 μ M 各々プライマー、1 m M M g S O₄、0.25 μ M d N T P s を混合し、全量を 20 μ L とした。

反応温度条件：D N A サーマルサイクラー P T C - 2 0 0（M J R e s e a r c h 社製）を用い、94℃で20秒、60℃で20秒、72℃で30秒からなるサイクルを35回繰り返した。但し、1 サイクル目の 94℃での保温は1分20秒、最終サイクルの 72℃での保温は2分とした。

50

【0117】

増幅産物の確認は、2.0%アガロース (SeaKem GTG agarose: FMC BioProducts 製) ゲル電気泳動により分離後、臭化エチジウム染色により可視化することにより行い、約0.25 kbの断片を検出した。ゲルからの目的DNA断片の回収は、QIAquick Gel Extraction Kit (QIAGEN 製) を用いて行った。

【0118】

回収したDNA断片は、T4 ポリヌクレオチドキナーゼ (T4 Polynucleotide Kinase: 宝酒造製) により5'末端をリン酸化した後、ライゲーションキット ver. 2 (宝酒造製) を用いて大腸菌ベクター pUC19 (宝酒造) の SmaI 部位に結合し、得られたプラスミドDNAで大腸菌 (DH5 株) を形質転換した。この様にして得られた組換え大腸菌を50 µg/mLアンピシリンおよび50 µg/mL X-Gal を含むLB寒天培地に塗抹した。

10

【0119】

この培地上で白色のコロニーを形成した6クローンについて、常法により液体培養した後、プラスミドDNAを精製し、塩基配列を決定した。これ中でTZ4プロモーターがpUC19のlacプロモーターと逆方向に転写活性を有するように挿入されたクローンを選抜し、これをpUC/TZ4と命名した。

次に、pUC/TZ4を制限酵素 BamHI および PstI で切断して調製したDNA断片に、5'末端がリン酸化された合成DNA (配列番号11および配列番号12) から成り、両末端にそれぞれ BamHI と PstI に対する粘着末端を有するDNAリンカーを混合し、ライゲーションキット ver. 2 (宝酒造製) を用いて連結後、得られたプラスミドDNAで大腸菌 (DH5 株) を形質転換した。本DNAリンカーには、リボソーム結合配列 (AGGAGG) およびその下流に配したクローニングサイト (上流から順に、PacI、NotI、ApaI) が含まれている。

20

【0120】

この培地上で白色のコロニーを形成したクローンを、常法により液体培養した後、プラスミドDNAを精製した。得られたプラスミドDNAの中から制限酵素 NotI によって切断されるものを選抜し、これをpUC/TZ4-SDと命名した。

この様にして構築したpUC/TZ4-SDを制限酵素 PstI で切断後、クレノウフラグメントにて末端を平滑化し、次いで制限酵素 KpnI で切断することにより生じた約0.3 kbのプロモーター断片を、2.0%アガロースゲル電気泳動により分離、回収した。

30

【0121】

(B) コリネ型細菌発現ベクターの構築

コリネ型細菌にて安定的に自立複製可能なプラスミドとして、特開平12-93183記載のpHSG298 par-repを利用する。本プラスミドは、プレバクテリウム・スタチオニスIFO12144株が保有する天然型プラスミドpBY503の複製領域および安定化機能を有する領域と大腸菌ベクターpHSG298 (宝酒造) に由来するカナマイシン耐性遺伝子および大腸菌の複製領域を備える。pHSG298 par-rep を制限酵素 SseI で切断後、クレノウフラグメントにて末端を平滑化し、次いで制限酵素 KpnI で切断することによって調製したDNAを、上記(A)で調製したTZ4プロモーター断片と混合し、ライゲーションキット ver. 2 (宝酒造製) を用いて連結後、得られたプラスミドDNAで大腸菌 (DH5 株) を形質転換した。この様にして得られた組換え大腸菌を50 µg/mLカナマイシンを含むLB寒天培地に塗抹した。

40

この培地上で生育した株を、常法により液体培養した後、プラスミドDNAを精製した。得られたプラスミドDNAの中から制限酵素 NotI によって切断されるものを選抜し、該プラスミドをpTZ4と命名した (図3に構築手順を示した)。

【0122】

参考例4

50

< ピルベートカルボキシラーゼ活性増強株の作製 >

(A) ピルベートカルボキシラーゼ遺伝子の取得

ブレバクテリウム・フラバム MJ 233 株由来ピルベートカルボキシラーゼ遺伝子の取得は、参考例 2 の (A) で調製した DNA を鋳型とし、全ゲノム配列が報告されているコリネバクテリウム・グルタミカム ATCC 13032 株の該遺伝子の配列 (GenBank Database Accession No. AP005276) を基に設計した合成 DNA (配列番号 13 および配列番号 14) を用いた PCR によって行った。

【0123】

反応液組成：鋳型 DNA 1 μ L、Pfx DNA ポリメラーゼ (インビトロジェン社製) 0.2 μ L、1 倍濃度添付バッファー、0.3 μ M 各々プライマー、1mM MgSO₄、0.25 μ M dNTPs を混合し、全量を 20 μ L とした。 10

反応温度条件：DNA サーマルサイクラー PTC-200 (MJ Research 社製) を用い、94 で 20 秒、68 で 4 分からなるサイクルを 35 回繰り返した。但し、1 サイクル目の 94 での保温は 1 分 20 秒、最終サイクルの 68 での保温は 10 分とした。PCR 反応終了後、Takara Ex Taq (宝酒造) を 0.1 μ L 加え、さらに 72 で 30 分保温した。

【0124】

増幅産物の確認は、0.75% アガロース (SeaKem GTG agarose: FMC BioProducts 製) ゲル電気泳動により分離後、臭化エチジウム染色により可視化することにより行い、約 3.7 kb の断片を検出した。ゲルからの目的 DNA 断片の回収は、QIAquick Gel Extraction Kit (QIAGEN 製) を用いて行った。 20

【0125】

回収した DNA 断片を、PCR 産物クローニングベクター pGEM-TEasy (Promega 製) と混合し、ライゲーションキット ver. 2 (宝酒造製) を用いて連結後、得られたプラスミド DNA で大腸菌 (DH5 株) を形質転換した。この様にして得られた組換え大腸菌を 50 μ g/mL アンピシリンおよび 50 μ g/mL X-Gal を含む LB 寒天培地に塗抹した。

【0126】

この培地上で白色のコロニーを形成したクローンを、常法により液体培養した後、プラスミド DNA を精製した。得られたプラスミド DNA を制限酵素 PacI および ApaI で切断することにより、約 3.7 kb の挿入断片が認められ、これを pGEM/MJPC と命名した。 30

pGEM/MJPC の挿入断片の塩基配列は、アプライドバイオシステム社製塩基配列解読装置 (モデル 377XL) およびピクダイターミネーターサイクルシークエンスキット ver 3 を用いて決定した。その結果得られた DNA 塩基配列および推測されるアミノ酸配列を配列番号 15 に記載する。また、アミノ酸配列のみを配列番号 16 に記載する。本アミノ酸配列はコリネバクテリウム・グルタミカム ATCC 13032 株由来のそれと極めて高い相同性 (99.4%) を示すことから、pGEM/MJPC の挿入断片がブレバクテリウム・フラバム MJ 233 株由来のピルベートカルボキシラーゼ遺伝子であると断定した。 40

【0127】

(B) ピルベートカルボキシラーゼ活性増強用プラスミドの構築

上記 (A) で作製した pGEM/MJPC を制限酵素 PacI および ApaI で切断することにより生じる約 3.7 kb からなるピルベートカルボキシラーゼ遺伝子断片を、0.75% アガロースゲル電気泳動により分離、回収した。

この DNA 断片を、制限酵素 PacI および ApaI にて切断した、参考例 3 にて構築した pTZ4 と混合し、ライゲーションキット ver. 2 (宝酒造製) を用いて連結後、得られたプラスミド DNA で大腸菌 (DH5 株) を形質転換した。この様にして得られた組換え大腸菌を 50 μ g/mL カナマイシンを含む LB 寒天培地に塗抹した。 50

この培地上で生育した株を、常法により液体培養した後、プラスミドDNAを精製した。得られたプラスミドDNAを制限酵素PacIおよびApaIで切断することにより、約3.7kbの挿入断片が認められたものを選抜し、これをpMJPC1と命名した(図4)。

【0128】

(C) プレバクテリウム・フラバムMJ233 / LDH株への形質転換

プレバクテリウム・フラバムMJ233株内で複製可能なpMJPC1による形質転換用のプラスミドDNAは、上記(B)で形質転換した大腸菌(DH5株)から調製した。

【0129】

プレバクテリウム・フラバムMJ233 / LDH株への形質転換は、電気パルス法(Res. Microbiol., Vol. 144, p. 181-185, 1993)によって行い、得られた形質転換体をカナマイシン50 μ g/mLを含むLBG寒天培地[トリプトン10g、イーストエキストラクト5g、NaCl 5g、グルコース20g、及び寒天15gを蒸留水1Lに溶解]に塗抹した。

この培地上に生育した株から、常法により液体培養した後、プラスミドDNAを抽出、制限酵素切断による解析を行った結果、同株がpMJPC1を保持していることを確認し、該株をプレバクテリウム・フラバムMJ233 / PC / LDH株と命名した。

【0130】

(D) ピルベートカルボキシラーゼ酵素活性

上記(C)で得られた形質転換株プレバクテリウム・フラバムMJ233 / PC / LDH株をグルコース2%、カナマイシン25mg/Lを含むA培地100mLで終夜培養を行った。得られた菌体を集菌後、50mMリン酸カリウム緩衝液(pH7.5)50mLで洗浄し、同組成の緩衝液20mLに再度懸濁させた。懸濁液をSONIFIER350(BRANSON製)で破碎し、遠心分離した上清を無細胞抽出液とした。得られた無細胞抽出液を用いピルベートカルボキシラーゼ活性を測定した。酵素活性の測定は100mM Tris/HCl緩衝液(pH7.5)、0.1mg/10mLビオチン、5mM塩化マグネシウム、50mM炭酸水素ナトリウム、5mMピルピン酸ナトリウム、5mMアデノシン三リン酸ナトリウム、0.32mM NADH、20units/1.5mLリンゴ酸デヒドロゲナーゼ(WAKO製、酵母由来)及び酵素を含む反応液中で25にて反応させることにより行った。1Uは1分間に1 μ molのNADHの減少を触媒する酵素量とした。ピルベートカルボキシラーゼを発現させた無細胞抽出液における比活性は0.2U/mg蛋白質であった。なお親株であるMJ233 / LDH株をA培地を用いて同様に培養した菌体では、本活性測定方法によりピルベートカルボキシラーゼ活性は検出されなかった。

【0131】

参考例5

<発酵液の調製>

尿素：4g、硫酸アンモニウム：14g、リン酸1カリウム：0.5g、リン酸2カリウム0.5g、硫酸マグネシウム・7水和物：0.5g、硫酸第一鉄・7水和物：20mg、硫酸マンガン・水和物：20mg、D-ビオチン：200 μ g、塩酸チアミン：200 μ g、酵母エキス：1g、カザミノ酸：1g、及び蒸留水：1000mLの培地100mLを500mLの三角フラスコにいれ、120、20分加熱滅菌した。これを室温まで冷やし、あらかじめ滅菌した50%グルコース水溶液を4mL、無菌濾過した5%カナマイシン水溶液を50 μ L添加し、参考例4(C)で作製したプレバクテリウム・フラバムMJ233 / PC / LDH株を接種して24時間30にて種培養した。

【0132】

尿素：12g、硫酸アンモニウム：42g、リン酸1カリウム：1.5g、リン酸2カリウム1.5g、硫酸マグネシウム・7水和物：1.5g、硫酸第一鉄・7水和物：60mg、硫酸マンガン・水和物：60mg、D-ビオチン：600 μ g、塩酸チアミン：6

10

20

30

40

50

00 μg、酵母エキス3g、カザミノ酸3g、消泡剤（アデカノールLG294：旭電化製）：1mL及び蒸留水：2500mLの培地を5Lの発酵槽に入れ、120、20分加熱滅菌した。これを室温まで冷やした後、あらかじめ滅菌した12%グルコース水溶液を500mL添加し、これに前述の種培養液を全量加えて、30に保温した。通気は毎分500mL、攪拌は毎分500回転で本培養を行った。12時間後にグルコースがほぼ消費されていた。

【0133】

硫酸マグネシウム・7水和物：1.5g、硫酸第一鉄・7水和物：60mg、硫酸マンガニン・水和物：60mg、D-ピオチン：600μg、塩酸チアミン：600μg、消泡剤（アデカノールLG294：旭電化製）：5mL及び蒸留水：1.5Lの培地を3Lの三角フラスコに入れ、120、20分加熱滅菌した。室温まで冷やした後、上記の本培養により得られた培養液を10000g、5分の遠心分離により集菌した菌体を添加して、OD_{660nm}が60になるように再懸濁した。この懸濁液1.5Lとあらかじめ滅菌した20%グルコース溶液1.5Lを5Lのジャーファーマンターに入れて混合し、35に保温した。pHは2M炭酸アンモニウムを用いて7.6に保ち、毎分500mLで通気、毎分300回転で攪拌しながら反応を行った。反応開始後約50時間でグルコースがほぼ消費されていた。コハク酸が57g/L蓄積されていた。この発酵液を10000g、5分間の遠心分離、限外濾過（日東電工（株）製NTU-3000-C1R）により菌体と上清に分離した。以上の操作を30回行うことにより、コハク酸発酵液上清を103L得ることが出来た。

【0134】

<コハク酸発酵液からの琥珀酸精製>

上記のようにして得られたコハク酸発酵液上清を103L（琥珀酸含有量5.87kg）を、減圧しながらジャケット付き攪拌槽にて濃縮し、琥珀酸の濃度が32.9%、アンモニア11.9%の濃縮液：17.8kg（計算値）を得た。これに酢酸（ダイセル化学社製）を8.58kg加えて30まで冷却し、更にメタノール（キシダ化学社製）を4.0kg加えて15まで冷却し1時間攪拌した後、20にて4時間攪拌を続けた。

【0135】

結晶が析出しており、これを遠心ろ過器にてろ過を行い、琥珀酸を74.6%、酢酸3.5%、アンモニア12.2%を含有する結晶4.95kgを得た。

酢酸11.3kgに得られた結晶4.9kgをいれ、85にて溶解し、直ちに20まで冷却した。既に結晶は析出していたが、そのまま更に3時間攪拌を続けた後、遠心ろ過器にてろ過を行い、琥珀酸87.9%、酢酸8.4%、アンモニア0.6%を含有する結晶2.44kgを得た。

【0136】

5に冷やした脱塩水3.5Lにて得られた結晶を懸洗し、これを遠心ろ過器にてろ過すると、琥珀酸90%、酢酸1.7%、アンモニア0.05%（およそ500ppm）含有する2.08kgの結晶が得られた。

この粗琥珀酸結晶2.0kgを28.5Lの脱塩水に溶解し、1Lのイオン交換樹脂（三菱化学社製SK1BH）をつめた塔にSV=2にて通液し、約33Lの処理液を得た。これを減圧したロータリーエバポレータに連続フィードしながら、およそ5.2Lまで濃縮した。この段階で既に結晶が析出していた。更に、5に冷却し、2時間攪拌を続けた後、これをろ過すると、琥珀酸96.7%の結晶1.76kgを得た。

これを真空乾燥機にて乾燥すると1.68kgの琥珀酸を得る事が出来た。

【0137】

実施例1

<バイオマス資源由来コハク酸を用いたポリエステル製造>

攪拌装置、窒素導入口、加熱装置、温度計及び減圧用排気口を備えた反応容器に、上述のような方法で得られた窒素原子含有量16ppm、硫黄原子含有量2ppmのバイオマス資源由来のコハク酸を100重量部、三菱化学（株）社製工業グレードの1,4ブタン

ジオール 88.5 重量部、リンゴ酸 0.18 重量部ならびに触媒として二酸化ゲルマニウムを予め 0.98 重量% 溶解させた 88% 乳酸水溶液 5.4 重量部を仕込み、減圧（到達減圧度 0.2 kPa）後、窒素ガスで大気圧まで復圧する操作を三回繰り返す方法によって系内を窒素雰囲気下にした。

【0138】

次に、系内を 100 rpm で攪拌しながら 220 に昇温し、この温度で 1 時間反応させた。次に、30 分かけて 235 まで昇温し、同時に 1.5 時間かけて 0.07×10^3 Pa になるように減圧し、同減圧度で 4 時間反応を行った。ここで、減圧後の攪拌装置の攪拌速度は 100 rpm、60 rpm、30 rpm と段階的に下げ、重合終了前 30 分間の攪拌速度を 6 rpm とした。得られた白色のポリエステル（黄色度 YI は 17）の還元粘度（sp/c）は 2.3 であった。得られたポリエステル（0.5 g）は、1 dL のフェノール/テトラクロロエタン（1/1（質量比）混合液）に室温で均一に溶解した。

10

【0139】

比較例 1

減圧後の攪拌装置の攪拌速度を 100 rpm、60 rpm、30 rpm と段階的に下げ、その後の攪拌速度を 20 rpm に固定した以外は実施例 1 と同様に行った。粘度が上昇するに伴い、せん断発熱より反応温度は 245 まで上昇した。得られた淡黄色のポリエステルの還元粘度（sp/c）は 2.0 であり、ポリマーの分解が併発したことが示唆される（黄色度 YI は 28）。得られたポリエステル（0.5 g）は、1 dL のフェノール/テトラクロロエタン（1/1（質量比）混合液）に室温で均一に溶解した。

20

【0140】

比較例 2

減圧後の攪拌装置の攪拌速度を 100 rpm、60 rpm、30 rpm と段階的に下げ、その後攪拌を止めて減圧度を 30 分間 0.07×10^3 Pa に保った以外は実施例 1 と同様に行った。抜き出されたポリエステルには一部ゲル化したポリエステルが混入され、粘度ムラが生じていることが判明した。例えば、得られたポリエステル（0.5 g）を、1 dL のフェノール/テトラクロロエタン（1/1（質量比）混合液）に室温で溶解させると少量の不溶物が観測された。このような異物が製品中に混入すると、製品の外観を損ねたり、例えばフィルム物性を低下させることが知られている。

30

【図面の簡単な説明】

【0141】

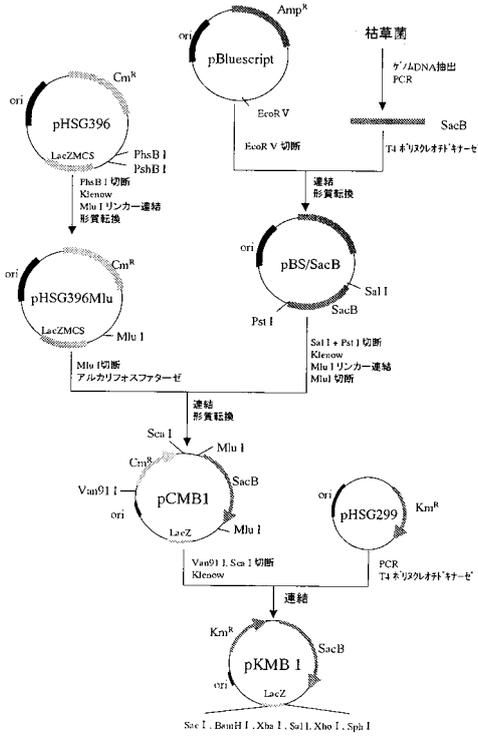
【図 1】 pKMB1 の構築の概略を示す。

【図 2】 pKMB1 / LDH の構築の概略を示す。

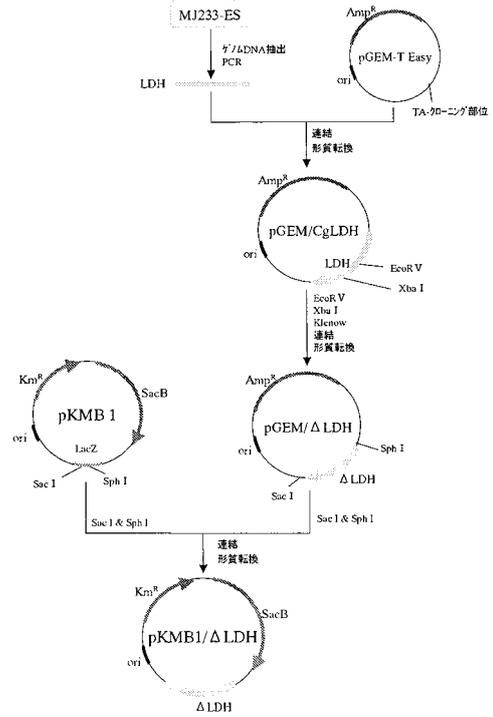
【図 3】 pTZベクターの構築の概略を示す。

【図 4】 pMJPC1 の構築の概略を示す。

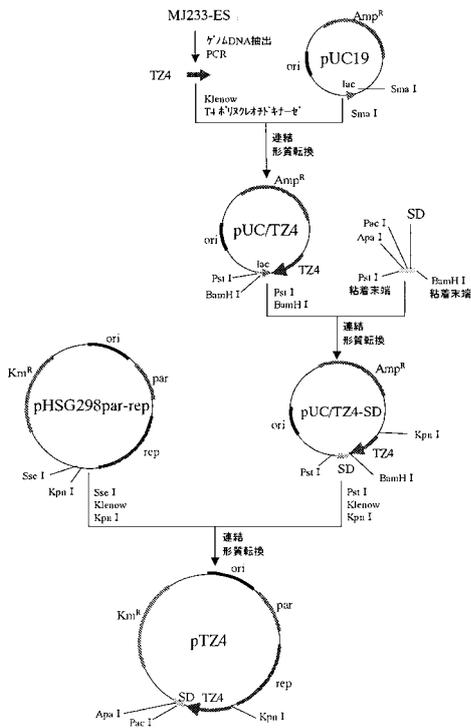
【 図 1 】



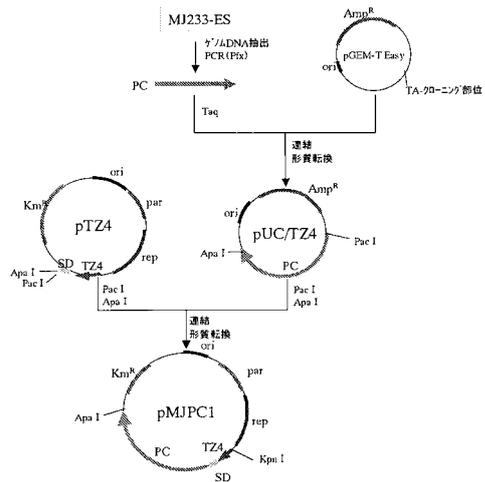
【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】



【配列表】

2006328374000001.app

フロントページの続き

Fターム(参考) 4B024 AA03 BA07 CA02 DA05 DA06 FA10
4B064 AD09 AD64 BG09 CA19 CB26 CC24 CE15
4J029 AA03 AB04 AC01 AD01 BA03 BA04 BA05 BA10 BB05A BB10A
BB13A BC05A BD04A BF09 BF25 CA01 CA02 CA04 CA05 CA06
CB05A CB06A CD03 EA01 EA02 EA03 EA05 FC03 FC05 FC08
FC35 FC38 JB131 JB171 JC371 JF031 JF041 JF131 JF141 JF151
JF181 JF221 JF291 JF321 JF331 JF361 JF371 JF471 JF541 JF561
JF571 KD17 KE02 KE03 KE05 LA04