

【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、

(A) 前記 2 , 4 - ペンタ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 - ヒドロキシペンテノエートデヒドラターゼ；

(b) (1) A K P 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) A K P 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

キソペンタ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 - ヒドロキシペンタノエート - 2 - エノエートデヒドラターゼ；

(d) (1) A K P 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 - 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 - オキソペンタノエートレダクターゼ、および
(5) 2 - ヒドロキシペンタノエートデヒドラターゼ；

ならびに

(e) (1) A K P レダクターゼ、(2) 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、(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 - オキソペンタノエートレダクターゼ、お
よび(5) 2 - ヒドロキシペンタ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か、あるいは

(ロ) A K P 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
タノエート4 - アミノトランスフェラーゼおよび2, 4 - ジアミノペンタノエート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 - ペンタジエノエート経路は、

(a) (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 - ヒドロキシペンタノイル - C o A レダクターゼ、(3) 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、(4) D . 5 - ヒドロキシ
ペンタノエート - 2 - エノイル - C o A デヒドラターゼ、および(5) E . ペンタノエート - 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；

(b) (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 - ヒドロキシペンタノイル - C o A レダクターゼ、(3) 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、(4) J . 3, 5 - ジヒドロキシペンタノエートデヒドラターゼ、
(5) H . 5 - ヒドロキシペンタノエート - 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、(6) D . 5 - ヒドロキシペンタノエート - 2 - エノイル - C
o A デヒドラターゼ、および(7) E . ペンタノエート - 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；

(c) (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) 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、(3) I . 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシペンタノ
エートレダクターゼ、(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) 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、(6) D . 5 - ヒドロキシペンタノエート - 2 - エノイル
- C o A デヒドラターゼ、および(7) E . ペンタノエート - 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；

(d) (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) 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、(3) I . 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシペンタノ
エートレダクターゼ、(4) J . 3, 5 - ジヒドロキシペンタノエートデヒドラターゼ、
(5) H . 5 - ヒドロキシペンタノエート - 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、(6) D . 5 - ヒドロキシペンタノエート - 2 - エノイル - C
o A デヒドラターゼ、および(7) E . ペンタノエート - 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；

(e) (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) 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 ;

(f) (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) 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 ;

(g) (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 - CoA 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 - 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 - 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) C. 3, 5 - ジヒドロキシペンタノイル - CoA デヒドラターゼ、(7) 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(8) 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；

(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) 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、(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 - 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 - CoA 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 - 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 ;

(l) (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 - ヒドロキシペンタノエートレダクターゼ、(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 ;

(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 - ヒドロキシペンタノイル - 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 - ヒドロキシペンタノイル - 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 - ヒドロキシペンタノイル - 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 - ヒドロキシペンタノイル - C o A レダクターゼ、(3) 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、(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 - ヒドロキシペンタノイル - C o A レダクターゼ、(3) 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、(4) 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(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 - ヒドロキシペンタノイル - 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 - ヒドロキシペンタノエートレダクターゼ、(4) 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(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 - ヒドロキシペンタノイル - CoA デヒドラターゼ、(3) F. 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシペンタノイル - 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 - ヒドロキシペンタノエートレダクターゼ、(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) 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 - ヒドロキシペンタノイル - CoA デヒドラターゼ、(3) B. 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシペンタノイル - CoA レダクターゼ、(4) G. 3, 5 - ジヒドロキシペンタノイル - 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 - ジヒドロキシペンタ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 - ヒドロキシペンタノイル - CoA デヒドラターゼ、(3) B. 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシペンタノイル - CoA レダクターゼ、(4) C. 3, 5 - ジヒドロキシペンタノイル - 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 - ペンタジエノエートを1, 3 - ブタジエンに変換するために2, 4 - ペンタジエンデカルボキシラーゼをさらに含み、

(C) 前記2, 4 - ペンタ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 - オキソアジビル - CoA トランスフェラーゼ、3 - オキソアジビル - CoA シンテターゼまたは3 - オキソアジビル - 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 - オキソアジビル - CoA トランスフェラーゼ、3 - オキソアジビル - CoA シンテターゼまたは3 - オキソアジビル - 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 - オキソアジビル - CoA トランスフェラーゼ、3 - オキソアジビル - CoA シンテターゼまたは3 - オキソアジビル - 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 - オキソアジビル - CoA レダクターゼ；(3) 3 - ヒドロキシアジビル - CoA トランスフェラーゼ、3 - ヒドロキシアジビル - 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 ;

(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、

(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 - オキシグルタリル - 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 - オキシグルタリル - 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 - オキシグルタリル - 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 - オキシグルタリル - 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 - オキシグルタリル - 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、

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 ;

(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、ビルベート : フェレドキシンオキシドレダクターゼ、ホスホエノールビルベートカルボキシラーゼ、ホスホエノールビ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] ビルベート : 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 - ヒドロキシペンタノイル - 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 - ヒドロキシペンタノイル - 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 - 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

i

(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 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 ;

(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、ビルベート : フェレドキシンオキシドレダクターゼ、ホスホエノールビルベートカルボキシラーゼ、ホスホエノールビ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] ビルベート : 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、

(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 - プテン - 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

(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 - オキシグリタリル - 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 - オキシ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 - オキシグリタリル - 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 - オキシグリタリル - 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 - オキシグリタリル - 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 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；

(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、ビルベート：フェレドキシンオキシドレダクターゼ、ホスホエノールビルベートカルボキシラーゼ、ホスホエノールビ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] ビルベート：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、ホスホトランスアセチラーゼ、アセチル - CoA 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 - 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) 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) *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 - 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 1, 3 - ブタジエン経路を有し、

(A) 前記 3 - ブテン - 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 - ヒドロキシペンタノイル - 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 - ヒドロキシペンタノエートレダクターゼ、および (4) U . 3, 5 - ジヒドロキシペンタ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 - ヒドロキシペンタノイル - 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 - ヒドロキシペンタノエートレダクターゼ、(4) 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 (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 - ヒドロキシペンタノイル - CoA レダクターゼ、(3) G . 3, 5 - ジヒドロキシペンタノイル - 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 - ジヒドロキシペンタ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 - ヒドロキシペンタノイル - CoA レダクターゼ、(3) G . 3, 5 - ジヒドロキシペンタノイル - 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 - ジヒドロキシペンタ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 - ヒドロキシペンタノイル - CoA レダクターゼ、(3) C . 3, 5 - ジヒドロキシペンタノイル - 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 - ヒドロキシペンタノイル - CoA デヒドラターゼ、(3) F . 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシペンタノイル - 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 - ヒドロキシペンタノエートレダクターゼ、および (5) U . 3, 5 - ジヒドロキシペンタ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 - ヒドロキシペンタノイル - CoA デヒドラターゼ、(3) F . 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシペンタノイル - 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 - ヒドロキシペンタノエートレダクターゼ、(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;

(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 - C o A デヒドラターゼ、(3) B . 3 - オキシ - 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、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) 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) 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 - CoA デヒドラターゼ、(2) 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、(3) F. 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシペンタノイル - 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) 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 ;

(m) (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) 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、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 - CoAデヒドラターゼ、(2) 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、(3) B. 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシペンタノイル - CoAレダクターゼ、(4) G. 3, 5 - ジヒドロキシペンタノイル - 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；

(オ)(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 - CoA 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 - CoA レダクターゼ、(4) C. 3, 5 - ジヒドロキシペンタノイル - 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) 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 - CoAデヒドラターゼ、(2) M. アクリリル - CoAアセチルトランスフェラーゼ、(3) L. 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシペンタノイル - CoAデヒドラターゼ、(4) F. 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシペンタノイル - 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) I. 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシペンタノエートレダクターゼ、および(6) 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；

(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 - ヒドロキシペンタノイル - 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) I . 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシペンタノエートレダクターゼ、(6) 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 (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 - ヒドロキシペンタノイル - C o A デヒドラターゼ、(4) B . 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシペンタノイル - C o A 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、トランスフェラーゼおよび / またはヒドロラーゼ、(6) 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 ;

(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 - ヒドロキシペンタノイル - C o A デヒドラターゼ、(4) B . 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシペンタノイル - C o A 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、トランスフェラーゼおよび / またはヒドロラーゼ、(6) 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 (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 - ヒドロキシペンタノイル - C o A デヒドラターゼ、(4) B . 3 - オキソ - 5 - ヒドロキシペンタノイル - C o A レダクターゼ、(5) 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、(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 - ブテン - 1 - オールを 1 , 3 - ブタジエンに変換するために 3 - ブテン - 1 - オールデヒドラターゼをさらに含み、

(I V) 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) フェニルビ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) フェニルビ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) フェニルビ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) フェニルビ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 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)、(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 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)、(2) p - メチルベンゾイル - C o A 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 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 (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 o A 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 o A 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) D X P シンターゼ、D X P レダクトイソメラーゼ、および 2 M E 4 P 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 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)、(2) ホスホトランスベンゾイラーゼ、(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) ベンズアルデヒドデカルボニラーゼ;

(e) (1) (ベンゾイル - 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)、(2) ベンゾイル - C o A 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、

(f) (1) (ベンゾイル - 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(2) ベンゾエートデカルボキシラーゼ、

(g) (1) ベンゾイル - C o A 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、

(h) (1) ホスホトランスベンゾイラーゼ、(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、

(i) (1) ホスホトランスベンゾイラーゼ、(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) ベンズアルデヒドデカルボニラーゼ;

(k) (1) ホスホトランスベンゾイラーゼ、(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; ならびに

(l) (1) ベンゾイル - C o A 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

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; コリスメートシンターゼ; およびコリスメ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 - ジオキソプトキシ) ホスホネートレダクターゼを含む(2 - ヒドロキシ - 4 - オキソプトキシ) ホスホネート経路をさらに含み、

(V I) 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 o A 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 o A 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 o A 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、

(V I I) 前記微生物は(2 - ヒドロキシ - 4 - オキソプトキシ) ホスホネート経路を有し、前記微生物は、(2 - ヒドロキシ - 4 - オキソプトキシ) 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 - オキソプトキシ) 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 - オキソプトキシ) 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 - ジオキソプトキシ)ホスホネートレダクターゼを含み、

(V I I I)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；コリスメートシンターゼ；およびコリスメ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 - ジオキソプトキシ)ホスホネートレダクターゼを含む(2 - ヒドロキシ - 4 - オキソプトキシ)ホスホネート経路をさらに含み、

(I X)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 - 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；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 - 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 - ジヒドロキシペンタノエートデカルボキシラーゼ；

(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(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 - エノエートデカルボキシラーゼ；

(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(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；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；

(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(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 - エノエートデカルボキシラーゼ；

(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(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 - ジヒドロキシペンタノエートデカルボキシラーゼ；

(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(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 - オキシグルタリル - 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 ; および (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 ;

(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 - オキシグルタリル - 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 - オキシグルタリル - 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、

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 ;

(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、ビルベート : フェレドキシンオキシドレダクターゼ、ホスホエノールビルベートカルボキシラーゼ、ホスホエノールビ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む、

前記微生物は、

[1] ビルベート : 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 - ヒドロキシペンテ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 - オキシブトキシ) ホスホネート経路を含み、(2 - ヒドロキシ - 4 - オキシブトキシ) 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 - 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み、前記微生物は、3 - ブテン - 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 - ブテン - 1 - オール経路を含み、前記微生物は、3 - ブテン - 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 - オキシバレレートアルドラーゼ、i i) 4 - ヒドロキシ - 2 - オキシバレレートデヒドラターゼ、i i i) 2 - オキシ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) A K P 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) A K P 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 - ジオキシソペンタノエート - 2 - レダクターゼ、i i i) 2 - ヒドロキシ - 4 - オキシ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) A K P 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 - ジオキシソペンタノエート - 4 - レダクターゼ、i i i) 4 - ヒドロキシ - 2 - オキシバレレートデヒドラターゼ、i v) 2 - オキシ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) A K P 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 - オキシバレレートデヒドラターゼ、i v) 2 - オキシ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、

(h) (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 - CoA 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 ;

(r) (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 - オキシグリタリル - 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 - オキシグリタリル - 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 ;

(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 - オキシグリタリル - 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 - オキシグリタリル - 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 - オキシグリタリル - 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 - オキシグリタリル - 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 T C A 経路を含み、前記微生物は、

(a) 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をコードする 4 つの外因性核酸 ; あるいは

(b) ビルベート : フェレドキシンオキシドレダクターゼ、ホスホエノールビルベートカルボキシラーゼ、ホスホエノールビ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 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、C O 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 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) フェニルビ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) フェニルアセートデカルボキシラーゼをコードし；

前記微生物は、

(v i) 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、

(v i i) 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 o A 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 o A 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 o A 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 - アセートキナーゼ、(4) ベンゾイル - アセ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、

(v i i 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、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、

(i x) 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；コリスメートシンターゼ；およびコリスメ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 o A : アセチル - C o A アシルトランスフェラーゼ；(2) 3 - オキソアジビル - C o A トランスフェラーゼ、3 - オキソアジビル - C o A シンテターゼまたは 3 - オキソアジビル - 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 o A : アセチル - C o A アシルトランスフェラーゼ；(2) 3 - オキソアジビル - C o A トランスフェラーゼ、3 - オキソアジビル - C o A シンテターゼまたは 3 - オキソアジビル - 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 o A : アセチル - C o A アシルトランスフェラーゼ；(2) 3 - オキソアジビル - C o A トランスフェラーゼ、3 - オキソアジビル - C o A シンテターゼまたは 3 - オキソアジビル - 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 - エノエートデヒドラターゼ；

(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 - オキシアジピル - 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 - オキシグルタリル - 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 - オキシグルタリル - 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 - オキシグルタリル - 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 - オキシグルタリル - 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 - オキシグルタリル - 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、

(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、

(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 - ブタジエン経路の酵素のセットをコードし、前記微生物は、

(x i v) 前記 3 - ブテン - 1 - オール経路を含み、前記微生物は、

(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 - オキシグルタリル - 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 ; 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 - C o A : アセチル - C o A アシルトランスフェラーゼ ; (2) 3 - オキシグルタリル - 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 - ジヒドロキシペンタノエートデカルボキシラーゼ ;

(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 - オキシグルタリル - 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 - エノエートデカルボキシラーゼ ;

(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 - オキシグルタリル - 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 ; 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 ;

(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 - オキシグルタリル - 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 - エノエートデカルボキシラーゼ ;

(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 - オキシグルタリル - 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 ; および (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 ;

(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 - オキシグルタリル - 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 - オキシグルタリル - 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 ; および (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 ;

(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 - オキシグルタリル - 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 - オキシグルタリル - 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 T C A 経路を含み、前記微生物は、

(a) 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、あるいは

前記微生物は、

(x v i) 前記 3 - ブテン - 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。

【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。

【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 7】

(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 - 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 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 - ペンタジエノエート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 - 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 ;

(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、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】

生合成された 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を含む培地であって、

(a) 前記生合成された 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) 生合成された 2, 4 - ペンタジエノエートを含む前記培地は、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から分離される；あるいは

(i i) 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；

(i i i) 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；

(i v) 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；

(v i) 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；

(v i i) 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 - ペンタジエノエートを含む前記培地は、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から分離される；

(i i) 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；

(i i i) 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；

(i v) 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；

(v i) 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

(v i i) 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。

【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、および、前記生合成された 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他の成分を含む；あるいは

(b) 前記生合成された 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、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、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、ABS 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；

(i i) 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、ABS 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；

(i i i) 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、TNT、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；

(i v) 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 (ABS)、スチレン - 1 , 3 - ブタジエン (SBR) ゴム、スチレン - 1 , 3 - ブタジエンラテックス、SIS (スチレン - イソブレン - スチレン)、S - EB - 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 - DVB)、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

(v i) 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 1 4】

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 1 5】

前記分離する工程は、抽出処理、連続液液抽出、パーペーパレーション、膜濾過、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 1 4 に記載の方法。