

【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1部門第1区分

【発行日】平成26年9月11日(2014.9.11)

【公表番号】特表2013-535203(P2013-535203A)

【公表日】平成25年9月12日(2013.9.12)

【年通号数】公開・登録公報2013-050

【出願番号】特願2013-521907(P2013-521907)

【国際特許分類】

C 1 2 N	1/21	(2006.01)
C 1 2 N	1/15	(2006.01)
C 1 2 N	1/19	(2006.01)
C 1 2 P	5/02	(2006.01)
C 1 2 P	7/04	(2006.01)
C 1 2 P	7/22	(2006.01)
C 1 2 P	7/40	(2006.01)
C 1 2 P	7/62	(2006.01)
C 1 2 N	15/09	(2006.01)

【F I】

C 1 2 N	1/21
C 1 2 N	1/15
C 1 2 N	1/19
C 1 2 P	5/02
C 1 2 P	7/04
C 1 2 P	7/22
C 1 2 P	7/40
C 1 2 P	7/62
C 1 2 N	15/00

A

【手続補正書】

【提出日】平成26年7月28日(2014.7.28)

【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】

非天然に生じる微生物であって、

(I) 前記微生物は、2,4-ペントジエノエート経路を有し、前記微生物は、2,4-ペントジエノエートを生産するのに十分な量で発現される2,4-ペントジエノエート経路の酵素をコードする少なくとも1つの外因性核酸を含み、

(A) 前記2,4-ペントジエノエート経路は、

(a) (1) 4-ヒドロキシ-2-オキソバレレートアルドラーゼ、(2) 4-ヒドロキシ-2-オキソバレレートデヒドラターゼ、(3) 2-オキソペンタノエートレダクターゼ、および(4) 2-ヒドロキシベンテノエートデヒドラターゼ；

(b) (1) AKPデアミナーゼ、(2) アセチルアクリレートレダクターゼ、および(3) 4-ヒドロキシペント-2-エノエートデヒドラターゼ；

(c) (1) AKPアミノトランスフェラーゼおよび/またはデヒドロゲナーゼ、(2) 2,4-ジオキソペンタノエート-2-レダクターゼ、(3) 2-ヒドロキシ-4-オ

キソペントノエートデヒドラターゼ、(4)アセチルアクリレートレダクターゼ、および(5)4-ヒドロキシペント-2-エノエートデヒドラターゼ；

(d)(1)AKPアミノトランスフェラーゼおよび/またはデヒドロゲナーゼ、(2)2,4-ジオキソペントノエート-4-レダクターゼ、(3)4-ヒドロキシ-2-オキソバレレートデヒドラターゼ、(4)2-オキソペントノエートレダクターゼ、および(5)2-ヒドロキシペントノエートデヒドラターゼ；

ならびに

(e)(1)AKPレダクターゼ、(2)2-アミノ-4-ヒドロキシペントノエートアミノトランスフェラーゼおよび/またはデヒドロゲナーゼ、(3)4-ヒドロキシ-2-オキソバレレートデヒドラターゼ、(4)2-オキソペントノエートレダクターゼ、および(5)2-ヒドロキシペントノエートデヒドラターゼからなる群から選択される酵素のセットを有し、

前記微生物は、

(イ)2,4-ペントジエノエートを1,3-ブタジエンに変換することにより1,3-ブタジエンを生産するのに十分な量で発現される2,4-ペントジエノエートデカルボキシラーゼをさらに含むか、あるいは

(ロ)AKPチオラーゼ、オルニチン4,5-アミノムターゼ、2,4-ジアミノペントノエート4-アミノトランスフェラーゼおよび2,4-ジアミノペントノエート4-デヒドロゲナーゼの少なくとも1つをさらに含み、

(B)前記2,4-ペントジエノエート経路は、

(a)(1)A.3-ヒドロキシプロパノイル-CoAアセチルトランスフェラーゼ、(2)B.3-オキソ-5-ヒドロキシペントノイル-CoAレダクターゼ、(3)C.3,5-ジヒドロキシペントノイル-CoAデヒドラターゼ、(4)D.5-ヒドロキシペント-2-エノイル-CoAデヒドラターゼ、および(5)E.ペント-2,4-ジエノイル-CoAシンテターゼ、トランスフェラーゼおよび/またはヒドロラーゼ；

(b)(1)A.3-ヒドロキシプロパノイル-CoAアセチルトランスフェラーゼ、(2)B.3-オキソ-5-ヒドロキシペントノイル-CoAレダクターゼ、(3)G.3,5-ジヒドロキシペントノイル-CoAシンテターゼ、トランスフェラーゼおよび/またはヒドロラーゼ、(4)J.3,5-ジヒドロキシペントノエートデヒドラターゼ、(5)H.5-ヒドロキシペント-2-エノイル-CoAシンテターゼ、トランスフェラーゼおよび/またはヒドロラーゼ、(6)D.5-ヒドロキシペント-2-エノイル-CoAデヒドラターゼ、および(7)E.ペント-2,4-ジエノイル-CoAシンテターゼ、トランスフェラーゼおよび/またはヒドロラーゼ；

(c)(1)A.3-ヒドロキシプロパノイル-CoAアセチルトランスフェラーゼ、(2)F.3-オキソ-5-ヒドロキシペントノイル-CoAシンテターゼ、トランスフェラーゼおよび/またはヒドロラーゼ、(3)I.3-オキソ-5-ヒドロキシペントノエートレダクターゼ、(4)G.3,5-ジヒドロキシペントノイル-CoAシンテターゼ、トランスフェラーゼおよび/またはヒドロラーゼ、(5)C.3,5-ジヒドロキシペントノイル-CoAデヒドラターゼ、(6)D.5-ヒドロキシペント-2-エノイル-CoAデヒドラターゼ、および(7)E.ペント-2,4-ジエノイル-CoAシンテターゼ、トランスフェラーゼおよび/またはヒドロラーゼ；

(d)(1)A.3-ヒドロキシプロパノイル-CoAアセチルトランスフェラーゼ、(2)F.3-オキソ-5-ヒドロキシペントノイル-CoAシンテターゼ、トランスフェラーゼおよび/またはヒドロラーゼ、(3)I.3-オキソ-5-ヒドロキシペントノエートレダクターゼ、(4)J.3,5-ジヒドロキシペントノエートデヒドラターゼ、(5)H.5-ヒドロキシペント-2-エノイル-CoAシンテターゼ、トランスフェラーゼおよび/またはヒドロラーゼ、(6)D.5-ヒドロキシペント-2-エノイル-CoAデヒドラターゼ、および(7)E.ペント-2,4-ジエノイル-CoAシンテターゼ、トランスフェラーゼおよび/またはヒドロラーゼ；

(e)(1)K.3-ヒドロキシプロパノイル-CoAデヒドラターゼ、(2)A.3

- ヒドロキシプロパノイル - C₃H₆O₂ アセチルトランスフェラーゼ、(3) B. 3 - オキソ
- 5 - ヒドロキシペントノイル - C₃H₆O₂ レダクターゼ、(4) C. 3, 5 - ジヒドロキシペントノイル - C₃H₆O₂ デヒドラターゼ、(5) D. 5 - ヒドロキシペント - 2 - エノイル - C₃H₆O₂ デヒドラターゼ、および(6) E. ペント - 2, 4 - ジエノイル - C₃H₆O₂ シンテターゼ、トランスフェラーゼおよび/またはヒドロラーゼ;
(f) (1) K. 3 - ヒドロキシプロパノイル - C₃H₆O₂ デヒドラターゼ、(2) A. 3
- ヒドロキシプロパノイル - C₃H₆O₂ アセチルトランスフェラーゼ、(3) B. 3 - オキソ
- 5 - ヒドロキシペントノイル - C₃H₆O₂ レダクターゼ、(4) G. 3, 5 - ジヒドロキシペントノイル - C₃H₆O₂ シンテターゼ、トランスフェラーゼおよび/またはヒドロラーゼ、(5) J. 3, 5 - ジヒドロキシペントノエートデヒドラターゼ、(6) H. 5 - ヒドロキシペント - 2 - エノイル - C₃H₆O₂ シンテターゼ、トランスフェラーゼおよび/またはヒドロラーゼ、(7) D. 5 - ヒドロキシペント - 2 - エノイル - C₃H₆O₂ デヒドラターゼ、および(8) E. ペント - 2, 4 - ジエノイル - C₃H₆O₂ シンテターゼ、トランスフェラーゼおよび/またはヒドロラーゼ;

(g) (1) K . 3 - ヒドロキシプロパノイル - C o A デヒドラターゼ、(2) A . 3
- ヒドロキシプロパノイル - C o A アセチルトランスフェラーゼ、(3) F . 3 - オキソ
- 5 - ヒドロキシペンタノイル - C o A シンテターゼ、トランスフェラーゼおよび / または
ヒドロラーゼ、(4) I . 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシペンタノエートレダクターゼ、
(5) G . 3 , 5 - ジヒドロキシペンタノイル - C o A シンテターゼ、トランスフェラ
ゼおよび / またはヒドロラーゼ、(6) C . 3 , 5 - ジヒドロキシペンタノイル - C o A
デヒドラターゼ、(7) D . 5 - ヒドロキシペント - 2 - エノイル - C o A デヒドラタ
ゼ、および (8) E . ペント - 2 , 4 - ジエノイル - C o A シンテターゼ、トランスフェ
ラーゼおよび / またはヒドロラーゼ；

(h) (1) K . 3 - ヒドロキシプロパノイル - C o A デヒドラターゼ、(2) A . 3 - ヒドロキシプロパノイル - C o A アセチルトランスフェラーゼ、(3) F . 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシペントノイル - C o A シンテターゼ、トランスフェラーゼおよび / またはヒドロラーゼ、(4) I . 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシペントノエートレダクターゼ、(5) J . 3 , 5 - ジヒドロキシペントノエートデヒドラターゼ、(6) H . 5 - ヒドロキシペント - 2 - エノイル - C o A シンテターゼ、トランスフェラーゼおよび / またはヒドロラーゼ、(7) D . 5 - ヒドロキシペント - 2 - エノイル - C o A デヒドラターゼ、(8) E . ペント - 2 , 4 - ジエノイル - C o A シンテターゼ、トランスフェラーゼおよび / またはヒドロラーゼ；

(i) (1) M . アクリリル - C o A アセチルトランスフェラーゼ、(2) L . 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシペンタノイル - C o A デヒドラターゼ、(3) B . 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシペンタノイル - C o A レダクターゼ、(4) C . 3 , 5 - ジヒドロキシペンタノイル - C o A デヒドラターゼ、(5) D . 5 - ヒドロキシペント - 2 - エノイル - C o A デヒドラターゼ、および(6) E . ペント - 2 , 4 - ジエノイル - C o A シンテターゼ、トランスフェラーゼおよび / またはヒドロラーゼ；

(j) (1) M . アクリリル - C o A アセチルトランスフェラーゼ、(2) L . 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシペンタノイル - C o A デヒドラターゼ、(3) B . 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシペンタノイル - C o A レダクターゼ、(4) G . 3 , 5 - ジヒドロキシペンタノイル - C o A シンテターゼ、トランスフェラーゼおよび / またはヒドロラーゼ、(5) J . 3 , 5 - ジヒドロキシペンタノエートデヒドラターゼ、(6) H . 5 - ヒドロキシペント - 2 - エノイル - C o A シンテターゼ、トランスフェラーゼおよび / またはヒドロラーゼ、(7) D . 5 - ヒドロキシペント - 2 - エノイル - C o A デヒドラターゼ、および (8) E . ペント - 2 , 4 - ジエノイル - C o A シンテターゼ、トランスフェラーゼおよび / またはヒドロラーゼ；

(k) (1) M . アクリリル - C o A アセチルトランスフェラーゼ、(2) L . 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシペンタノイル - C o A デヒドラターゼ、(3) F . 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシペンタノイル - C o A シンテターゼ、トランスフェラーゼおよび / またはヒ

ドロラーゼ、(4) I . 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシペントノエートレダクターゼ、(5) G . 3 , 5 - ジヒドロキシペントノイル - C o A シンテターゼ、トランスフェラーゼおよび / またはヒドロラーゼ、(6) C . 3 , 5 - ジヒドロキシペントノイル - C o A デヒドラターゼ、(7) D . 5 - ヒドロキシペント - 2 - エノイル - C o A デヒドラターゼ、および (8) E . ペント - 2 , 4 - ジエノイル - C o A シンテターゼ、トランスフェラーゼおよび / またはヒドロラーゼ；

(1) (1) M . アクリリル - C o A アセチルトランスフェラーゼ、(2) L . 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシペントノイル - C o A デヒドラターゼ、(3) F . 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシペントノイル - C o A シンテターゼ、トランスフェラーゼおよび / またはヒドロラーゼ、(4) I . 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシペントノエートレダクターゼ、(5) J . 3 , 5 - ジヒドロキシペントノエートデヒドラターゼ、(6) H . 5 - ヒドロキシペント - 2 - エノイル - C o A シンテターゼ、トランスフェラーゼおよび / またはヒドロラーゼ、(7) D . 5 - ヒドロキシペント - 2 - エノイル - C o A デヒドラターゼ、および (8) E . ペント - 2 , 4 - ジエノイル - C o A シンテターゼ、トランスフェラーゼおよび / またはヒドロラーゼ；

(m) (1) M . アクリリル - C o A アセチルトランスフェラーゼ、(2) N . 3 - オキソペント - 4 - エノイル - C o A レダクターゼ、(3) R . 3 - ヒドロキシペント - 4 - エノイル - C o A デヒドラターゼ、および (4) E . ペント - 2 , 4 - ジエノイル - C o A シンテターゼ、トランスフェラーゼおよび / またはヒドロラーゼ；

(n) (1) M . アクリリル - C o A アセチルトランスフェラーゼ、(2) N . 3 - オキソペント - 4 - エノイル - C o A レダクターゼ、(3) T . 3 - ヒドロキシペント - 4 - エノイル - C o A トランスフェラーゼ、シンテターゼまたはヒドロラーゼ、および (4) S . 3 - ヒドロキシペント - 4 - エノエートデヒドラターゼ；ならびに

(o) (1) M . アクリリル - C o A アセチルトランスフェラーゼ、(2) O . 3 - オキソペント - 4 - エノイル - C o A シンテターゼ、トランスフェラーゼおよび / またはヒドロラーゼ、(3) P . 3 - オキソペント - 4 - エノエートレダクターゼ、および (4) S . 3 - ヒドロキシペント - 4 - エノエートデヒドラターゼ；

(p) (1) A . 3 - ヒドロキシプロパノイル - C o A アセチルトランスフェラーゼ、(2) L . 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシペントノイル - C o A デヒドラターゼ、(3) N . 3 - オキソペント - 4 - エノイル - C o A レダクターゼ、(4) R . 3 - ヒドロキシペント - 4 - エノイル - C o A デヒドラターゼ、および (5) E . ペント - 2 , 4 - ジエノイル - C o A シンテターゼ、トランスフェラーゼおよび / またはヒドロラーゼ；

(q) (1) A . 3 - ヒドロキシプロパノイル - C o A アセチルトランスフェラーゼ、(2) L . 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシペントノイル - C o A デヒドラターゼ、(3) N . 3 - オキソペント - 4 - エノイル - C o A レダクターゼ、(4) T . 3 - ヒドロキシペント - 4 - エノイル - C o A トランスフェラーゼ、シンテターゼまたはヒドロラーゼ、および (5) S . 3 - ヒドロキシペント - 4 - エノエートデヒドラターゼ；

(r) (1) A . 3 - ヒドロキシプロパノイル - C o A アセチルトランスフェラーゼ、(2) L . 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシペントノイル - C o A デヒドラターゼ、(3) O . 3 - オキソペント - 4 - エノイル - C o A シンテターゼ、トランスフェラーゼおよび / またはヒドロラーゼ、(4) P . 3 - オキソペント - 4 - エノエートレダクターゼ、および (5) S . 3 - ヒドロキシペント - 4 - エノエートデヒドラターゼ；

(s) (1) A . 3 - ヒドロキシプロパノイル - C o A アセチルトランスフェラーゼ、(2) B . 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシペントノイル - C o A レダクターゼ、(3) C . 3 , 5 - ジヒドロキシペントノイル - C o A デヒドラターゼ、(4) H . 5 - ヒドロキシペント - 2 - エノイル - C o A シンテターゼ、トランスフェラーゼおよび / またはヒドロラーゼ、および (5) Q . 5 - ヒドロキシペント - 2 - エノエートデヒドラターゼ；

(t) (1) A . 3 - ヒドロキシプロパノイル - C o A アセチルトランスフェラーゼ、(2) B . 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシペントノイル - C o A レダクターゼ、(3) G . 3 , 5 - ジヒドロキシペントノイル - C o A シンテターゼ、トランスフェラーゼおよび /

またはヒドロラーゼ、(4)J.3,5-ジヒドロキシペントノエートデヒドラターゼ、および(5)Q.5-ヒドロキシペント-2-エノエートデヒドラターゼ；

(u)(1)A.3-ヒドロキシプロパノイル-CoAアセチルトランスフェラーゼ、(2)F.3-オキソ-5-ヒドロキシペントノイル-CoAシンテターゼ、トランスフェラーゼおよび/またはヒドロラーゼ、(3)I.3-オキソ-5-ヒドロキシペントノエートレダクターゼ、(4)J.3,5-ジヒドロキシペントノエートデヒドラターゼ、および(5)Q.5-ヒドロキシペント-2-エノエートデヒドラターゼ；

(v)(1)M.アクリリル-CoAアセチルトランスフェラーゼ、(2)L.3-オキソ-5-ヒドロキシペントノイル-CoAデヒドラターゼ、(3)F.3-オキソ-5-ヒドロキシペントノイル-CoAシンテターゼ、トランスフェラーゼおよび/またはヒドロラーゼ、(4)I.3-オキソ-5-ヒドロキシペントノエートレダクターゼ、(5)J.3,5-ジヒドロキシペントノエートデヒドラターゼ、および(6)Q.5-ヒドロキシペント-2-エノエートデヒドラターゼ；

(w)(1)M.アクリリル-CoAアセチルトランスフェラーゼ、(2)L.3-オキソ-5-ヒドロキシペントノイル-CoAデヒドラターゼ、(3)B.3-オキソ-5-ヒドロキシペントノイル-CoAレダクターゼ、(4)G.3,5-ジヒドロキシペントノイル-CoAシンテターゼ、トランスフェラーゼおよび/またはヒドロラーゼ、(5)J.3,5-ジヒドロキシペントノエートデヒドラターゼ、および(6)Q.5-ヒドロキシペント-2-エノエートデヒドラターゼ；ならびに

(x)(1)M.アクリリル-CoAアセチルトランスフェラーゼ、(2)L.3-オキソ-5-ヒドロキシペントノイル-CoAデヒドラターゼ、(3)B.3-オキソ-5-ヒドロキシペントノイル-CoAレダクターゼ、(4)C.3,5-ジヒドロキシペントノイル-CoAデヒドラターゼ、(5)H.5-ヒドロキシペント-2-エノイル-CoAシンテターゼ、トランスフェラーゼおよび/またはヒドロラーゼ、および(6)Q.5-ヒドロキシペント-2-エノエートデヒドラターゼ

からなる群から選択される酵素のセットを有し、

2,4-ペントジエノエートを1,3-ブタジエンに変換するために2,4-ペントジエンデカルボキシラーゼをさらに含み、

(C)前記2,4-ペントジエノエート経路は、

(a)(1)スクシニル-CoA:アセチル-CoAアシルトランスフェラーゼ；(2)3-オキソアジピル-CoAトランスフェラーゼ、3-オキソアジピル-CoAシンテターゼまたは3-オキソアジピル-CoAヒドロラーゼ；3-オキソアジペートデヒドロゲナーゼ；(3)2-フマリルアセテートデカルボキシラーゼ；(4)3-オキソペント-4-エノエートレダクターゼ；および(5)3-ヒドロキシペント-4-エノエートデヒドラターゼ；

(b)(1)スクシニル-CoA:アセチル-CoAアシルトランスフェラーゼ；(2)3-オキソアジピル-CoAトランスフェラーゼ、3-オキソアジピル-CoAシンテターゼまたは3-オキソアジピル-CoAヒドロラーゼ；(3)3-オキソアジペートデヒドロゲナーゼ；(4)2-フマリルアセテートレダクターゼ；(5)3-ヒドロキシヘキサ-4-エネジオエートデカルボキシラーゼ；および(6)3-ヒドロキシペント-4-エノエートデヒドラターゼ；

(c)(1)スクシニル-CoA:アセチル-CoAアシルトランスフェラーゼ；(2)3-オキソアジピル-CoAトランスフェラーゼ、3-オキソアジピル-CoAシンテターゼまたは3-オキソアジピル-CoAヒドロラーゼ；(3)3-オキソアジペートレダクターゼ；(4)3-ヒドロキシアジペートデヒドロゲナーゼ；(5)3-ヒドロキシヘキサ-4-エネジオエートデカルボキシラーゼ；および(6)3-ヒドロキシペント-4-エノエートデヒドラターゼ；ならびに

(d)(1)スクシニル-CoA:アセチル-CoAアシルトランスフェラーゼ；(2)3-オキソアジピル-CoAレダクターゼ；(3)3-ヒドロキシアジピル-CoAトランスフェラーゼ、3-ヒドロキシアジピル-CoAシンテターゼまたは3-ヒドロキシ

アジピル - C o A ヒドロラーゼ ; (4) 3 - ヒドロキシアジペートデヒドロゲナーゼ ; (5) 3 - ヒドロキシヘキサ - 4 - エネジオエートデカルボキシラーゼ ; および (6) 3 - ヒドロキシペント - 4 - エノエートデヒドラターゼ

からなる群から選択され、

前記微生物は、

(i) 還元的 T C A 経路の酵素をコードする少なくとも 1 つの外因性核酸を含む還元的 T C A 経路であって、前記少なくとも 1 つの外因性核酸は、 A T P - シトレーントリアーゼ、シトレーントリアーゼ、スマートレダクターゼ、およびアルファ - ケトグルタレート : フェレドキシンオキシドレダクターゼから選択される、還元的 T C A 経路；

(i i) 還元的 T C A 経路の酵素をコードする少なくとも 1 つの外因性核酸を含む還元的 T C A 経路であって、前記少なくとも 1 つの外因性核酸は、 ピルベート : フェレドキシンオキシドレダクターゼ、ホスホエノールピルベートカルボキシラーゼ、ホスホエノールピルベートカルボキシキナーゼ、 C O デヒドロゲナーゼ、および H 2 ヒドロゲナーゼから選択される、還元的 T C A 経路；または

(i i i) C O デヒドロゲナーゼ、 H 2 ヒドロゲナーゼ、およびそれらの組み合わせから選択される酵素をコードする少なくとも 1 つの外因性核酸をさらに含み、

前記微生物は、

[1] ピルベート : フェレドキシンオキシドレダクターゼ、アコニターゼ、イソシトレーントデヒドロゲナーゼ、スクシニル - C o A シンテターゼ、スクシニル - C o A トランスフェラーゼ、スマラーゼ、マレートデヒドロゲナーゼ、アセテートキナーゼ、ホスホトランスタセチラーゼ、アセチル - C o A シンテターゼ、 N A D (P) H : フェレドキシンオキシドレダクターゼ、フェレドキシン、およびそれらの組み合わせから選択される酵素をコードする外因性核酸、あるいは

[2] アコニターゼ、イソシトレーントデヒドロゲナーゼ、スクシニル - C o A シンテターゼ、スクシニル - C o A トランスフェラーゼ、スマラーゼ、マレートデヒドロゲナーゼ、およびそれらの組み合わせから選択される酵素をコードする外因性核酸、をさらに含み、

(D) 前記 2 , 4 - ペンタジエノエート経路は、

(a) (1) マロニル - C o A : アセチル - C o A アシルトランスフェラーゼ ; (2) 3 - オキソグルタリル - C o A レダクターゼ (アルデヒド形成) ; (3) 3 , 5 - ジオキソペンタノエートレダクターゼ (アルデヒド形成) ; (4) 5 - ヒドロキシ - 3 - オキソペンタノエートレダクターゼ ; (5) 3 , 5 - ジヒドロキシペンタノエートデヒドラターゼ ; および (6) 5 - ヒドロキシペント - 2 - エノエートデヒドラターゼ ;

(b) (1) マロニル - C o A : アセチル - C o A アシルトランスフェラーゼ ; (2) 3 - オキソグルタリル - C o A レダクターゼ (C o A 還元およびアルコール形成) ; (3) 5 - ヒドロキシ - 3 - オキソペンタノエートレダクターゼ ; (4) 3 , 5 - ジヒドロキシペンタノエートデヒドラターゼ ; および (5) 5 - ヒドロキシペント - 2 - エノエートデヒドラターゼ ;

(c) (1) マロニル - C o A : アセチル - C o A アシルトランスフェラーゼ ; (2) 3 - オキソグルタリル - C o A レダクターゼ (アルデヒド形成) ; (3) 3 , 5 - ジオキソペンタノエートレダクターゼ (ケトン還元) ; (4) 3 - ヒドロキシ - 5 - オキソペンタノエートレダクターゼ ; (5) 3 , 5 - ジヒドロキシペンタノエートデヒドラターゼ ; および (6) 5 - ヒドロキシペント - 2 - エノエートデヒドラターゼ ;

(d) (1) マロニル - C o A : アセチル - C o A アシルトランスフェラーゼ ; (2) 3 - オキソグルタリル - C o A レダクターゼ (ケトン還元) ; (3) 3 - ヒドロキシグルタリル - C o A レダクターゼ (アルデヒド形成) ; (4) 3 - ヒドロキシ - 5 - オキソペンタノエートレダクターゼ ; (5) 3 , 5 - ジヒドロキシペンタノエートデヒドラターゼ ; および (6) 5 - ヒドロキシペント - 2 - エノエートデヒドラターゼ ; ならびに

(e) (1) マロニル - C o A : アセチル - C o A アシルトランスフェラーゼ ; (2)

3 - オキソグルタリル - C o A レダクターゼ (ケトン還元剤) ; (3) 3 - ヒドロキシグルタリル - C o A レダクターゼ (アルコール形成) ; (4) 3 , 5 - ジヒドロキシペントノエートデヒドラターゼ ; および (5) 5 - ヒドロキシペント - 2 - エノエートデヒドラターゼ

からなる群から選択され、

前記微生物は、

(i) 還元的 T C A 経路の酵素をコードする少なくとも 1 つの外因性核酸を含む還元的 T C A 経路であって、前記少なくとも 1 つの外因性核酸は、A T P - シトレートリアーゼ、シトレートリアーゼ、フマレートレダクターゼ、およびアルファ - ケトグルタレート : フェレドキシンオキシドレダクターゼから選択される、還元的 T C A 経路；

(ii) 還元的 T C A 経路の酵素をコードする少なくとも 1 つの外因性核酸を含む還元的 T C A 経路であって、前記少なくとも 1 つの外因性核酸は、ピルベート : フェレドキシンオキシドレダクターゼ、ホスホエノールピルベートカルボキシラーゼ、ホスホエノールピルベートカルボキシキナーゼ、C O デヒドロゲナーゼ、および H 2 ヒドロゲナーゼから選択される、還元的 T C A 経路；または

(iii) C O デヒドロゲナーゼ、H 2 ヒドロゲナーゼ、およびそれらの組み合わせから選択される酵素をコードする少なくとも 1 つの外因性核酸をさらに含み、

前記微生物は、

[1] ピルベート : フェレドキシンオキシドレダクターゼ、アコニターゼ、イソシトレートデヒドロゲナーゼ、スクシニル - C o A シンテターゼ、スクシニル - C o A トランスフェラーゼ、フマラーゼ、マレートデヒドロゲナーゼ、アセテートキナーゼ、ホスホトランスアセチラーゼ、アセチル - C o A シンテターゼ、N A D (P) H : フェレドキシンオキシドレダクターゼ、フェレドキシン、およびそれらの組み合わせから選択される酵素をコードする外因性核酸、あるいは

[2] アコニターゼ、イソシトレートデヒドロゲナーゼ、スクシニル - C o A シンテターゼ、スクシニル - C o A トランスフェラーゼ、フマラーゼ、マレートデヒドロゲナーゼ、およびそれらの組み合わせから選択される酵素をコードする外因性核酸、をさらに含み、

(I I) 前記微生物は、1 , 3 - ブタジエン経路を有し、前記微生物は、1 , 3 - ブタジエンを生産するのに十分な量で発現される 1 , 3 - ブタジエン経路の酵素をコードする少なくとも 1 つの外因性核酸を含み、

(A) 前記 1 , 3 - ブタジエン経路は、Y . 3 - ヒドロキシペント - 4 - エノエートデカルボキシラーゼを含む酵素のセットを有し、前記酵素のセットは、

(a) (1) M . アクリリル - C o A アセチルトランスフェラーゼ、(2) N . 3 - オキソペント - 4 - エノイル - C o A レダクターゼ、(3) T . 3 - ヒドロキシペント - 4 - エノイル - C o A トランスフェラーゼ、シンテターゼまたはヒドロラーゼ、および (4) Y . 3 - ヒドロキシペント - 4 - エノエートデカルボキシラーゼ；

(b) (1) M . アクリリル - C o A アセチルトランスフェラーゼ、(2) O . 3 - オキソペント - 4 - エノイル - C o A シンテターゼ、トランスフェラーゼおよび / またはヒドロラーゼ、(3) P . 3 - オキソペント - 4 - エノエートレダクターゼ、および (4) Y . 3 - ヒドロキシペント - 4 - エノエートデカルボキシラーゼ；

(c) (1) K . 3 - ヒドロキシプロパノイル - C o A デヒドラターゼ、(2) M . アクリリル - C o A アセチルトランスフェラーゼ、(3) N . 3 - オキソペント - 4 - エノイル - C o A レダクターゼ、(4) T . 3 - ヒドロキシペント - 4 - エノイル - C o A トランスフェラーゼ、シンテターゼまたはヒドロラーゼ、および (5) Y . 3 - ヒドロキシペント - 4 - エノエートデカルボキシラーゼ；

(d) (1) K . 3 - ヒドロキシプロパノイル - C o A デヒドラターゼ、(2) M . アクリリル - C o A アセチルトランスフェラーゼ、(3) O . 3 - オキソペント - 4 - エノイル - C o A シンテターゼ、トランスフェラーゼおよび / またはヒドロラーゼ、(4) P

. 3 - オキソペント - 4 - エノエートレダクターゼ、および(5)Y . 3 - ヒドロキシペント - 4 - エノエートデカルボキシラーゼ；

(e) (1) A . 3 - ヒドロキシプロパノイル - C o A アセチルトランスフェラーゼ、(2)L . 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシペントノイル - C o A デヒドラターゼ、(3)N

. 3 - オキソペント - 4 - エノイル - C o A レダクターゼ、(4)T . 3 - ヒドロキシペント - 4 - エノイル - C o A トランスフェラーゼ、シンテターゼまたはヒドロラーゼ、および(5)Y . 3 - ヒドロキシペント - 4 - エノエートデカルボキシラーゼ；

(f) (1) A . 3 - ヒドロキシプロパノイル - C o A アセチルトランスフェラーゼ、(2)L . 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシペントノイル - C o A デヒドラターゼ、(3)O

. 3 - オキソペント - 4 - エノイル - C o A シンテターゼ、トランスフェラーゼおよび/またはヒドロラーゼ、(4)P . 3 - オキソペント - 4 - エノエートレダクターゼ、および(5)Y . 3 - ヒドロキシペント - 4 - エノエートデカルボキシラーゼ、

からなる群から選択され、

(B) 前記1 , 3 - ブタジエン経路は、

(a) (1) スクシニル - C o A : アセチル - C o A アシルトランスフェラーゼ；(2)3 - オキソアジピル - C o A トランスフェラーゼ、3 - オキソアジピル - C o A シンテターゼまたは3 - オキソアジピル - C o A ヒドロラーゼ；(3)3 - オキソアジペートデヒドロゲナーゼ；(4)2 - フマリルアセテートデカルボキシラーゼ；(5)3 - オキソペント - 4 - エノエートレダクターゼ；および(6)3 - ヒドロキシペント - 4 - エノエートデカルボキシラーゼ；

(b) (1) スクシニル - C o A : アセチル - C o A アシルトランスフェラーゼ；(2)3 - オキソアジピル - C o A トランスフェラーゼ、3 - オキソアジピル - C o A シンテターゼまたは3 - オキソアジピル - C o A ヒドロラーゼ；(3)3 - オキソアジペートデヒドロゲナーゼ；(4)2 - フマリルアセテートデカルボキシラーゼ；(5)3 - オキソペント - 4 - エノエートレダクターゼ；(6)3 - ヒドロキシペント - 4 - エノエートデヒドロラーゼ；および(7)2 , 4 - ペンタジエノエートデカルボキシラーゼ；

(c) (1) スクシニル - C o A : アセチル - C o A アシルトランスフェラーゼ；(2)3 - オキソアジピル - C o A トランスフェラーゼ、3 - オキソアジピル - C o A シンテターゼまたは3 - オキソアジピル - C o A ヒドロラーゼ；(3)3 - オキソアジペートデヒドロゲナーゼ；(4)2 - フマリルアセテートレダクターゼ；(5)3 - ヒドロキシヘキサ - 4 - エネジオエートデカルボキシラーゼ；および(6)3 - ヒドロキシペント - 4 - エノエートデカルボキシラーゼ；

(d) (1) スクシニル - C o A : アセチル - C o A アシルトランスフェラーゼ；(2)3 - オキソアジピル - C o A トランスフェラーゼ、3 - オキソアジピル - C o A シンテターゼまたは3 - オキソアジピル - C o A ヒドロラーゼ；(3)3 - オキソアジペートデヒドロゲナーゼ；(4)2 - フマリルアセテートレダクターゼ；(5)3 - ヒドロキシヘキサ - 4 - エネジオエートデカルボキシラーゼ；(6)3 - ヒドロキシペント - 4 - エノエートデヒドロラーゼ；および(7)2 , 4 - ペンタジエノエートデカルボキシラーゼ；

(e) (1) スクシニル - C o A : アセチル - C o A アシルトランスフェラーゼ；(2)3 - オキソアジピル - C o A トランスフェラーゼ、3 - オキソアジピル - C o A シンテターゼまたは3 - オキソアジピル - C o A ヒドロラーゼ；(3)3 - オキソアジペートレダクターゼ；(4)3 - ヒドロキシアジペートデヒドロゲナーゼ；(5)3 - ヒドロキシヘキサ - 4 - エネジオエートデカルボキシラーゼ；および(6)3 - ヒドロキシペント - 4 - エノエートデカルボキシラーゼ；

(f) (1) スクシニル - C o A : アセチル - C o A アシルトランスフェラーゼ；(2)3 - オキソアジピル - C o A トランスフェラーゼ、3 - オキソアジピル - C o A シンテターゼまたは3 - オキソアジピル - C o A ヒドロラーゼ；(3)3 - オキソアジペートレダクターゼ；(4)3 - ヒドロキシアジペートデヒドロゲナーゼ；(5)3 - ヒドロキシヘキサ - 4 - エネジオエートデカルボキシラーゼ；(6)3 - ヒドロキシペント - 4 - エノエートデヒドロラーゼ；および(7)2 , 4 - ペンタジエノエートデカルボキシラーゼ

; (g) (1) スクシニル - C o A : アセチル - C o A アシルトランスフェラーゼ ; (2) 3 - オキソアジピル - C o A レダクターゼ ; (3) 3 - ヒドロキシアジピル - C o A トランスフェラーゼ、3 - ヒドロキシアジピル - C o A シンテターゼまたは3 - ヒドロキシアジピル - C o A ヒドロラーゼ ; (4) 3 - ヒドロキシアジペートデヒドロゲナーゼ ; (5) 3 - ヒドロキシヘキサ - 4 - エネジオエートデカルボキシラーゼ ; および (6) 3 - ヒドロキシペント - 4 - エノエートデカルボキシラーゼ ; ならびに

(h) (1) スクシニル - C o A : アセチル - C o A アシルトランスフェラーゼ ; (2) 3 - オキソアジピル - C o A レダクターゼ ; (3) 3 - ヒドロキシアジピル - C o A トランスフェラーゼ、3 - ヒドロキシアジピル - C o A シンテターゼまたは3 - ヒドロキシアジピル - C o A ヒドロラーゼ ; (4) 3 - ヒドロキシアジペートデヒドロゲナーゼ ; (5) 3 - ヒドロキシヘキサ - 4 - エネジオエートデカルボキシラーゼ ; (6) 3 - ヒドロキシペント - 4 - エノエートデヒドラターゼ ; および (7) 2 , 4 - ペンタジエノエートデカルボキシラーゼ、

からなる群から選択され、

前記微生物は、

(i) 還元的 TCA 経路の酵素をコードする少なくとも 1 つの外因性核酸を含む還元的 TCA 経路であって、前記少なくとも 1 つの外因性核酸は、ATP - シトレートリアーゼ、シトレートリアーゼ、フマレートレダクターゼ、およびアルファ - ケトグルタレート : フェレドキシンオキシドレダクターゼから選択される、還元的 TCA 経路；

(ii) 還元的 TCA 経路の酵素をコードする少なくとも 1 つの外因性核酸を含む還元的 TCA 経路であって、前記少なくとも 1 つの外因性核酸は、ピルベート : フェレドキシンオキシドレダクターゼ、ホスホエノールピルベートカルボキシラーゼ、ホスホエノールピルベートカルボキシキナーゼ、CO デヒドロゲナーゼ、および H₂ ヒドロゲナーゼから選択される、還元的 TCA 経路；または

(iii) CO デヒドロゲナーゼ、H₂ ヒドロゲナーゼ、およびそれらの組み合わせから選択される酵素をコードする少なくとも 1 つの外因性核酸をさらに含み、

前記微生物は、

[1] ピルベート : フェレドキシンオキシドレダクターゼ、アコニターゼ、イソシトレートデヒドロゲナーゼ、スクシニル - C o A シンテターゼ、スクシニル - C o A トランスフェラーゼ、フマラーゼ、マレートデヒドロゲナーゼ、アセテートキナーゼ、ホスホトランスアセチラーゼ、アセチル - C o A シンテターゼ、NAD (P) H : フェレドキシンオキシドレダクターゼ、フェレドキシン、およびそれらの組み合わせから選択される酵素をコードする外因性核酸、あるいは

[2] アコニターゼ、イソシトレートデヒドロゲナーゼ、スクシニル - C o A シンテターゼ、スクシニル - C o A トランスフェラーゼ、フマラーゼ、マレートデヒドロゲナーゼ、およびそれらの組み合わせから選択される酵素をコードする外因性核酸、をさらに含み、

(C) 前記 1 , 3 - ブタジエン経路は、2 , 4 - ペンタジエンデカルボキシラーゼまたは3 - ブテン - 1 - オールデヒドラターゼを含む酵素のセットを有し、前記酵素のセットは、

(a) (1) マロニル - C o A : アセチル - C o A アシルトランスフェラーゼ ; (2) 3 - オキソグリタリル - C o A レダクターゼ (アルデヒド形成) ; (3) 3 , 5 - ジオキソペンタノエートレダクターゼ (アルデヒド還元) ; (4) 5 - ヒドロキシ - 3 - オキソペンタノエートレダクターゼ ; (5) 3 , 5 - ジヒドロキシペンタノエートデヒドラターゼ ; (6) 5 - ヒドロキシペント - 2 - エノエートデヒドラターゼ ; および (7) 2 , 4 - ペンタジエンデカルボキシラーゼ ;

(b) (1) マロニル - C o A : アセチル - C o A アシルトランスフェラーゼ ; (2) 3 - オキソグリタリル - C o A レダクターゼ (アルデヒド形成) ; (3) 3 , 5 - ジオキ

ソペンタノエートレダクターゼ（アルデヒド還元）；（4）5-ヒドロキシ-3-オキソペンタノエートレダクターゼ；（5）3，5-ジヒドロキシペンタノエートデヒドラターゼ；（6）5-ヒドロキシペント-2-エノエートデカルボキシラーゼ；および（7）3-ブテン-1-オールデヒドラターゼ；

(c) (1) マロニル - CoA : アセチル - CoA アシルトランスフェラーゼ ; (2) 3 - オキソグリタリル - CoA レダクターゼ (アルデヒド形成) ; (3) 3, 5 - ジオキソペンタノエートレダクターゼ (アルデヒド還元) ; (4) 5 - ヒドロキシ - 3 - オキソペンタノエートレダクターゼ ; (5) 3, 5 - ジヒドロキシペンタノエートデカルボキシラーゼ ; および (6) 3 - ブテン - 1 - オールデヒドラターゼ ;

(d) (1) マロニル - C o A : アセチル - C o A アシルトランスフェラーゼ ; (2)
3 - オキソグリタリル - C o A レダクターゼ (C o A 還元およびアルコール形成) ; (3)
5 - ヒドロキシ - 3 - オキソペントノエートレダクターゼ ; (4) 3 , 5 - ジヒドロキ
シペントノエートデヒドラターゼ ; (5) 5 - ヒドロキシペント - 2 - エノエートデヒド
ラターゼ ; および (6) 2 , 4 - ペンタジエンデカルボキシラーゼ ;

(e) (1) マロニル - C o A : アセチル - C o A アシルトランスフェラーゼ ; (2)
3 - オキソグリタリル - C o A レダクターゼ (C o A 還元およびアルコール形成) ; (3)
5 - ヒドロキシ - 3 - オキソペントノエートレダクターゼ ; (4) 3 , 5 - ジヒドロキ
シペントノエートデヒドラターゼ ; (5) 5 - ヒドロキシペント - 2 - エノエートデカル
ボキシラーゼ ; および (6) 3 - ブテン - 1 - オールデヒドラターゼ ;

(f) (1) マロニル - C o A : アセチル - C o A アシルトランスフェラーゼ ; (2)
3 - オキソグリタリル - C o A レダクターゼ (C o A 還元およびアルコール形成) ; (3)
5 - ヒドロキシ - 3 - オキソペントノエートレダクターゼ ; (4) 3 , 5 - ジヒドロキ
シペントノエートデカルボキシラーゼ ; および (5) 3 - プテン - 1 - オールデヒドラタ
ーゼ ;

(g) (1) マロニル - C o A : アセチル - C o A アシルトランスフェラーゼ ; (2)
 3 - オキソグリタリル - C o A レダクターゼ (アルデヒド形成) ; (3) 3 , 5 - ジオキソペンタノエートレダクターゼ (ケトン還元) ; (4) 3 - ヒドロキシ - 5 - オキソペンタノエートレダクターゼ ; (5) 3 , 5 - ジヒドロキシペンタノエートデヒドラターゼ ;
 (6) 5 - ヒドロキシペント - 2 - エノエートデヒドラターゼ ; および (7) 2 , 4 - ペンタジエンデカルボキシラーゼ ;

(h) (1) マロニル - C o A : アセチル - C o A アシルトランスフェラーゼ ; (2)
3 - オキソグリタリル - C o A レダクターゼ (アルデヒド形成) ; (3) 3 , 5 - ジオキ
ソペンタノエートレダクターゼ (ケトン還元) ; (4) 3 - ヒドロキシ - 5 - オキソペン
タノエートレダクターゼ ; (5) 3 , 5 - ジヒドロキシベンタノエートデヒドラターゼ ;
(6) 5 - ヒドロキシペント - 2 - エノエートデカルボキシラーゼ ; および (7) 3 - ブ
テン - 1 - オールデヒドラターゼ ;

(i) (1) マロニル - C o A : アセチル - C o A アシルトランスフェラーゼ ; (2)
 3 - オキソグリタリル - C o A レダクターゼ (アルデヒド形成) ; (3) 3 , 5 - ジオキソペ
 ンタノエートレダクターゼ (ケトン還元) ; (4) 3 - ヒドロキシ - 5 - オキソペ
 ンタノエートレダクターゼ ; (5) 3 , 5 - ジヒドロキシペントノエートデカルボキシラ
 ゼ ; および (6) 3 - ブテン - 1 - オールデヒドラターゼ ;

(j) (1) マロニル - C o A : アセチル - C o A アシルトランスフェラーゼ ; (2) 3 - オキソグリタリル - C o A レダクターゼ (ケトン還元) ; (3) 3 - ヒドロキシグルタリル - C o A レダクターゼ (アルデヒド形成) ; (4) 3 - ヒドロキシ - 5 - オキソペントノエートレダクターゼ ; (5) 3 , 5 - ジヒドロキシペンタノエートデヒドラターゼ ; (6) 5 - ヒドロキシペント - 2 - エノエートデヒドラターゼ ; および (7) 2 , 4 - ペンタジエンデカルボキシラーゼ ;

(k) (1) マロニル - C o A : アセチル - C o A アシルトランスフェラーゼ ; (2) 3 - オキソグリタリル - C o A レダクターゼ (ケトン還元) ; (3) 3 - ヒドロキシグルタリル - C o A レダクターゼ (アルデヒド形成) ; (4) 3 - ヒドロキシ - 5 - オキソペ

ンタノエートレダクター^ゼ；(5)3,5-ジヒドロキシペンタノエートデヒドラターゼ；(6)5-ヒドロキシペント-2-エノエートデカルボキシラーゼ；および(7)3-ブテン-1-オールデヒドラターゼ；

(1)(1)マロニル-CoA：アセチル-CoAアシルトランスフェラーゼ；(2)3-オキソグリタリル-CoAレダクター^ゼ(ケトン還元)；(3)3-ヒドロキシグルタリル-CoAレダクター^ゼ(アルデヒド形成)；(4)3-ヒドロキシ-5-オキソペンタノエートレダクター^ゼ；(5)3,5-ジヒドロキシペンタノエートデカルボキシラーゼ；および(6)3-ブテン-1-オールデヒドラターゼ；

(m)(1)マロニル-CoA：アセチル-CoAアシルトランスフェラーゼ；(2)3-オキソグリタリル-CoAレダクター^ゼ(ケトン還元)；(3)3-ヒドロキシグルタリル-CoAレダクター^ゼ(アルコール形成)；(4)3,5-ジヒドロキシペンタノエートデヒドラターゼ；(5)5-ヒドロキシペント-2-エノエートデヒドラターゼ；および(6)2,4-ペンタジエンデカルボキシラーゼ；

(n)(1)マロニル-CoA：アセチル-CoAアシルトランスフェラーゼ；(2)3-オキソグリタリル-CoAレダクター^ゼ(ケトン還元)；(3)3-ヒドロキシグルタリル-CoAレダクター^ゼ(アルコール形成)；(4)3,5-ジヒドロキシペンタノエートデヒドラターゼ；(5)5-ヒドロキシペント-2-エノエートデカルボキシラーゼ；および(6)3-ブテン-1-オールデヒドラターゼ；ならびに

(o)(1)マロニル-CoA：アセチル-CoAアシルトランスフェラーゼ；(2)3-オキソグリタリル-CoAレダクター^ゼ(ケトン還元)；(3)3-ヒドロキシグルタリル-CoAレダクター^ゼ(アルコール形成)；(4)3,5-ジヒドロキシペンタノエートデカルボキシラーゼ；および(5)3-ブテン-1-オールデヒドラターゼ、からなる群から選択され、

前記微生物は、

(i)還元的TCA経路の酵素をコードする少なくとも1つの外因性核酸を含む還元的TCA経路であって、前記少なくとも1つの外因性核酸は、ATP-シトレートリアーゼ、シトレートリアーゼ、フマレートレダクター^ゼ、およびアルファ-ケトグルタレート：フェレドキシンオキシドレダクター^ゼから選択される、還元的TCA経路；

(ii)還元的TCA経路の酵素をコードする少なくとも1つの外因性核酸を含む還元的TCA経路であって、前記少なくとも1つの外因性核酸は、ピルベート：フェレドキシンオキシドレダクター^ゼ、ホスホエノールピルベートカルボキシラーゼ、ホスホエノールピルベートカルボキシキナーゼ、COデヒドロゲナーゼ、およびH₂ヒドロゲナーゼから選択される、還元的TCA経路；または

(iii)COデヒドロゲナーゼ、H₂ヒドロゲナーゼ、およびそれらの組み合わせから選択される酵素をコードする少なくとも1つの外因性核酸をさらに含み、

前記微生物は、

[1]ピルベート：フェレドキシンオキシドレダクター^ゼ、アコニターゼ、イソシトレートデヒドロゲナーゼ、スクシニル-CoAシンテターゼ、スクシニル-CoAトランスフェラーゼ、フマラーゼ、マレートデヒドロゲナーゼ、アセテートキナーゼ、ホスホトランスタセチラーゼ、アセチル-CoAシンテターゼ、NAD(P)H：フェレドキシンオキシドレダクター^ゼ、フェレドキシン、およびそれらの組み合わせから選択される酵素をコードする外因性核酸、あるいは

[2]アコニターゼ、イソシトレートデヒドロゲナーゼ、スクシニル-CoAシンテターゼ、スクシニル-CoAトランスフェラーゼ、フマラーゼ、マレートデヒドロゲナーゼ、およびそれらの組み合わせから選択される酵素をコードする外因性核酸、をさらに含み、

(D)前記1,3-ブタジエン経路は、

(a)1)trans,trans-ムコネートデカルボキシラーゼおよび2)trans-2,4-ペンタジエノエートデカルボキシラーゼ；

- (b) 1) cis, trans - ムコネートcisデカルボキシラーゼおよび2) trans - 2, 4 - ペンタジエノエートデカルボキシラーゼ;
- (c) 1) cis, trans - ムコネートtrans - デカルボキシラーゼ 2) cis - 2, 4 - ペンタジエノエートデカルボキシラーゼ;
- (d) 1) cis, cis - ムコネートデカルボキシラーゼおよび2) cis - 2, 4 - ペンタジエノエートデカルボキシラーゼ;
- (e) cis - 2, 4 - ペンタジエノエートデカルボキシラーゼ; ならびに
- (f) trans - 2, 4 - ペンタジエノエートデカルボキシラーゼ

からなる群から選択され、

(III) 前記微生物は、3 - プテン - 1 - オールを生産するのに十分な量で発現される3 - プテン - 1 - オール経路の酵素をコードする少なくとも1つの外因性核酸を含む1, 3 - プタジエン経路を有し、

(A) 前記3 - プテン - 1 - オール経路は、

(a) (1) A. 3 - ヒドロキシプロパノイル - CoAアセチルトランスフェラーゼ、(2) F. 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシペントノイル - CoAシンテターゼ、トランスフェラーゼおよび/またはヒドロラーゼ、(3) I. 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシペントノエートレダクターゼ、および(4) U. 3, 5 - ジヒドロキシペントノエートデカルボキシラーゼ;

(b) (1) A. 3 - ヒドロキシプロパノイル - CoAアセチルトランスフェラーゼ、(2) F. 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシペントノイル - CoAシンテターゼ、トランスフェラーゼおよび/またはヒドロラーゼ、(3) I. 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシペントノエートレダクターゼ、および(4) J. 3, 5 - ジヒドロキシペントノエートデヒドラターゼ、および(5) V. 5 - ヒドロキシペント - 2 - エノエートデカルボキシラーゼ;

(c) (1) A. 3 - ヒドロキシプロパノイル - CoAアセチルトランスフェラーゼ、(2) B. 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシペントノイル - CoAレダクターゼ、(3) G. 3, 5 - ジヒドロキシペントノイル - CoAシンテターゼ、トランスフェラーゼおよび/またはヒドロラーゼ、(4) U. 3, 5 - ジヒドロキシペントノエートデカルボキシラーゼ;

(d) (1) A. 3 - ヒドロキシプロパノイル - CoAアセチルトランスフェラーゼ、(2) B. 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシペントノイル - CoAレダクターゼ、(3) G. 3, 5 - ジヒドロキシペントノイル - CoAシンテターゼ、トランスフェラーゼおよび/またはヒドロラーゼ、(4) J. 3, 5 - ジヒドロキシペントノエートデヒドラターゼ、および(5) V. 5 - ヒドロキシペント - 2 - エノエートデカルボキシラーゼ;

(e) (1) A. 3 - ヒドロキシプロパノイル - CoAアセチルトランスフェラーゼ、(2) B. 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシペントノイル - CoAレダクターゼ、(3) C. 3, 5 - ジヒドロキシペントノイル - CoAデヒドラターゼ、(4) H. 5 - ヒドロキシペント - 2 - エノイル - CoAシンテターゼ、トランスフェラーゼおよび/またはヒドロラーゼ、および(5) V. 5 - ヒドロキシペント - 2 - エノエートデカルボキシラーゼ;

(f) (1) M. アクリリル - CoAアセチルトランスフェラーゼ、(2) L. 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシペントノイル - CoAデヒドラターゼ、(3) F. 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシペントノイル - CoAシンテターゼ、トランスフェラーゼおよび/またはヒドロラーゼ、(4) I. 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシペントノエートレダクターゼ、および(5) U. 3, 5 - ジヒドロキシペントノエートデカルボキシラーゼ;

(g) (1) M. アクリリル - CoAアセチルトランスフェラーゼ、(2) L. 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシペントノイル - CoAデヒドラターゼ、(3) F. 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシペントノイル - CoAシンテターゼ、トランスフェラーゼおよび/またはヒドロラーゼ、(4) I. 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシペントノエートレダクターゼ、(5) J. 3, 5 - ジヒドロキシペントノエートデヒドラターゼ、および(6) V. 5 - ヒドロキシペント - 2 - エノエートデカルボキシラーゼ;

(h) (1) M. アクリリル - CoAアセチルトランスフェラーゼ、(2) L. 3 - オ

キソ - 5 - ヒドロキシペンタノイル - C₀A デヒドラターゼ、(3) B . 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシペンタノイル - C₀A レダクターゼ、(4) G . 3 , 5 - ジヒドロキシペンタノイル - C₀A シンテターゼ、トランスフェラーゼおよび / またはヒドロラーゼ、および (5) U . 3 , 5 - ジヒドロキシペンタノエートデカルボキシラーゼ；

(i) (1) M . アクリリル - C o A アセチルトランスフェラーゼ、(2) L . 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシペントノイル - C o A デヒドラターゼ、(3) B . 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシペントノイル - C o A レダクターゼ、(4) G . 3 , 5 - ジヒドロキシペントノイル - C o A シンテターゼ、トランスフェラーゼおよび / またはヒドロラーゼ、(5) J . 3 , 5 - ジヒドロキシペントノエートデヒドラターゼ、(6) V . 5 - ヒドロキシペント - 2 - エノエートデカルボキシラーゼ；

(j) (1) M . アクリリル - C o A アセチルトランスフェラーゼ、(2) L . 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシペントノイル - C o A デヒドラターゼ、(3) B . 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシペントノイル - C o A レダクター、(4) C . 3 , 5 - ジヒドロキシペントノイル - C o A デヒドラターゼ、(5) H . 5 - ヒドロキシペント - 2 - エノイル - C o A シンテターゼ、トランスフェラーゼおよび / またはヒドロラーゼ、および (6) V . 5 - ヒドロキシペント - 2 - エノエートデカルボキシラーゼ；

(k) (1) K . 3 - ヒドロキシプロパノイル - C o A デヒドラターゼ、(2) A . 3 - ヒドロキシプロパノイル - C o A アセチルトランスフェラーゼ、(3) F . 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシペンタノイル - C o A シンテターゼ、トランスフェラーゼおよび / またはヒドロラーゼ、(4) I . 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシペンタノエートレダクターゼ、(5) U . 3 , 5 - ジヒドロキシペンタノエートデカルボキシラーゼ；

(1) (1) K . 3 - ヒドロキシプロパノイル - C o A デヒドラターゼ、(2) A . 3 - ヒドロキシプロパノイル - C o A アセチルトランスフェラーゼ、(3) F . 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシペントノイル - C o A シンテターゼ、トランスフェラーゼおよび / またはヒドロラーゼ、(4) I . 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシペントノエートレダクターゼ、(5) J . 3 , 5 - ジヒドロキシペントノエートデヒドラターゼ、および (6) V . 5 - ヒドロキシペント - 2 - エノエートデカルボキシラーゼ；

(m) (1) K.3 - ヒドロキシプロパノイル - C₆Aデヒドラターゼ、(2) A.3 - ヒドロキシプロパノイル - C₆Aアセチルトランスフェラーゼ、(3) B.3 - オキソ-5 - ヒドロキシペンタノイル - C₆Aレダクターゼ、(4) G.3, 5 - ジヒドロキシペンタノイル - C₆Aシンテターゼ、トランスフェラーゼおよび / またはヒドロラーゼ、および (5) U.3.5 - ジヒドロキシペンタノエートデカルボキシラーゼ：

(n) (1) K.3 - ヒドロキシプロパノイル - C₆Aデヒドラターゼ、(2) A.3 - ヒドロキシプロパノイル - C₆Aアセチルトランスフェラーゼ、(3) B.3 - オキソ-5 - ヒドロキシペンタノイル - C₆Aレダクターゼ、(4) G.3,5 - ジヒドロキシペンタノイル - C₆Aシンテターゼ、トランスフェラーゼおよび / またはヒドロラーゼ、(5) J.3,5 - ジヒドロキシペンタノエートデヒドラターゼ、および (6) V.5 - ヒドロキシペント-2-エノエートデカルボキシラーゼ；

(○)(1)K.3-ヒドロキシプロパノイル-C₆Aデヒドラターゼ、(2)A.3-ヒドロキシプロパノイル-C₆Aアセチルトランスフェラーゼ、(3)B.3-オキソ-5-ヒドロキシペンタノイル-C₆Aレダクターゼ、(4)C.3,5-ジヒドロキシペンタノイル-C₆Aデヒドラターゼ、(5)H.5-ヒドロキシペント-2-エノイル-C₆Aシンテターゼ、トランスフェラーゼおよび/またはヒドロラーゼ、および(6)V.5-ヒドロキシペント-2-エノエートデカルボキシラーゼ；

(p) (1) K . 3 - ヒドロキシプロパノイル - C o A デヒドラターゼ、(2) M . アクリリル - C o A アセチルトランスフェラーゼ、(3) L . 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシンペタノイル - C o A デヒドラターゼ、(4) F . 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシンペタノイル - C o A シンテターゼ、トランスフェラーゼおよび / またはヒドロラーゼ、(5) I . 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシンペタノエートレダクターゼ、および(6) U . 3 , 5 - デヒドロキシンペタノエートデカルボキシラーゼ：

(q) (1) K . 3 - ヒドロキシプロパノイル - C o A デヒドラターゼ、(2) M . アクリリル - C o A アセチルトランスフェラーゼ、(3) L . 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシンタノイル - C o A デヒドラターゼ、(4) F . 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシンタノイル - C o A シンテターゼ、トランスフェラーゼおよび / またはヒドロラーゼ、(5) I . 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシンタノエートレダクターゼ、(6) J . 3 , 5 - ジヒドロキシンタノエートデヒドラターゼ、および (7) V . 5 - ヒドロキシペント - 2 - エノエートデカルボキシラーゼ；

(r) (1) K . 3 - ヒドロキシプロパノイル - C o A デヒドラターゼ、(2) M . アクリリル - C o A アセチルトランスフェラーゼ、(3) L . 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシンタノイル - C o A デヒドラターゼ、(4) B . 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシンタノイル - C o A レダクターゼ、(5) G . 3 , 5 - ジヒドロキシンタノイル - C o A シンテターゼ、トランスフェラーゼおよび / またはヒドロラーゼ、(6) U . 3 , 5 - ジヒドロキシンタノエートデカルボキシラーゼ；

(s) (1) K . 3 - ヒドロキシプロパノイル - C o A デヒドラターゼ、(2) M . アクリリル - C o A アセチルトランスフェラーゼ、(3) L . 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシンタノイル - C o A デヒドラターゼ、(4) B . 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシンタノイル - C o A レダクターゼ、(5) G . 3 , 5 - ジヒドロキシンタノイル - C o A シンテターゼ、トランスフェラーゼおよび / またはヒドロラーゼ、(6) J . 3 , 5 - ジヒドロキシンタノエートデヒドラターゼ、および (7) V . 5 - ヒドロキシペント - 2 - エノエートデカルボキシラーゼ；ならびに

(t) (1) K . 3 - ヒドロキシプロパノイル - C o A デヒドラターゼ、(2) M . アクリリル - C o A アセチルトランスフェラーゼ、(3) L . 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシンタノイル - C o A デヒドラターゼ、(4) B . 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシンタノイル - C o A レダクターゼ、(5) C . 3 , 5 - ジヒドロキシンタノイル - C o A デヒドラターゼ、(6) H . 5 - ヒドロキシペント - 2 - エノイル - C o A シンテターゼ、トランスフェラーゼおよび / またはヒドロラーゼ、および (7) V . 5 - ヒドロキシペント - 2 - エノエートデカルボキシラーゼ

からなる群から選択され、

3 - プテン - 1 - オールを 1 , 3 - プタジエンに変換するために 3 - プテン - 1 - オールデヒドラターゼをさらに含み、

(IV) 前記微生物はトルエン経路を有し、前記微生物は、トルエンを生産するのに十分な量で発現されるトルエン経路の酵素をコードする少なくとも 1 つの外因性核酸を含み、

(A) 前記トルエン経路は、

(a) (1) フェニルアラニンアミノトランスフェラーゼおよびフェニルアラニンオキシドレダクターゼ（脱アミノ化）の 1 つまたは両方、(2) フェニルピルベートデカルボキシラーゼ、ならびに (3) フェニルアセトアルデヒドデカルボニラーゼ；

(b) (1) フェニルアラニンアミノトランスフェラーゼおよびフェニルアラニンオキシドレダクターゼ（脱アミノ化）の 1 つ以上、(2) フェニルピルベートデカルボキシラーゼ、(3) フェニルアセトアルデヒドデヒドロゲナーゼおよびフェニルアセトアルデヒドオキシダーゼの 1 つ以上、ならびに (4) フェニルアセテートデカルボキシラーゼ；

(c) (1) フェニルアラニンアミノトランスフェラーゼおよびフェニルアラニンオキシドレダクターゼ（脱アミノ化）の 1 つ以上、(2) フェニルピルベートオキシダーゼ、ならびに (3) フェニルアセテートデカルボキシラーゼ；ならびに

(d) (1) フェニルアラニンアミノトランスフェラーゼおよび / またはフェニルアラニンオキシドレダクターゼ（脱アミノ化）、(2) フェニルピルベートオキシダーゼならびに (3) フェニルアセテートデカルボキシラーゼ

からなる群から選択され、

(B) 前記トルエン経路は、

(a) p - トルエートデカルボキシラーゼ；

(b) (1) p - トルエートレダクターゼ、および(2) p - メチルベンズアルデヒドデカルボニラーゼ；

(c) (1) p - トルエートキナーゼ、(2) (p - メチルベンゾイルオキシ) ホスホネートレダクターゼ、および(3) p - メチルベンズアルデヒドデカルボニラーゼ；

(d) (1) (p - メチルベンゾイル - C_oAシンテターゼ、トランスフェラーゼおよび/またはヒドロラーゼ)、(2) ホスホトランス - p - メチルベンゾイラーゼ、(3) (p - メチルベンゾイルオキシ) ホスホネートレダクターゼ、および(4) p - メチルベンズアルデヒドデカルボニラーゼ；ならびに

(e) (1) (p - メチルベンゾイル - C_oAシンテターゼ、トランスフェラーゼおよび/またはヒドロラーゼ)、(2) p - メチルベンゾイル - C_oAレダクターゼ、および(3) p - メチルベンズアルデヒドデカルボニラーゼ；

(f) (1) (p - メチルベンゾイル - C_oAシンテターゼ、トランスフェラーゼおよび/またはヒドロラーゼ)、および(2) p - トルエートデカルボキシラーゼ；

(g) (1) p - メチルベンゾイル - C_oAレダクターゼ、および(2) p - メチルベンズアルデヒドデカルボニラーゼ；

(h) (1) ホスホトランス - p - メチルベンゾイラーゼ、(2) (p - メチルベンゾイルオキシ) ホスホネートレダクターゼ、および(3) p - メチルベンズアルデヒドデカルボニラーゼ；

(i) (1) ホスホトランス - p - メチルベンゾイラーゼ、(2) p - トルエートキナーゼ、および(3) p - トルエートデカルボキシラーゼ；

(j) (1) ホスホトランス - p - メチルベンゾイラーゼ、(2) p - トルエートキナーゼ、(3) p - トルエートレダクターゼ、(4) p - メチルベンズアルデヒドデカルボニラーゼ；

(k) (1) ホスホトランス - p - メチルベンゾイラーゼ、(2) (p - メチルベンゾイルオキシ) ホスホネートレダクターゼ(脱リン酸化)、および(3) p - メチルベンズアルデヒドデカルボニラーゼ；ならびに

(l) (1) p - メチルベンゾイル - C_oAレダクターゼ、および(2) p - メチルベンズアルデヒドデカルボニラーゼ

からなる群から選択される経路の酵素のセットから選択され、

前記微生物は、

(イ) p - トルエート経路をさらに含み、前記微生物は、p - トルエートを生産するのに十分な量で発現されるp - トルエート経路の酵素をコードする少なくとも1つの外因性核酸を含み、p - トルエート経路をさらに含み、前記p - トルエート経路は、2 - デヒドロ - 3 - デオキシホスホヘプトネートシンターゼ；3 - デヒドロキネートシンターゼ；3 - デヒドロキネートデヒドラターゼ；シキメートデヒドロゲナーゼ；シキメートキナーゼ；3 - ホスホシキメート - 2 - カルボキシビニルトランスフェラーゼ；コリスメートシンターゼ；ならびにコリスメートリアーゼを含み、あるいは

前記微生物は、

(ロ) DXPシンターゼ、DXPレダクトイソメラーゼ、および2ME4Pデヒドラターゼを含む(2 - ヒドロキシ - 3 - メチル - 4 - オキソブトキシ) ホスホネート経路をさらに含み、

(V) 前記微生物はベンゼン経路を有し、前記微生物は、ベンゼンを生産するのに十分な量で発現されるベンゼン経路の酵素をコードする少なくとも1つの外因性核酸を含み、

(A) 前記ベンゼン経路は、フェニルアラニンベンゼン - リアーゼを含み、あるいは

(B) 前記ベンゼン経路は、

(a) (1) ベンゾエートデカルボキシラーゼ；

(b) (1) ベンゾエートレダクターゼ、および(2) ベンズアルデヒドデカルボニラーゼ；

(c) (1) ベンゾエートキナーゼ、(2) (ベンゾイルオキシ) ホスホネートレダクターゼ、および(3) ベンズアルデヒドデカルボニラーゼ；

(d) (1) (ベンゾイル-C_oAシンテターゼ、トランスフェラーゼおよび/またはヒドロラーゼ)、(2) ホスホトランスベンゾイラーーゼ、3) (ベンゾイルオキシ) ホスホネートレダクターゼ、および4) ベンズアルデヒドカルボニラーゼ；

(e) (1) (ベンゾイル-C_oAシンテターゼ、トランスフェラーゼおよび/またはヒドロラーゼ)、(2) ベンゾイル-C_oAレダクターゼ、および(3) ベンズアルデヒドカルボニラーゼ；

(f) (1) (ベンゾイル-C_oAシンテターゼ、トランスフェラーゼおよび/またはヒドロラーゼ)、および(2) ベンゾエートデカルボキシラーゼ；

(g) (1) ベンゾイル-C_oAレダクターゼ、および(2) ベンズアルデヒドカルボニラーゼ；

(h) (1) ホスホトランスベンゾイラーーゼ、(2) (ベンゾイルオキシ) ホスホネートレダクターゼ、および(3) ベンズアルデヒドカルボニラーゼ；

(i) (1) ホスホトランスベンゾイラーーゼ、(2) ベンゾエートキナーゼ、および(3) ベンゾエートデカルボキシラーゼ；

(j) (1) ホスホトランスベンゾイラーーゼ、(2) ベンゾエートキナーゼ、(3) ベンゾエートレダクターゼ、および(4) ベンズアルデヒドカルボニラーゼ；

(k) (1) ホスホトランスベンゾイラーーゼ、(2) (ベンゾイルオキシ) ホスホネートレダクターゼ、および(3) ベンズアルデヒドカルボニラーゼ；ならびに

(l) (1) ベンゾイル-C_oAレダクターゼ、および(2) ベンズアルデヒドカルボニラーゼ

からなる群から選択される経路の酵素のセットから選択され、

前記微生物は、

(イ) ベンゾエート経路をさらに含み、前記微生物は、ベンゾエートを生産するのに十分な量で発現されるベンゾエート経路の酵素をコードする少なくとも1つの外因性核酸を含むベンゾエート経路をさらに含み、前記ベンゾエート経路は、2-デヒドロ-3-デオキシホスホヘプトネートシンターゼ；3-デヒドロキネートシンターゼ；3-デヒドロキネートデヒドラターゼ；シキメートデヒドロゲナーゼ；シキメートキナーゼ；3-ホスホシキメート-2-カルボキシビニルトランスフェラーゼ；コリスマートシンターゼ；およびコリスマートリアーゼを含み、あるいは

前記微生物は、

(ロ) エリトロース-4-ホスフェートデヒドラターゼおよび(2,4-ジオキソブトキシ) ホスホネートレダクターゼを含む(2-ヒドロキシ-4-オキソブトキシ) ホスホネート経路をさらに含み、

(VI) 前記微生物はスチレン経路を有し、前記微生物は、スチレンを生産するのに十分な量で発現されるスチレン経路の酵素をコードする少なくとも1つの外因性核酸を含み、前記スチレン経路は、

(a) (1) ベンゾイル-C_oAアセチルトランスフェラーゼ、(2) 3-オキソ-3-フェニルプロピオニル-C_oAシンテターゼ、トランスフェラーゼ、およびヒドロラーゼの1つ以上、(3) ベンゾイル-アセテートデカルボキシラーゼ、(4) アセトフェノンレダクターゼ、および(5) 1-フェニルエタノールデヒドラターゼ；および

(b) (1) ベンゾイル-C_oAアセチルトランスフェラーゼ、(2) ホスホトランス-3-オキソ-3-フェニルプロピオニラーゼ、(3) ベンゾイル-アセテートキナーゼ、(4) ベンゾイル-アセテートデカルボキシラーゼ、(5) アセトフェノンレダクターゼ、および(6) 1-フェニルエタノールデヒドラターゼ

からなる群から選択され、

(VII) 前記微生物は(2-ヒドロキシ-4-オキソブトキシ) ホスホネート経路を有し、前記微生物は、(2-ヒドロキシ-4-オキソブトキシ) ホスホネートを生産するのに十分な量で発現される(2-ヒドロキシ-4-オキソブトキシ) ホスホネート経路の酵素をコードする少なくとも1つの外因性核酸を含み、前記(2-ヒドロキシ-4-オキソブトキシ) ホスホネート経路は、エリトロース-4-ホスフェートデヒドラターゼおよ

び(2,4-ジオキソブトキシ)ホスホネートレダクターゼを含み、

(VIII) 前記微生物はベンゾエート経路を有し、前記微生物は、ベンゾエートを生産するのに十分な量で発現されるベンゾエート経路の酵素をコードする少なくとも1つの外因性核酸を含むベンゾエート経路を有する微生物を含み、前記ベンゾエート経路は、2-デヒドロ-3-デオキシホスホヘプトネートシンターゼ；3-デヒドロキネートシンターゼ；3-デヒドロキネートデヒドラターゼ；シキメートデヒドロゲナーゼ；シキメートキナーゼ；3-ホスホシキメート-2-カルボキシビニルトランスフェラーゼ；コリスマートシンターゼ；およびコリスマートリアーゼを含み、

前記微生物は、エリトロース-4-ホスフェートデヒドラターゼおよび(2,4-ジオキソブトキシ)ホスホネートレダクターゼを含む(2-ヒドロキシ-4-オキソブトキシ)ホスホネート経路をさらに含み、

(IX) 前記微生物は、3-ブテン-1-オールを生産するのに十分な量で発現される3-ブテン-1-オール経路の酵素をコードする少なくとも1つの外因性核酸を含む3-ブテン-1-オール経路を有し、

(A) 前記3-ブテン-1-オール経路は、

(a) (1) マロニル-CoA：アセチル-CoAアシルトランスフェラーゼ；(2)3-オキソグルタリル-CoAレダクターゼ(アルデヒド形成)；(3)3,5-ジオキソペントナエートレダクターゼ(アルデヒド還元)；(4)5-ヒドロキシ-3-オキソペントナエートレダクターゼ；(5)3,5-ジヒドロキシペントナエートデヒドラターゼ；および(6)5-ヒドロキシペント-2-エノエートデカルボキシラーゼ；

(b) (1) マロニル-CoA：アセチル-CoAアシルトランスフェラーゼ；(2)3-オキソグルタリル-CoAレダクターゼ(アルデヒド形成)；(3)3,5-ジオキソペントナエートレダクターゼ(アルデヒド還元)；(4)5-ヒドロキシ-3-オキソペントナエートレダクターゼ；および(5)3,5-ジヒドロキシペントナエートデカルボキシラーゼ；

(c) (1) マロニル-CoA：アセチル-CoAアシルトランスフェラーゼ；(2)3-オキソグルタリル-CoAレダクターゼ(CoA還元およびアルコール形成)；(3)5-ヒドロキシ-3-オキソペントナエートレダクターゼ；(4)3,5-ジヒドロキシペントナエートデヒドラターゼ；および(5)5-ヒドロキシペント-2-エノエートデカルボキシラーゼ；

(d) (1) マロニル-CoA：アセチル-CoAアシルトランスフェラーゼ；(2)3-オキソグルタリル-CoAレダクターゼ(CoA還元およびアルコール形成)；(3)5-ヒドロキシ-3-オキソペントナエートレダクターゼ；および(4)3,5-ジヒドロキシペントナエートデカルボキシラーゼ；

(e) (1) マロニル-CoA：アセチル-CoAアシルトランスフェラーゼ；(2)3-オキソグルタリル-CoAレダクターゼ(アルデヒド形成)；(3)3,5-ジオキソペントナエートレダクターゼ(ケトン還元)；(4)3-ヒドロキシ-5-オキソペントナエートレダクターゼ；(5)3,5-ジヒドロキシペントナエートデヒドラターゼ；および(6)5-ヒドロキシペント-2-エノエートデカルボキシラーゼ；

(f) (1) マロニル-CoA：アセチル-CoAアシルトランスフェラーゼ；(2)3-オキソグルタリル-CoAレダクターゼ(アルデヒド形成)；(3)3,5-ジオキソペントナエートレダクターゼ(ケトン還元)；(4)3-ヒドロキシ-5-オキソペントナエートレダクターゼ；および(5)3,5-ジヒドロキシペントナエートデカルボキシラーゼ；

(g) (1) マロニル-CoA：アセチル-CoAアシルトランスフェラーゼ；(2)3-オキソグルタリル-CoAレダクターゼ(ケトン還元)；(3)3-ヒドロキシグルタリル-CoAレダクターゼ(アルデヒド形成)；(4)3-ヒドロキシ-5-オキソペントナエートレダクターゼ；(5)3,5-ジヒドロキシペントナエートデヒドラターゼ；および(6)5-ヒドロキシペント-2-エノエートデカルボキシラーゼ；

(h) (1) マロニル-CoA：アセチル-CoAアシルトランスフェラーゼ；(2)

3 - オキソグルタリル - C o A レダクター ζ (ケトン還元) ; (3) 3 - ヒドロキシグルタリル - C o A レダクター ζ (アルデヒド形成) ; (4) 3 - ヒドロキシ - 5 - オキソペニタノエートレダクター ζ ; および (5) 3 , 5 - ジヒドロキシペニタノエートデカルボキシラーゼ ;

(i) (1) マロニル - C o A : アセチル - C o A アシルトランスフェラーゼ ; (2) 3 - オキソグルタリル - C o A レダクター ζ (ケトン還元) ; (3) 3 - ヒドロキシグルタリル - C o A レダクター ζ (アルコール形成) ; (4) 3 , 5 - ジヒドロキシペニタノエートデヒドラターゼ ; および (5) 5 - ヒドロキシペント - 2 - エノエートデカルボキシラーゼ ; ならびに

(j) (1) マロニル - C o A : アセチル - C o A アシルトランスフェラーゼ ; (2) 3 - オキソグルタリル - C o A レダクター ζ (ケトン還元) ; (3) 3 - ヒドロキシグルタリル - C o A レダクター ζ (アルコール形成) ; および (4) 3 , 5 - ジヒドロキシペニタノエートデカルボキシラーゼ

からなる群から選択され、

前記微生物は、

(i) 還元的 T C A 経路の酵素をコードする少なくとも 1 つの外因性核酸を含む還元的 T C A 経路であって、前記少なくとも 1 つの外因性核酸は、A T P - シトレートリアーゼ、シトレートリアーゼ、フマレートレダクター ζ 、およびアルファ - ケトグルタレート : フェレドキシンオキシドレダクター ζ から選択される、還元的 T C A 経路；

(ii) 還元的 T C A 経路の酵素をコードする少なくとも 1 つの外因性核酸を含む還元的 T C A 経路であって、前記少なくとも 1 つの外因性核酸は、ピルベート : フェレドキシンオキシドレダクター ζ 、ホスホエノールピルベートカルボキシラーゼ、ホスホエノールピルベートカルボキシキナーゼ、C O D E ヒドロゲナーゼ、および H 2 ヒドロゲナーゼから選択される、還元的 T C A 経路；または

(iii) C O D E ヒドロゲナーゼ、H 2 ヒドロゲナーゼ、およびそれらの組み合わせから選択される酵素をコードする少なくとも 1 つの外因性核酸をさらに含み、

前記微生物は、

[1] ピルベート : フェレドキシンオキシドレダクター ζ 、アコニターゼ、イソシトレートデヒドロゲナーゼ、スクシニル - C o A シンテターゼ、スクシニル - C o A トランスフェラーゼ、フマラーゼ、マレートデヒドロゲナーゼ、アセテートキナーゼ、ホスホトランスタセチラーゼ、アセチル - C o A シンテターゼ、N A D (P) H : フェレドキシンオキシドレダクター ζ 、フェレドキシン、およびそれらの組み合わせから選択される酵素をコードする外因性核酸、あるいは

[2] アコニターゼ、イソシトレートデヒドロゲナーゼ、スクシニル - C o A シンテターゼ、スクシニル - C o A トランスフェラーゼ、フマラーゼ、マレートデヒドロゲナーゼ、およびそれらの組み合わせから選択される酵素をコードする外因性核酸をさらに含む、非天然に生じる微生物。

【請求項 2】

前記微生物は 2 , 4 - ペンタジエノエート経路を有し、前記微生物は、2 , 4 - ペンタジエノエートを生産するのに十分な量で発現される 2 , 4 - ペンタジエノエート経路の酵素をコードする少なくとも 1 つの外因性核酸を含み、前記 2 , 4 - ペンタジエノエート経路は、(1) 4 - ヒドロキシ - 2 - オキソバレレートアルドラー ζ 、(2) 4 - ヒドロキシ - 2 - オキソバレレートデヒドラターゼ、(3) 2 - オキソペニタノエートレダクター ζ 、および (4) 2 - ヒドロキシペントノエートデヒドラターゼを有し、；

前記微生物は、2 , 4 - ペンタジエノエートを 1 , 3 - ブタジエンに変換することにより 1 , 3 - ブタジエンを生産するのに十分な量で発現される 2 , 4 - ペンタジエノエートデカルボキシラーゼをさらに含む、請求項 1 に記載の非天然に生じる微生物。

【請求項 3】

前記微生物は、

(i) 前記 2 , 4 - ペンタジエノエート経路を含み、2 , 4 - ペンタジエノエート経路の酵素を各々コードする 2 つ、3 つ、4 つ、5 つ、6 つ、7 つ、または 8 つの外因性核酸をさらに含む；

(i i) 前記 1 , 3 - ブタジエン経路を含み、前記微生物は、1 , 3 - ブタジエン経路の酵素を各々コードする 2 、3 、4 、5 、6 または 7 つの外因性核酸を含む；

(i i i) 前記トルエン経路を含み、トルエン経路の酵素を各々コードする 2 つ、3 つ、または 4 つの外因性核酸をさらに含む；

(i v) 前記ベンゼン経路を含み、ベンゼン経路の酵素を各々コードする 2 つ、3 つ、または 4 つの外因性核酸をさらに含む；

(v) 前記スチレン経路を含み、スチレン経路の酵素を各々コードする 2 つ、3 つ、4 つ、5 つ、または 6 つの外因性核酸をさらに含む；

(v i) 前記 (2 - ヒドロキシ - 4 - オキソブトキシ) ホスホネート経路を含み、(2 - ヒドロキシ - 4 - オキソブトキシ) ホスホネート経路の酵素を各々コードする 2 つの外因性核酸をさらに含む；

(v i i) 前記ベンゾエート経路を含み、ベンゾエート経路の酵素を各々コードする 2 つ、3 つ、4 つ、5 つ、6 つ、7 つ、または 8 つの外因性核酸をさらに含む；

(v i i i) 前記 1 , 3 - ブタジエン経路、および 3 - プテン - 1 - オール経路の酵素をコードする少なくとも 1 つの外因性核酸を含み、前記微生物は、3 - プテン - 1 - オール経路の酵素をコードする 2 つ、3 つ、4 つ、5 つ、6 つ、または 7 つの外因性核酸をさらに含む；あるいは

(i x) 前記 3 - プテン - 1 - オール経路を含み、前記微生物は、3 - プテン - 1 - オール経路の酵素を各々コードする 2 つ、3 つ、4 つ、または 5 つの外因性核酸を含む、請求項 1 に記載の非天然に生じる微生物。

【請求項 4】

前記微生物は、

(i) 前記 2 , 4 - ペンタジエノエート経路を含み、

(a) 前記 4 つの外因性核酸が、i) 4 - ヒドロキシ - 2 - オキソバレレートアルドラーゼ、i i) 4 - ヒドロキシ - 2 - オキソバレレートデヒドラターゼ、i i i) 2 - オキソペンテノエートレダクターゼ、および i v) 2 - ヒドロキシペンテノエートデヒドラターゼをコードし；

(b) 前記 3 つの外因性核酸が、i) AKP デアミナーゼ、i i) アセチルアクリレートレダクターゼ、および i i i) 4 - ヒドロキシペント - 2 - エノエートデヒドラターゼをコードし；

(c) 前記 5 つの外因性核酸が、i) AKP アミノトランスフェラーゼおよび / またはデヒドロゲナーゼ、i i) 2 , 4 - ジオキソペンタノエート - 2 - レダクターゼ、i i i) 2 - ヒドロキシ - 4 - オキソペンタノエートデヒドラターゼ、i v) アセチルアクリレートレダクターゼ、および v) 4 - ヒドロキシペント - 2 - エノエートデヒドラターゼをコードし；

(d) 前記 5 つの外因性核酸が、i) AKP アミノトランスフェラーゼおよび / またはデヒドロゲナーゼ、i i) 2 , 4 - ジオキソペンタノエート - 4 - レダクターゼ、i i i) 4 - ヒドロキシ - 2 - オキソバレレートデヒドラターゼ、i v) 2 - オキソペンタノエートレダクターゼ、および v) 2 - ヒドロキシペンテノエートデヒドラターゼをコードし；あるいは

(e) 前記 5 つの外因性核酸が、i) AKP レダクターゼ、i i) 2 - アミノ - 4 - ヒドロキシペンタノエートアミノトランスフェラーゼおよび / またはデヒドロゲナーゼ、i i i) 4 - ヒドロキシ - 2 - オキソバレレートデヒドラターゼ、i v) 2 - オキソペンテノエートレダクターゼ、および v) 2 - ヒドロキシペンテノエートデヒドラターゼをコードし；

前記微生物は、

(i i) 前記 1 , 3 - ブタジエン経路を含み、前記微生物は、

(a) (1) スクシニル - C o A : アセチル - C o A アシルトランスフェラーゼ ; (2) 3 - オキソアジピル - C o A トランスフェラーゼ、 3 - オキソアジピル - C o A シンテターゼまたは 3 - オキソアジピル - C o A ヒドロラーゼ ; (3) 3 - オキソアジペートデヒドロゲナーゼ ; (4) 2 - フマリルアセテートデカルボキシラーゼ ; (5) 3 - オキソペント - 4 - エノエートレダクターゼ ; および (6) 3 - ヒドロキシペント - 4 - エノエートデカルボキシラーゼ ;

(b) (1) スクニル - C o A : アセチル - C o A アシルトランスフェラーゼ ; (2) 3 - オキソアジピル - C o A トランスフェラーゼ、 3 - オキソアジピル - C o A シンテターゼまたは 3 - オキソアジピル - C o A ヒドロラーゼ ; (3) 3 - オキソアジペートデヒドロゲナーゼ ; (4) 2 - フマリルアセテートデカルボキシラーゼ ; (5) 3 - オキソペント - 4 - エノエートレダクターゼ ; (6) 3 - ヒドロキシペント - 4 - エノエートデヒドラターゼ ; および (7) 2 , 4 - ペンタジエノエートデカルボキシラーゼ ;

(c) (1) スクシニル - CoA : アセチル - CoA アシルトランスフェラーゼ ; (2)
) 3 - オキソアジピル - CoA トランスフェラーゼ、 3 - オキソアジピル - CoA シンテ
ターゼまたは 3 - オキソアジピル - CoA ヒドロラーゼ ; (3) 3 - オキソアジペートデ
ヒドロゲナーゼ ; (4) 2 - フマリルアセテートレダクターゼ ; (5) 3 - ヒドロキシヘ
キサ - 4 - エネジオエートデカルボキシラーゼ ; および (6) 3 - ヒドロキシペント - 4
- エノエートデカルボキシラーゼ ;

(d) (1) スクシニル - C o A : アセチル - C o A アシルトランスフェラーゼ ; (2) 3 - オキソアジピル - C o A トランスフェラーゼ、 3 - オキソアジピル - C o A シンテターゼまたは 3 - オキソアジピル - C o A ヒドロラーゼ ; (3) 3 - オキソアジペートデヒドロゲナーゼ ; (4) 2 - フマリルアセテートレダクターゼ ; (5) 3 - ヒドロキシヘキサ - 4 - エネジオエートデカルボキシラーゼ ; (6) 3 - ヒドロキシペント - 4 - エノエートデヒドラターゼ ; および (7) 2 , 4 - ペンタジエノエートデカルボキシラーゼ ;

(e) (1) スクシニル - C o A : アセチル - C o A アシルトランスフェラーゼ ; (2) 3 - オキソアジピル - C o A トランスフェラーゼ、 3 - オキソアジピル - C o A シンテターゼまたは 3 - オキソアジピル - C o A ヒドロラーゼ ; (3) 3 - オキソアジペートレダクターゼ ; (4) 3 - ヒドロキシアジペートデヒドロゲナーゼ ; (5) 3 - ヒドロキシヘキサ - 4 - エネジオエートデカルボキシラーゼ ; および (6) 3 - ヒドロキシペント - 4 - エノエートデカルボキシラーゼ ;

(f) (1) スクシニル - C o A : アセチル - C o A アシルトランスフェラーゼ ; (2) 3 - オキソアジピル - C o A トランスフェラーゼ、 3 - オキソアジピル - C o A シンテターゼまたは 3 - オキソアジピル - C o A ヒドロラーゼ ; (3) 3 - オキソアジペートレダクターゼ ; (4) 3 - ヒドロキシアジペートデヒドロゲナーゼ ; (5) 3 - ヒドロキシヘキサ - 4 - エネジオエートデカルボキシラーゼ ; (6) 3 - ヒドロキシペント - 4 - エノエートデヒドラターゼ ; および (7) 2 , 4 - ペンタジエノエートデカルボキシラーゼ .

(g) (1) スクシニル-C_oA:アセチル-C_oAアシルトランスフェラーゼ; (2)
3-オキソアジピル-C_oAレダクターゼ; (3) 3-ヒドロキシアジピル-C_oAト
ランスフェラーゼ、3-ヒドロキシアジピル-C_oAシンテターゼまたは3-ヒドロキシ
アジピル-C_oAヒドロラーゼ; (4) 3-ヒドロキシアジペートデヒドロゲナーゼ; (5)
3-ヒドロキシヘキサ-4-エネジオエートデカルボキシラーゼ; および(6) 3-
ヒドロキシペント-4-エノエートデカルボキシラーゼ; ならびに

(h) (1) スクシニル - C o A : アセチル - C o A アシルトランスフェラーゼ ; (2) 3 - オキソアジピル - C o A レダクターゼ ; (3) 3 - ヒドロキシアジピル - C o A トランスフェラーゼ、 3 - ヒドロキシアジピル - C o A シンテターゼまたは 3 - ヒドロキシアジピル - C o A ヒドロラーゼ ; (4) 3 - ヒドロキシアジペートデヒドロゲナーゼ ; (5) 3 - ヒドロキシヘキサ - 4 - エネジオエートデカルボキシラーゼ ; (6) 3 - ヒドロキシペント - 4 - エノエートデヒドラターゼ ; および (7) 2 , 4 - ペンタジエノエートデカルボキシラーゼ ;

3 - オキソグリタリル - C o A レダクター ゼ (ケトン還元) ; (3) 3 - ヒドロキシグルタリル - C o A レダクター ゼ (アルデヒド形成) ; (4) 3 - ヒドロキシ - 5 - オキソペニタノエートレダクター ゼ ; (5) 3 , 5 - ジヒドロキシペンタノエートデヒドラターゼ ; (6) 5 - ヒドロキシペント - 2 - エノエートデヒドラターゼ ; および (7) 2 , 4 - ペンタジエンデカルボキシラーゼ ;

(s) (1) マロニル - C o A : アセチル - C o A アシルトランスフェラーゼ ; (2) 3 - オキソグリタリル - C o A レダクター ゼ (ケトン還元) ; (3) 3 - ヒドロキシグルタリル - C o A レダクター ゼ (アルデヒド形成) ; (4) 3 - ヒドロキシ - 5 - オキソペニタノエートレダクター ゼ ; (5) 3 , 5 - ジヒドロキシペンタノエートデヒドラターゼ ; (6) 5 - ヒドロキシペント - 2 - エノエートデカルボキシラーゼ ; および (7) 3 - ブテン - 1 - オールデヒドラターゼ ;

(t) (1) マロニル - C o A : アセチル - C o A アシルトランスフェラーゼ ; (2) 3 - オキソグリタリル - C o A レダクター ゼ (ケトン還元) ; (3) 3 - ヒドロキシグルタリル - C o A レダクター ゼ (アルデヒド形成) ; (4) 3 - ヒドロキシ - 5 - オキソペニタノエートレダクター ゼ ; (5) 3 , 5 - ジヒドロキシペンタノエートデカルボキシラーゼ ; および (6) 3 - ブテン - 1 - オールデヒドラターゼ ;

(u) (1) マロニル - C o A : アセチル - C o A アシルトランスフェラーゼ ; (2) 3 - オキソグリタリル - C o A レダクター ゼ (ケトン還元) ; (3) 3 - ヒドロキシグルタリル - C o A レダクター ゼ (アルコール形成) ; (4) 3 , 5 - ジヒドロキシペンタノエートデヒドラターゼ ; (5) 5 - ヒドロキシペント - 2 - エノエートデヒドラターゼ ; および (6) 2 , 4 - ペンタジエンデカルボキシラーゼ ;

(v) (1) マロニル - C o A : アセチル - C o A アシルトランスフェラーゼ ; (2) 3 - オキソグリタリル - C o A レダクター ゼ (ケトン還元) ; (3) 3 - ヒドロキシグルタリル - C o A レダクター ゼ (アルコール形成) ; (4) 3 , 5 - ジヒドロキシペンタノエートデヒドラターゼ ; (5) 5 - ヒドロキシペント - 2 - エノエートデカルボキシラーゼ ; および (6) 3 - ブテン - 1 - オールデヒドラターゼ ; ならびに

(w) (1) マロニル - C o A : アセチル - C o A アシルトランスフェラーゼ ; (2) 3 - オキソグリタリル - C o A レダクター ゼ (ケトン還元) ; (3) 3 - ヒドロキシグルタリル - C o A レダクター ゼ (アルコール形成) ; (4) 3 , 5 - ジヒドロキシペンタノエートデカルボキシラーゼ ; および (5) 3 - ブテン - 1 - オールデヒドラターゼ
からなる群から選択される酵素の各々をコードする外因性核酸を含み、

前記微生物は、

(i i i) 前記 1 , 3 - ブタジエン経路および前記還元的 TCA 経路を含み、前記微生物は、

(a) ATP - シトレートリアーゼ、シトレートリアーゼ、フマレートレダクター ゼ、およびアルファ - ケトグルタレート : フェレドキシンオキシドレダクター ゼをコードする 4 つの外因性核酸；あるいは

(b) ピルベート : フェレドキシンオキシドレダクター ゼ、ホスホエノールピルベートカルボキシラーゼ、ホスホエノールピルベートカルボキシキナーゼ、CO デヒドロゲナーゼ、および H₂ デヒドロゲナーゼをコードする 5 つの外因性核酸；

をさらに含み、

前記微生物は、

(i v) 前記 1 , 3 - ブタジエン経路を含み、前記微生物は、CO デヒドロゲナーゼおよび H₂ ヒドロゲナーゼをコードする 2 つの外因性核酸；をさらに含み、

前記微生物は、

(v) 前記トルエン経路を含み、

(a) 前記 3 つの外因性核酸が、(1) フェニルアラニンアミノトランスフェラーゼまたはフェニルアラニンオキシドレダクター ゼ (脱アミノ化)、(2) フェニルピルベートデカルボキシラーゼ、(3) フェニルアセトアルデヒドデカルボニラーゼをコードし；あるいは

(b) 前記4つの外因性核酸が、(1)フェニルアラニンアミノトランスフェラーゼまたはフェニルアラニンオキシドレダクターゼ(脱アミノ化)、(2)フェニルピルベートデカルボキシラーゼ、(3)フェニルアセトアルデヒドデヒドロゲナーゼまたはオキシダーゼ、および(4)フェニルアセテートデカルボキシラーゼをコードし；

前記微生物は、

(vi) 前記ベンゼン経路を含み、前記少なくとも1つの外因性核酸が、前記フェニルアラニンベンゼン-リアーゼであり、

前記微生物は、

(vii) 前記スチレン経路を含み、

(a) 前記5つの外因性核酸が、(1)ベンゾイル-C_oAアセチルトランスフェラーゼ、(2)3-オキソ-3-フェニルプロピオニル-C_oAシンテターゼ、トランスフェラーゼ、およびヒドラーゼの1つ、(3)ベンゾイル-アセテートデカルボキシラーゼ、(4)アセトフェノンレダクターゼ、および(5)1-フェニルエタノールデヒドラターゼをコードし；あるいは

(b) 前記6つの外因性核酸が、(1)ベンゾイル-C_oAアセチルトランスフェラーゼ、(2)ホスホトランス-3-オキソ-3-フェニルプロピオニラーゼ、(3)ベンゾイル-アセテートキナーゼ、(4)ベンゾイル-アセテートデカルボキシラーゼ、(5)アセトフェノンレダクターゼ、および(6)1-フェニルエタノールデヒドラターゼをコードし；

前記微生物は、

(viii) 前記(2-ヒドロキシ-4-オキソブトキシ)ホスホネート経路を含み、前記2つの外因性核酸が、エリトロース-4-ホスフェートデヒドラターゼおよび(2,4-ジオキソブトキシ)ホスホネートレダクターゼをコードし；

前記微生物は、

(ix) 前記ベンゾエート経路を含み、前記8つの外因性核酸が、2-デヒドロ-3-デオキシホスホヘプトネートシンターゼ；3-デヒドロキネートシンターゼ；3-デヒドロキネートデヒドラターゼ；シキメートデヒドロゲナーゼ；シキメートキナーゼ；3-ホスホシキメート-2-カルボキシビニルトランスフェラーゼ；コリスマートシンターゼ；およびコリスマートリアーゼをコードし；

前記微生物は、

(x) 前記2,4-ペンタジエノエート経路を含み、前記微生物は、

(a) (1)スクシニル-C_oA：アセチル-C_oAアシルトランスフェラーゼ；(2)3-オキソアジピル-C_oAトランスフェラーゼ、3-オキソアジピル-C_oAシンテターゼまたは3-オキソアジピル-C_oAヒドロラーゼ；(3)3-オキソアジペートデヒドロゲナーゼ；(4)2-フマリルアセテートデカルボキシラーゼ；(5)3-オキソペント-4-エノエートレダクターゼ；および(6)3-ヒドロキシペント-4-エノエートデヒドラターゼ；

(b) (1)スクシニル-C_oA：アセチル-C_oAアシルトランスフェラーゼ；(2)3-オキソアジピル-C_oAトランスフェラーゼ、3-オキソアジピル-C_oAシンテターゼまたは3-オキソアジピル-C_oAヒドロラーゼ；(3)3-オキソアジペートデヒドロゲナーゼ；(4)2-フマリルアセテートレダクターゼ；(5)3-ヒドロキシヘキサ-4-エネジオエートデカルボキシラーゼ；および(6)3-ヒドロキシペント-4-エノエートデヒドラターゼ；

(c) (1)スクシニル-C_oA：アセチル-C_oAアシルトランスフェラーゼ；(2)3-オキソアジピル-C_oAトランスフェラーゼ、3-オキソアジピル-C_oAシンテターゼまたは3-オキソアジピル-C_oAヒドロラーゼ；(3)3-オキソアジペートレダクターゼ；(4)3-ヒドロキシアジペートデヒドロゲナーゼ；(5)3-ヒドロキシヘキサ-4-エネジオエートデカルボキシラーゼ；および(6)3-ヒドロキシペント-4-エノエートデヒドラターゼ；

(d) (1)スクシニル-C_oA：アセチル-C_oAアシルトランスフェラーゼ；(2)

) 3 - オキソアジピル - C o A レダクターゼ ; (3) 3 - ヒドロキシアジピル - C o A トランスフェラーゼ、 3 - ヒドロキシアジピル - C o A シンテターゼまたは 3 - ヒドロキシアジピル - C o A ヒドロラーゼ ; (4) 3 - ヒドロキシアジペートデヒドロゲナーゼ ; (5) 3 - ヒドロキシヘキサ - 4 - エネジオエートデカルボキシラーゼ ; および (6) 3 - ヒドロキシペント - 4 - エノエートデヒドラターゼ ;

(e) (1) マロニル - C o A : アセチル - C o A アシルトランスフェラーゼ ; (2) 3 - オキソグルタリル - C o A レダクターゼ (アルデヒド形成) ; (3) 3 , 5 - ジオキソペンタノエートレダクターゼ (アルデヒド形成) ; (4) 5 - ヒドロキシ - 3 - オキソペンタノエートレダクターゼ ; (5) 3 , 5 - ジヒドロキシペンタノエートデヒドラターゼ ; および (6) 5 - ヒドロキシペント - 2 - エノエートデヒドラターゼ ;

(f) (1) マロニル - C o A : アセチル - C o A アシルトランスフェラーゼ ; (2) 3 - オキソグルタリル - C o A レダクターゼ (C o A 還元およびアルコール形成) ; (3) 5 - ヒドロキシ - 3 - オキソペンタノエートレダクターゼ ; (4) 3 , 5 - ジヒドロキシペンタノエートデヒドラターゼ ; および (5) 5 - ヒドロキシペント - 2 - エノエートデヒドラターゼ ;

(g) (1) マロニル - C o A : アセチル - C o A アシルトランスフェラーゼ ; (2) 3 - オキソグルタリル - C o A レダクターゼ (アルデヒド形成) ; (3) 3 , 5 - ジオキソペンタノエートレダクターゼ (ケトン還元) ; (4) 3 - ヒドロキシ - 5 - オキソペンタノエートレダクターゼ ; (5) 3 , 5 - ジヒドロキシペンタノエートデヒドラターゼ ; および (6) 5 - ヒドロキシペント - 2 - エノエートデヒドラターゼ ;

(h) (1) マロニル - C o A : アセチル - C o A アシルトランスフェラーゼ ; (2) 3 - オキソグルタリル - C o A レダクターゼ (ケトン還元) ; (3) 3 - ヒドロキシグルタリル - C o A レダクターゼ (アルデヒド形成) ; (4) 3 - ヒドロキシ - 5 - オキソペンタノエートレダクターゼ ; (5) 3 , 5 - ジヒドロキシペンタノエートデヒドラターゼ ; および (6) 5 - ヒドロキシペント - 2 - エノエートデヒドラターゼ ; ならびに

(i) (1) マロニル - C o A : アセチル - C o A アシルトランスフェラーゼ ; (2) 3 - オキソグルタリル - C o A レダクターゼ (ケトン還元剤) ; (3) 3 - ヒドロキシグルタリル - C o A レダクターゼ (アルコール形成) ; (4) 3 , 5 - ジヒドロキシペンタノエートデヒドラターゼ ; および (5) 5 - ヒドロキシペント - 2 - エノエートデヒドラターゼ ;

からなる群から選択される酵素の各々をコードする外因性核酸を含み、

前記微生物は、

(x i) 前記 2 , 4 - ペンタジエノエート経路および前記還元的 T C A 経路を含み、前記微生物は、

(a) A T P - シトレーントリアーゼ、シトレーントリアーゼ、フマレートレダクターゼ、およびアルファ - ケトグルタレート : フェレドキシンオキシドレダクターゼをコードする 4 つの外因性核酸 ; あるいは

(b) ピルベート : フェレドキシンオキシドレダクターゼ、ホスホエノールピルベートカルボキシラーゼ、ホスホエノールピルベートカルボキシキナーゼ、C O デヒドロゲナーゼ、および H 2 デヒドロゲナーゼをコードする 5 つの外因性核酸 ;

をさらに含み、

前記微生物は、

(x i i) 前記 2 , 4 - ペンタジエノエート経路を含み、前記微生物が、C O デヒドロゲナーゼおよび H 2 ヒドロゲナーゼをコードする 2 つの外因性核酸 ; をさらに含み、

前記微生物は、

(x i i i) 前記 1 , 3 - ブタジエン経路を含み、前記 2 つの外因性核酸が、

(a) (1) t r a n s , t r a n s - ムコネートデカルボキシラーゼ、および (2) t r a n s - 2 , 4 - ペンタジエノエートデカルボキシラーゼ ;

(b) (1) c i s , t r a n s - ムコネート c i s デカルボキシラーゼ、および (2)

) trans - 2 , 4 - ペンタジエノエートデカルボキシラーゼ ;
 (c) (1) cis , trans - ムコネート trans - デカルボキシラーゼ、(2)
 cis - 2 , 4 - ペンタジエノエートデカルボキシラーゼ ;
 (d) (1) cis , cis - ムコネートデカルボキシラーゼ、および (2) cis -
 2 , 4 - ペンタジエノエートデカルボキシラーゼ ;
 (e) cis - 2 , 4 - ペンタジエノエートデカルボキシラーゼ ; ならびに
 (f) trans - 2 , 4 - ペンタジエノエートデカルボキシラーゼ ;
 からなる群から選択される 1 , 3 - プタジエン経路の酵素のセットをコードし、
 前記微生物は、
 (xiv) 前記 3 - プテン - 1 - オール経路を含み、前記微生物は、
 (a) (1) マロニル - CoA : アセチル - CoA アシルトランスフェラーゼ ; (2)
 3 - オキソグルタリル - CoA レダクターゼ (アルデヒド形成) ; (3) 3 , 5 - ジオキソペ
 ンタノエートレダクターゼ (アルデヒド還元) ; (4) 5 - ヒドロキシ - 3 - オキソペ
 ンタノエートレダクターゼ ; (5) 3 , 5 - ジヒドロキシペントナエートデヒドラタ
 ゼ ; および (6) 5 - ヒドロキシペント - 2 - エノエートデカルボキシラーゼ ;
 (b) (1) マロニル - CoA : アセチル - CoA アシルトランスフェラーゼ ; (2)
 3 - オキソグルタリル - CoA レダクターゼ (アルデヒド形成) ; (3) 3 , 5 - ジオキソペ
 ンタノエートレダクターゼ (アルデヒド還元) ; (4) 5 - ヒドロキシ - 3 - オキソペ
 ンタノエートレダクターゼ ; および (5) 3 , 5 - ジヒドロキシペントナエートデカル
 ボキシラーゼ ;
 (c) (1) マロニル - CoA : アセチル - CoA アシルトランスフェラーゼ ; (2)
 3 - オキソグルタリル - CoA レダクターゼ (CoA 還元およびアルコール形成) ; (3)
 5 - ヒドロキシ - 3 - オキソペントナエートレダクターゼ ; (4) 3 , 5 - ジヒドロキ
 シペントナエートデヒドラターゼ ; および (5) 5 - ヒドロキシペント - 2 - エノエート
 デカルボキシラーゼ ;
 (d) (1) マロニル - CoA : アセチル - CoA アシルトランスフェラーゼ ; (2)
 3 - オキソグルタリル - CoA レダクターゼ (CoA 還元およびアルコール形成) ; (3)
 5 - ヒドロキシ - 3 - オキソペントナエートレダクターゼ ; および (4) 3 , 5 - ジヒ
 ドロキシペントナエートデカルボキシラーゼ ;
 (e) (1) マロニル - CoA : アセチル - CoA アシルトランスフェラーゼ ; (2)
 3 - オキソグルタリル - CoA レダクターゼ (アルデヒド形成) ; (3) 3 , 5 - ジオキソペ
 ンタノエートレダクターゼ (ケトン還元) ; (4) 3 - ヒドロキシ - 5 - オキソペ
 ンタノエートレダクターゼ ; (5) 3 , 5 - ジヒドロキシペントナエートデヒドラタ
 ゼ ; および (6) 5 - ヒドロキシペント - 2 - エノエートデカルボキシラーゼ ;
 (f) (1) マロニル - CoA : アセチル - CoA アシルトランスフェラーゼ ; (2)
 3 - オキソグルタリル - CoA レダクターゼ (アルデヒド形成) ; (3) 3 , 5 - ジオキソペ
 ンタノエートレダクターゼ (ケトン還元) ; (4) 3 - ヒドロキシ - 5 - オキソペ
 ンタノエートレダクターゼ ; および (5) 3 , 5 - ジヒドロキシペントナエートデカルボ
 キシラーゼ ;
 (g) (1) マロニル - CoA : アセチル - CoA アシルトランスフェラーゼ ; (2)
 3 - オキソグルタリル - CoA レダクターゼ (ケトン還元) ; (3) 3 - ヒドロキシグル
 タリル - CoA レダクターゼ (アルデヒド形成) ; (4) 3 - ヒドロキシ - 5 - オキソペ
 ンタノエートレダクターゼ ; (5) 3 , 5 - ジヒドロキシペントナエートデヒドラタ
 ゼ ; および (6) 5 - ヒドロキシペント - 2 - エノエートデカルボキシラーゼ ;
 (h) (1) マロニル - CoA : アセチル - CoA アシルトランスフェラーゼ ; (2)
 3 - オキソグルタリル - CoA レダクターゼ (ケトン還元) ; (3) 3 - ヒドロキシグル
 タリル - CoA レダクターゼ (アルデヒド形成) ; (4) 3 - ヒドロキシ - 5 - オキソペ
 ンタノエートレダクターゼ ; および (5) 3 , 5 - ジヒドロキシペントナエートデカルボ
 キシラーゼ ;
 (i) (1) マロニル - CoA : アセチル - CoA アシルトランスフェラーゼ ; (2)

3 - オキソグルタリル - CoA レダクター ゼ (ケトン還元) ; (3) 3 - ヒドロキシグルタリル - CoA レダクター ゼ (アルコール形成) ; (4) 3,5 - ジヒドロキシペントノエートデヒドラターゼ ; および (5) 5 - ヒドロキシペント - 2 - エノエートデカルボキシラーゼ ; ならびに

(j) (1) マロニル - C o A : アセチル - C o A アシルトランスフェラーゼ ; (2) 3 - オキソグルタリル - C o A レダクター (ケトン還元) ; (3) 3 - ヒドロキシグルタリル - C o A レダクター (アルコール形成) ; および (4) 3 , 5 - ジヒドロキシペンタノエートデカルボキシラーゼ ;

からなる群から選択される酵素の各々をコードする外因性核酸を含み、

前記微生物は、

(x v) 前記 3 - ブテン - 1 - オール経路および前記還元的 TCA 経路を含み、前記微生物は、

(a) ATP-シトレートリアーゼ、シトレートリアーゼ、フマレートレダクターゼ、およびアルファ-ケトグルタレート：フェレドキシンオキシドレダクターゼをコードする4つの外因性核酸：あるいは

(b) ピルベート：フェレドキシンオキシドレダクターゼ、ホスホエノールピルベートカルボキシラーゼ、ホスホエノールピルベートカルボキシキナーゼ、C O デヒドロゲナーゼ、およびH 2 デヒドロゲナーゼをコードする5つの外因性核酸：

さらに含み、あるいは

前記微生物は、
(x v i) 前記 3 - プテン - 1 - オール経路を含み、前記微生物は、C O デヒドロゲナーゼおよびH 2 ヒドロゲナーゼをコードする 2 つの外因性核酸、
をさらに含む。請求項 3 に記載の非天然に生じる微生物。

【詩或頂】

【請求項 5】
前記少なくとも 1 つの外因性核酸が異種核酸である、請求項 1 に記載の非天然に生じる微生物。

微王物。

【請求項 6】
前記非天然に生じる微生物が実質的に嫌気性培地に存在する、請求項 1 に記載の非天然に生じる微生物

【請求項フ】

(i) 2 , 4 - ペンタジエノエートを生産するための方法であって、前記方法は、請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の 2 , 4 - ペンタジエノエート経路を有する非天然に生じる微生物を、2 , 4 - ペンタジエノエートを生産するための条件下で、かつ、十分な期間 培養する工程を含む。

(i i) 1 , 3 - ブタジエンを生産するための方法であつて、前記方法は、請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の 2 , 4 - ペンタジエノエート経路を有する非天然に生じる微生物を、2 , 4 - ペンタジエノエートを生産するための条件下で、かつ、十分な期間、培養する工程を含み、前記方法は、2 , 4 - ペンタジエノエートを 1 , 3 - ブタジエンに変換することをさらに含む：

(i i i) 1 , 3 - プタジエンを生産するための方法であって、前記方法は、請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の 2 , 4 - ペンタジエノエート経路を有し、かつ請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の 2 , 4 - ペンタジエンデカルボキシラーゼをさらに含む非天然に生じる微生物を、1 , 3 - プタジエンを生産するための条件下で、かつ、十分な期間培養する工程を含む：

(i v) 1 , 3 - ブタジエンを生産するための方法であって、前記方法は、請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の 1 , 3 - ブタジエン経路を有する非天然に生じる微生物を、
1 , 3 - ブタジエンを生産するための条件下で、かつ、十分な期間、培養する工程を含む
：

(v) 1 , 3 - ブタジエンを生産するための方法であつて、前記方法は、請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の 1 , 3 - ブタジエン経路を有し、かつ請求項 1 から 6 のいずれ

か1項に記載の3-ブテン-1-オール経路の酵素をコードする少なくとも1つの外因性核酸を有する、非天然に生じる微生物を、1,3-ブタジエンを生産するための条件下で、かつ、十分な期間、培養する工程を含む；

(v i) トルエンを生産するための方法であって、前記方法は、請求項1から6のいずれか1項に記載のトルエン経路を有する非天然に生じる微生物を、トルエンを生産するための条件下で、かつ、十分な期間、培養する工程を含む；

(v i i) ベンゼンを生産するための方法であって、前記方法は、請求項1から6のいずれか1項に記載のベンゼン経路を有する非天然に生じる微生物を、ベンゼンを生産するための条件下で、かつ、十分な期間、培養する工程を含む；

(v i i i) スチレンを生産するための方法であって、前記方法は、請求項1から6のいずれか1項に記載のスチレン経路を有する非天然に生じる微生物を、スチレンを生産するための条件下で、かつ、十分な期間、培養する工程を含む；

(i x) ベンゾエートを生産するための方法であって、前記方法は、請求項1から6のいずれか1項に記載のベンゾエート経路を有する非天然に生じる微生物を、トルエンを生産するための条件下で、かつ、十分な期間、培養する工程を含む；

(x) 3-ブテン-1-オールを生産するための方法であって、前記方法は、請求項1から6のいずれか1項に記載の1,3-ブタジエン経路を有し、かつ請求項1から6のいずれか1項に記載の3-ブテン-1-オール経路の酵素をコードする少なくとも1つの外因性核酸を有する非天然に生じる微生物を、3-ブテン-1-オールを生産するための条件下で、かつ、十分な期間、培養する工程を含み、かつ、前記方法は、1,3-ブタジエンを提供するために3-ブテン-1-オールの化学的脱水をさらに含む；

(x i) 3-ブテン-1-オールを生産するための方法であって、前記方法は、請求項1から6のいずれか1項に記載の3-ブテン-1-オール経路を有する非天然に生じる微生物を、3-ブテン-1-オールを生産するための条件下で、かつ、十分な期間、培養する工程を含む；あるいは

(x i i) 1,3-ブタジエンを生産するための方法であって、前記方法は、請求項1から6のいずれか1項に記載の3-ブテン-1-オール経路を有する非天然に生じる微生物を、3-ブテン-1-オールを生産するための条件下で、かつ、十分な期間、培養する工程を含み、かつ、前記方法は、3-ブテン-1-オールを1,3-ブタジエンに化学的に変換する工程をさらに含む、

方法。

【請求項8】

前記微生物は、細菌、酵母、または真菌である、

請求項1から6のいずれか1項に記載の非天然に生じる微生物。

【請求項9】

合成された2,4-ペントジエノエート、1,3-ブタジエン、3-ブテン-1オール、トルエン、ベンゼン、スチレン、またはベンゾエートを含む培地であって、

(a) 前記合成された2,4-ペントジエノエート、1,3-ブタジエン、3-ブテン-1オール、トルエン、ベンゼン、スチレン、またはベンゾエートは、大気中炭素摂取源を反映する炭素-12、炭素-13、および炭素-14の割合を有し；さらに

(i) 合成された2,4-ペントジエノエートを含む前記培地は、2,4-ペントジエノエート経路を有する、非天然に生じる微生物から分離される；あるいは

(i i) 合成された1,3-ブタジエンを含む前記培地は、1,3-ブタジエン経路または3-ブテン-1オール経路を有する、非天然に生じる微生物から分離される；

(i i i) 合成された3-ブテン-1オールを含む前記培地は、1,3-ブタジエン経路または3-ブテン-1オール経路を有する、非天然に生じる微生物から分離される；

(i v) 合成されたトルエンを含む前記培地は、トルエン経路を有する、非天然に生じる微生物から分離される；

(v) 合成されたベンゼンを含む前記培地は、ベンゼン経路を有する、非天然に生じる微生物から分離される；

(v) 生合成されたスチレンを含む前記培地は、スチレン経路を有する、非天然に生じる微生物から分離される；

(vi) 生合成されたベンゾエートを含む前記培地は、ベンゾエート経路を有する、非天然に生じる微生物から分離される；あるいは

(b) 前記生合成された2,4-ペントジエノエート、1,3-ブタジエン、3-ブテン-1オール、トルエン、ベンゼン、スチレン、またはベンゾエートは、請求項6に記載の方法に従って生産され；さらに、

(i) 生合成された2,4-ペントジエノエートを含む前記培地は、2,4-ペントジエノエート経路を有する、非天然に生じる微生物から分離される；

(ii) 生合成された1,3-ブタジエンを含む前記培地は、1,3-ブタジエン経路または3-ブテン-1オール経路を有する、非天然に生じる微生物から分離される；

(iii) 生合成された3-ブテン-1オールを含む前記培地は、1,3-ブタジエン経路または3-ブテン-1オール経路を有する、非天然に生じる微生物から分離される；

(iv) 生合成されたトルエンを含む前記培地は、トルエン経路を有する、非天然に生じる微生物から分離される；

(v) 生合成されたベンゼンを含む前記培地は、ベンゼン経路を有する、非天然に生じる微生物から分離される；

(vi) 生合成されたスチレンを含む前記培地は、スチレン経路を有する、非天然に生じる微生物から分離される；あるいは

(vii) 生合成されたベンゾエートを含む前記培地は、ベンゾエート経路を有する、非天然に生じる微生物から分離される；
培地。

【請求項10】

生合成された2,4-ペントジエノエート、1,3-ブタジエン、3-ブテン-1オール、トルエン、ベンゼン、スチレン、またはベンゾエートであって、前記生合成された1,3-ブタジエン、3-ブテン-1オール、トルエン、ベンゼン、スチレン、またはベンゾエートは、

(a) 大気中炭素摂取源を反映する炭素-12、炭素-13、および炭素-14の割合を有する；あるいは

(b) 請求項7に記載の方法に従って生産される、

生合成された2,4-ペントジエノエート、1,3-ブタジエン、3-ブテン-1オール、トルエン、ベンゼン、スチレン、またはベンゾエート。

【請求項11】

(a) 請求項9に記載の、前記生合成された2,4-ペントジエノエート、1,3-ブタジエン、3-ブテン-1オール、トルエン、ベンゼン、スチレン、またはベンゾエート、および、前記生合成された2,4-ペントジエノエート、1,3-ブタジエン、3-ブテン-1オール、トルエン、ベンゼン、スチレン、またはベンゾエートの他の成分を含む；あるいは

(b) 前記生合成された2,4-ペントジエノエート、1,3-ブタジエン、3-ブテン-1オール、トルエン、ベンゼン、スチレン、またはベンゾエート、および請求項1から6のいずれか1項に記載の非天然に生じる微生物を含む、
成分。

【請求項12】

請求項10に記載の、前記生合成された2,4-ペントジエノエート、1,3-ブタジエン、3-ブテン-1オール、トルエン、ベンゼン、スチレン、またはベンゾエートを含む、化学物質、ポリマー、または他の製造物。

【請求項13】

化学物質、ポリマー、または他の製造物の製造における、請求項10に記載の、前記生合成された2,4-ペントジエノエート、1,3-ブタジエン、3-ブテン-1オール、トルエン、ベンゼン、スチレン、またはベンゾエートの、使用であって；

(a) 前記製造は、2,4-ペンタジエノエート、1,3-ブタジエン、3-ブテン-1オール、トルエン、ベンゼン、スチレン、またはベンゾエートの化学的な変換を含む；あるいは

(b) 前記使用は、

(i) 前記生合成された1,3-ブタジエンの使用であって、かつ、前記化学物質、ポリマー、または他の製造物が、合成ゴム、A B S樹脂、ヘキサメチレンジアミン、または1,4-ブタンジオールである；

(ii) 前記生合成された3-ブテン-1オールの使用であって、かつ、前記化学物質、ポリマー、または他の製造物が、合成ゴム、A B S樹脂、ヘキサメチレンジアミン、または1,4-ブタンジオールである；

(iii) 前記生合成されたトルエンの使用であって、かつ、前記化学物質、ポリマー、または他の製造物が、T N T、ポリウレタンフォーム、ベンズアルデヒド、および安息香酸である；

(iv) 前記生合成されたベンゼンの使用であって、かつ、前記化学物質、ポリマー、または他の製造物が、スチレン、または、そのスチレンの化学物質、ポリマー、または他の製造物であり、プラスチック、フェノール、樹脂、接着剤、ナイロン、ゴム、潤滑剤、染料、洗浄剤、薬物、爆発物、ナパーム、または殺虫剤である；

(v) 前記生合成されたスチレンの使用であって、前記化学物質、ポリマー、または他の製造物が、アクリロニトリル、1,3-ブタジエンスチレン(A B S)、スチレン-1,3-ブタジエン(S B R)ゴム、スチレン-1,3-ブタジエンラテックス、S I S(スチレン-イソブレン-スチレン)、S-E B-S(スチレン-エチレン/ブチレン-スチレン)、スチレン-ジビニルベンゼン(S-D V B)、不飽和ポリエステル、ゴム、プラスチック、絶縁材、繊維ガラス、パイプ、自動車およびボートの部品、食物容器、またはカーペット裏地である；あるいは

(vi) 前記生合成された2,4-ペンタジエノエートの使用であって、前記化学物質、ポリマー、または他の製造物が、置換ブタジエン誘導体または1-カルバモイル-1,3-ブタジエンである、

使用。

【請求項14】

培地中の他の成分から、2,4-ペンタジエノエート、1,3-ブタジエン、トルエン、ベンゼン、スチレン、ベンゾエート、または3-ブテン-1オールを分離する工程をさらに含む、請求項7に記載の方法。

【請求項15】

前記分離する工程は、抽出処理、連続液液抽出、バーベーパレーション、膜filtration、膜分離、逆浸透、電気透析、蒸留、結晶化、遠心分離、抽出物濾過、イオン交換クロマトグラフィー、サイズ排除クロマトグラフィー、吸着クロマトグラフィー、または限外濾過、を含む、請求項14に記載の方法。