

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-63433

(P2010-63433A)

(43) 公開日 平成22年3月25日(2010.3.25)

(51) Int.Cl.
C12P 7/06 (2006.01)F1
C12P 7/06テーマコード (参考)
4B064

審査請求 有 請求項の数 3 O L (全 38 頁)

(21) 出願番号	特願2008-235164 (P2008-235164)	(71) 出願人	599015641
(22) 出願日	平成20年9月12日 (2008. 9. 12)		葛生 幹夫
(11) 特許番号	特許第4209462号 (P4209462)		栃木県栃木市大宮町2584番地
(45) 特許公報発行日	平成21年1月14日 (2009. 1. 14)	(74) 代理人	100068618
			弁理士 粂 経夫
		(74) 代理人	100104145
			弁理士 宮崎 嘉夫
		(74) 代理人	100104385
			弁理士 加藤 勉
		(74) 代理人	100156889
			弁理士 小山 京子
		(74) 代理人	100109690
			弁理士 小野塚 薫
		(74) 代理人	100135035
			弁理士 田上 明夫

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 エタノールの製造方法

(57) 【要約】

【課題】操作が簡単で且つ製造効率に優れるエタノールの製造方法を提供する。

【解決手段】糖化した固液混合物、酵母及び植物葉緑体を含む密閉された系内において発光ダイオードの光を照射することによりエタノールを生成する生成工程と該系中から生成されたエタノールを系外に回収する回収工程とを含むエタノールの製造方法であって、前記生成工程において、

a) 糖化した固液混合物を酵母により発酵させてエタノールを生成する反応、
b) a) の発酵の際に発生する二酸化炭素を、植物葉緑体と発光ダイオードの光照射により光合成させて糖とする反応、及び

c) b) で得られた糖を酵母により発酵させてエタノールを生成する反応

が並行して進行することを特徴とし、前記糖化した固液混合物は、セルロース又はヘミセルロースを熱分解又は加水分解して糖化するか或いはデンプンを含む米、麦、芋又はトウモロコシを麹、麦芽又は酵素剤を用いて糖化することにより調製されるものであり、前記植物葉緑体は、種子植物、シダ植物、藻類、コケ植物、細菌類又はこれらの混合物の植物葉緑体であり且つ前記発光ダイオードの光は、380ないし520nm及び620ないし780nmの波長領域の発光量の合計が全波長領域に亘る発光量の70%以上となる光であるエタノールの製造方法。

【選択図】なし

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

糖化した固液混合物、酵母及び植物葉緑体を含む密閉された系内において発光ダイオードの光を照射することによりエタノールを生成する生成工程と該系中から生成されたエタノールを系外に回収する回収工程とを含むエタノールの製造方法であって、
前記生成工程において、

- a) 糖化した固液混合物を酵母により発酵させてエタノールを生成する反応、
- b) a) の発酵の際に発生する二酸化炭素を、植物葉緑体と発光ダイオードの光照射により光合成させて糖とする反応、及び
- c) b) で得られた糖を酵母により発酵させてエタノールを生成する反応

10

が並行して進行することを特徴とし、前記糖化した固液混合物は、セルロース又はヘミセルロースを熱分解又は加水分解して糖化するか或いはデンプンを含む米、麦、芋又はトウモロコシを麹、麦芽又は酵素剤を用いて糖化することにより調製されるものであり、前記植物葉緑体は、種子植物、シダ植物、藻類、コケ植物、細菌類又はこれらの混合物の植物葉緑体であり且つ前記発光ダイオードの光は、380ないし520nm及び620ないし780nmの波長領域の発光量の合計が全波長領域に亘る発光量の70%以上となる光であるエタノールの製造方法。

【請求項 2】

前記密閉された系内に、更なる二酸化炭素を添加する請求項 1 記載のエタノールの製造方法。

20

【請求項 3】

前記回収工程が、蒸留によるものである請求項 1 又は 2 記載のエタノールの製造方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、糖化した固液混合物を酵母により発酵させてエタノールを生成する反応、該発酵の際に発生する二酸化炭素を、植物葉緑体と発光ダイオードの光照射により光合成させて糖とする反応、及び該反応で得られた糖を酵母により発酵させてエタノールを生成する反応の3つの反応が同一容器内で並行して進行することを特徴とする、操作が簡単で且つ製造効率に優れるエタノールの製造方法に関する。

30

【背景技術】**【0002】**

特開平07-087986号公報には、光合成により細胞内にデンプンを蓄積する微細藻を培養する“微細藻培養手段1”、該手段により培養した藻体を含む培養液を濃縮する“微細藻濃縮手段2”、該手段で得られるスラリーを、pH6.0～9.0の範囲に保ちながら暗黒かつ嫌気性雰囲気中に保持してエタノールを生成させる“保持手段3”を含むエタノールの製造方法が記載されている。

上記製造方法において、“微細藻培養手段1”及び“保持手段3”は、完全に独立した別工程であり、また、該2工程間には“微細藻濃縮手段2”という別工程を必要とするため、操作が煩雑であり、また、エタノールの製造方法として必ずしも効率が高いものとはいえなかった。

40

特に、エタノールを生成させる“保持手段3”は、暗黒かつ嫌気性雰囲気中に保持する必要があるため、光照射を必要とする“微細藻培養手段1”と同一容器内で並行して行うことはできないものであった。

【0003】

特開2007-325564号公報には、穀物として米を出発原料としてエタノールを製造するために、特定処理を施した原料に対して麹菌を接種し糖化させると共に酵母を添加してエタノール発酵させる方法が記載されており、また、エタノール発酵の際、副産物として発生する二酸化炭素を単に大気に逃すことなく再利用して工業用メタノール等を合成して活用する方法が記載されている。

50

上記方法は、エタノール発酵の際に発生する二酸化炭素の再利用について記載するものの、該二酸化炭素を光合成によりエタノール発酵の原料である糖に変換すること、及び、該糖を上記のエタノール発酵とを同一容器内で並行して行うことに付いては何らの示唆も記載もなされていなかった。

【0004】

また、光合成の光源として発光ダイオードを用いて各種光合成生物に光合成を行わせ、これにより有用な有機物を製造する方法が報告されている（例えば、特開平10-113164号公報、特開2004-147641号公報、特開2002-315569号公報、登録実用新案第3073908号公報、勝田知尚、フォトバイオリアクターによる有用物質生産のための生物化学工学的検討、第59回日本生物工学会大会講演要旨集、2007年8月2日、p.107（講演番号：3D09-1）、参照）。

10

しかし、上記方法は何れも、光合成により二酸化炭素から糖を生成する具体的な方法を記載するものではなかった。

【特許文献1】特開平07-087986号公報

【特許文献2】特開2007-325564号公報

【特許文献3】特開平10-113164号公報

【特許文献4】特開2004-147641号公報

【特許文献5】特開2002-315569号公報

【特許文献6】登録実用新案第3073908号公報

【非特許文献1】勝田知尚、フォトバイオリアクターによる有用物質生産のための生物化学工学的検討、第59回日本生物工学会大会講演要旨集、2007年8月2日、p.107（講演番号：3D09-1）

20

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

本発明は、糖化した固液混合物を酵母により発酵させてエタノールを生成する反応、該発酵の際に発生する二酸化炭素を、植物葉緑体と発光ダイオードの光照射により光合成させて糖とする反応、及び該反応で得られた糖を酵母により発酵させてエタノールを生成する反応の3つの反応が同一容器内で並行して進行することを特徴とする、操作が簡単で且つ製造効率に優れるエタノールの製造方法の提供を課題とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明者等は、上記課題を解決するために鋭意検討した結果、糖化した固液混合物、酵母及び植物葉緑体を含む密閉された系内において発光ダイオードの光を照射するという簡単な操作により、

a) 糖化した固液混合物を酵母により発酵させてエタノールを生成する反応、
b) a) の発酵の際に発生する二酸化炭素を、植物葉緑体と発光ダイオードの光照射により光合成させて糖とする反応、及び
c) b) で得られた糖を酵母により発酵させてエタノールを生成する反応
が並行して進行することを見出し、またその際、特定の波長領域の光を照射することにより効率良くエタノールが製造されることを見出し、本発明を完成させた。

40

【0007】

即ち、本発明は、

(1) 糖化した固液混合物、酵母及び植物葉緑体を含む密閉された系内において発光ダイオードの光を照射することによりエタノールを生成する生成工程と該系中から生成されたエタノールを系外に回収する回収工程とを含むエタノールの製造方法であって、前記生成工程において、

a) 糖化した固液混合物を酵母により発酵させてエタノールを生成する反応、
b) a) の発酵の際に発生する二酸化炭素を、植物葉緑体と発光ダイオードの光照射により光合成させて糖とする反応、及び

50

c) b) で得られた糖を酵母により発酵させてエタノールを生成する反応

が並行して進行することを特徴とし、前記糖化した固液混合物は、セルロース又はヘミセルロースを熱分解又は加水分解して糖化するか或いはデンプンを含む米、麦、芋又はトウモロコシを麹、麦芽又は酵素剤を用いて糖化することにより調製されるものであり、前記植物葉緑体は、種子植物、シダ植物、藻類、コケ植物、細菌類又はこれらの混合物の植物葉緑体であり且つ前記発光ダイオードの光は、380ないし520nm及び620ないし780nmの波長領域の発光量の合計が全波長領域に亘る発光量の70%以上となる光であるエタノールの製造方法、

(2) 前記密閉された系内に、更なる二酸化炭素を添加する請求項1記載のエタノールの製造方法、

(3) 前記回収工程が、蒸留によるものである請求項1又は2記載のエタノールの製造方法、

に関する。

【0008】

尚、“380ないし520nm及び620ないし780nmの波長領域の発光量の合計が全波長領域に亘る発光量の70%以上となる”とは、使用する発光ダイオードの光の発光スペクトルを測定し、記録された全スペクトル面積に対する380ないし520nm及び620ないし780nmの波長領域のスペクトル面積の合計を百分率で示した値が、70%以上となることを意味する。

【発明の効果】

【0009】

本発明のエタノールの製造方法は、糖の発酵反応で発生する二酸化炭素を原料として光合成反応により糖を産生するものであるため、二酸化炭素を排出せず、そのため、地球温暖化対策がなされたエタノールの製造方法といえる。

加えて、光合成反応により産生された糖を原料としてエタノールが製造されるため、通常のエタノール発酵と比べると、エタノールの回収割合が高いものであり、更に、1つの容器内で3つの反応を同時に行えるため、操作が簡便で且つ効率的である、非常に優れたエタノールの製造方法である。

また、本発明の好ましい態様においては、上記反応系内に、更なる二酸化炭素が添加されるが、それにより、更に効率よくエタノールを製造することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

本発明のエタノールの製造方法は、糖化した固液混合物、酵母及び植物葉緑体を含む密閉された系内において発光ダイオードの光を照射することによりエタノールを生成する生成工程と該系中から生成されたエタノールを系外に回収する回収工程とを含む。

【0011】

本発明に使用する糖化した固液混合物は、セルロース又はヘミセルロースを熱分解又は加水分解して糖化するか或いはデンプンを含む米、麦、芋又はトウモロコシを麹、麦芽又は酵素剤を用いて糖化することにより調製される。

セルロース又はヘミセルロースとしては、木材等の植物体から得られるセルロース又はヘミセルロースが挙げられる。

熱分解によるセルロースの糖化は、既知の方法、例えば、特許第1400009号公報に記載の方法により行うことができる。

また、加水分解によるセルロース又はヘミセルロースの糖化は、既知の方法、例えば、特公昭61-044479号公報に記載の希硫酸を用いて加水分解する方法により行うことができる。

また、糖化した固液混合物は、デンプンを含む米、麦、芋又はトウモロコシを用い、必要に応じて外皮を取り除く工程、粉末化又は粉碎工程等を施し、これに麹、麦芽又は酵素剤を添加することにより調製することができる。

上記酵素剤としては、アミラーゼが挙げられる。

10

20

30

40

50

上記で調製された糖化した固液混合物は、必要に応じて滅菌工程等を行うことができる。

【0012】

本発明に使用する酵母としては、エタノールを生成し得るものであれば特に限定されないが、具体的には、ワイン酵母、清酒酵母、ウィスキー酵母、ビール酵母等が挙げられる。

【0013】

本発明に使用する植物葉緑体としては、種子植物、シダ植物、藻類、コケ植物、細菌類又はこれらの混合物の植物葉緑体が挙げられる。

種子植物としては、特に限定されないが、例えば、イチョウ、稲等が好ましい。

10

シダ植物としては、特に限定されないが、例えば、ソテツ等が好ましい。

藻類としては、特に限定されないが、例えば、カワモズク、灰色藻、クリプト藻、ワカメ、ユーグレナ藻、クロララクニオン藻、藍藻、ユレモ等が好ましい。

コケ植物としては、特に限定されないが、例えば、ミズゴケ、クロゴケ、スギゴケ、ウロコゴケ、ゼニゴケ、ツノゴケ等が好ましい。

細菌類としては、特に限定されないが、例えば、シアノバクテリア（アオコから抽出）等が好ましい。

好ましい植物葉緑体としては、細菌類の植物葉緑体が挙げられ、また、シアノバクテリアの植物葉緑体が挙げられる。

【0014】

20

本発明に使用する植物葉緑体は、光合成により生成した糖が溶液中の酵母により効率よく発酵されるように、通常、植物の細胞膜を破壊しておくことが好ましい。植物の細胞膜の破壊は、例えば、植物を粉碎することにより行われ得る。

しかし、細胞膜を破壊しなくても生成した糖が効率よく発酵される場合には、細胞膜を破壊しておく必要は無い。

【0015】

密閉された系としては、密閉され且つ光照射が可能で、且つ、発生した気体（二酸化炭素、酸素）による体積変化に対応可能な容器であれば、特に限定されないが、例えば、ガラス容器、金属容器等が挙げられる。

ガラス容器の場合、光照射は、ガラス容器の外側から及び／又は内側から行うことができ、金属容器の場合は、容器の内側から光照射を行うことができる。

30

また、上記容器は、発生する気体に対応できるよう、発生した気体を一時的に収容できる伸縮可能な部位を備えていることが好ましい。

また、上記系は、攪拌可能であることが好ましい。

【0016】

また、上記ガラス容器は、例えば、発光ダイオードの周りに設置されたガラス管であって、糖化した固液混合物、酵母及び植物葉緑体を含む溶液をエタノール生成反応が可能な速度で流すことによる連続反応が可能な容器でもあり得る。

また、上記ガラス容器は、例えば、裏と表の両面から発光ダイオードの光照射が可能な、2枚のガラス板から構成され、該ガラス板の間に糖化した固液混合物、酵母及び植物葉緑体を含む溶液をエタノール生成反応が可能な速度で流すことによる連続反応が可能な容器でもあり得る。

40

【0017】

本発明のエタノールの製造方法における、エタノールを生成する生成工程は、上述の密閉された系内に発光ダイオードの光を照射することにより行われ、該生成工程において、

- a) 糖化した固液混合物を酵母により発酵させてエタノールを生成する反応、
- b) a) の発酵の際に発生する二酸化炭素を、植物葉緑体と発光ダイオードの光照射により光合成させて糖とする反応、及び
- c) b) で得られた糖を酵母により発酵させてエタノールを生成する反応

50

の３つの反応が、前記密閉された系中で、並行して進行する。

【００１８】

上記 a) の酵母による発酵により、エタノールと二酸化炭素が生成する。

生成した二酸化炭素は、植物葉緑体と発光ダイオードの光による光合成 b) により、糖に変換され、またこの際、酸素が発生する。

上記糖は、エタノール発酵に使用可能な糖であれば、特に限定されず、例えば、ショ糖、ブドウ糖等が挙げられる。

上記 b) で生成した糖は、酵母により発酵され（反応 c) ）、エタノールと二酸化炭素が生成するが、生成した二酸化炭素は、再度 b) の光合成、c) のアルコール発酵を経由してエタノールと酸素に変換され、このサイクルを繰り返すことにより最終的に二酸化炭素はその殆ど全てが、エタノールと酸素に変換されることとなる。

従って、系中に存在する気体中の酸素濃度を測定することによって、反応の進行状況を把握することができる。

系中に存在する気体中の酸素濃度が 90 % 以上になるまで反応させることが好ましく、また、該濃度が 95 % 以上になるまで反応させることがより好ましい。

【００１９】

光合成反応で使用する発光ダイオードの光は、380 ないし 520 nm 及び 620 ないし 780 nm の波長領域の発光量の合計が全波長領域に亘る発光量の 70 % 以上となる光であり、好ましくは、80 % 以上となる光であり、より好ましくは 90 % 以上となる光である。

上記 % が 70 未満である場合は、エタノールの製造効率が低下する。

また、380 nm よりも短い波長の光は、実質的に含まれない、即ち、発光量が 5 % 以下、また、3 % 以下が好ましく、また、0 % であるのが望ましい。

尚、“380 ないし 520 nm 及び 620 ないし 780 nm の波長領域の発光量の合計が全波長領域に亘る発光量の 70 % 以上となる”とは、使用する発光ダイオードの光の発光スペクトルを測定し、記録された全スペクトル面積に対する 380 ないし 520 nm 及び 620 ないし 780 nm の波長領域のスペクトル面積の合計を百分率で示した値が、70 % 以上となることを意味する。

【００２０】

本発明のエタノールの製造方法は、エタノールを生成する生成工程に加えて、生成されたエタノールを系外に回収する回収工程とを含む。

回収工程は、反応系中からエタノールを分離し得る方法であれば、特に限定はしないが、例えば、蒸留法、膜分離法等の既知の方法を用いることができる。

また、蒸留法でエタノールを回収する場合、蒸留操作に使用する容器は、生成工程を行った容器をそのまま使用することができ、また、別容器に反応液を移し変えて使用することもできる。

本発明の好ましい態様は、前記密閉された系内に、更なる二酸化炭素を添加するエタノールの製造方法である。

更なる二酸化炭素の添加により、エタノールの製造効率を更に向上することができる。

上記更なる二酸化炭素の添加は、例えば、反応容器に、二酸化炭素の導入管を接続したり、二酸化炭素の雰囲気下に置くこと等により達成される。

尚、二酸化炭素を添加する際、二酸化炭素が外部に流出しないように、系全体として密閉されるようにする。

【００２１】

本発明の好ましい態様において、前記回収工程は、蒸留により達成される。

蒸留法としては、要求されるエタノールの純度に応じて、単蒸留、共沸蒸留、ベンゼンを加えた共沸蒸留等の何れを選択することもできる。

【実施例】

【００２２】

製造例 1：糖化した固液混合物（米）の製造

10

20

30

40

50

食品店より購入した米粉 330 g にアミラーゼ 6 g 及び水 315 g を加え、ミキサーで攪拌し、湯煎して 70 ないし 80 に保ち、12 時間かけて米粉を糖化することにより、糖化した固液混合物（米）651 g を調製した。

【0023】

製造例 2：糖化した固液混合物（小麦）の製造

食品店より購入した小麦粉 330 g にアミラーゼ 6 g 及び水 315 g を加え、ミキサーで攪拌し、湯煎して 70 ないし 80 に保ち、12 時間かけて小麦粉を糖化することにより、糖化した固液混合物（小麦）651 g を調製した。

【0024】

製造例 3：糖化した固液混合物（トウモロコシ）の製造

食品店より購入したトウモロコシ粉 330 g にアミラーゼ 6 g 及び水 315 g を加え、ミキサーで攪拌し、湯煎して 70 ないし 80 に保ち、12 時間かけてトウモロコシ粉を糖化することにより、糖化した固液混合物（トウモロコシ）651 g を調製した。

【0025】

実施例 1 ないし 10 及び比較例 1

製造例 1 で製造した糖化した固液混合物（米）217 g 及び酵母 3 g をミキサーで攪拌し、酵母入りの糖化した固液混合物（米）220 g を調製した。

調製した酵母入りの糖化した固液混合物（米）を 20 g ずつ 11 個の 100 mL ビーカーに分け、異なる植物の粉碎物 10 種類を 1 g ずつ各ビーカーに添加して攪拌した後、各溶液を透明ガラス製の容器である、100 mL の注射器に注入した（実施例 1 ないし 10）。

尚、比較として、植物の粉碎物を入れない酵母入りの糖化した固液混合物（米）20 g を 100 mL の注射器に注入した（比較例 1）。

上記で用意した 11 本の注射器に白色発光ダイオード 200 個、赤色発光ダイオード 200 個、青色発光ダイオード 100 個及び緑色発光ダイオード 100 個から構成される計 600 個の発光ダイオードの光（合計で 36 ワット/時）を 24 時間照射した。各注射器から回収された気体の酸素濃度を酸素濃度測定器で測定した。また、発光ダイオードの発光スペクトルを測定し、記録された全スペクトル面積に対する 380 ないし 520 nm 及び 620 ないし 780 nm の波長領域のスペクトル面積の比率を求めたところ、80 % であった。

各注射器の中の溶液を蒸留し、アルコールの回収量を測定した。

測定誤差を考慮して上記操作を 3 回行った。

結果を表 1 に纏めた。

尚、表中、記号 a ないし j は以下の植物を表わし、“面積比”は、発光スペクトルにおいて記録された全スペクトル面積に対する 380 ないし 520 nm 及び 620 ないし 780 nm の波長領域のスペクトル面積の比率（%）を表わす。

a：イチヨウの葉、b：ソテツの葉、c：稲の葉、d：カワモズク、e：灰色藻、f：クリプト藻、g：生ワカメ、h：ユーグレナ藻、i：クロララクニオン藻、j：藍藻

10

20

30

【表 1】

表 1 :

実施例 番号	植物種	1 回目		2 回目		3 回目		面積比
		アルコール量	酸素濃度	アルコール量	酸素濃度	アルコール量	酸素濃度	
実施例 1	a	3.9 mL	98 %	3.9 mL	99 %	3.9 mL	98 %	80 %
実施例 2	b	3.9 mL	98 %	3.9 mL	99 %	3.9 mL	98 %	80 %
実施例 3	c	3.9 mL	98 %	3.9 mL	99 %	3.9 mL	98 %	80 %
実施例 4	d	3.8 mL	98 %	3.9 mL	98 %	3.8 mL	97 %	80 %
実施例 5	e	3.8 mL	98 %	3.9 mL	98 %	3.8 mL	97 %	80 %
実施例 6	f	3.8 mL	97 %	3.9 mL	98 %	3.8 mL	97 %	80 %
実施例 7	g	3.8 mL	98 %	3.8 mL	97 %	3.8 mL	97 %	80 %
実施例 8	h	3.8 mL	98 %	3.9 mL	98 %	3.8 mL	97 %	80 %
実施例 9	i	3.8 mL	98 %	3.9 mL	98 %	3.8 mL	97 %	80 %
実施例 10	j	3.8 mL	98 %	3.9 mL	98 %	3.8 mL	97 %	80 %
比較例 1	—	3.0 mL	0 %	3.0 mL	0 %	3.0 mL	0 %	80 %

結果 :

10

20

30

40

50

デンプンを含む米を糖化して調製された固液混合物、酵母及び種々の植物（aないしj）の植物葉緑体を含む密閉された系内に、380ないし520nm及び620ないし780nmの波長領域の発光量の合計が80%となる発光ダイオードの光を照射すると、何れの植物葉緑体を用いた場合も、3.8ないし3.9mL程度のエタノールが製造された（実施例1ないし10）が、これは、植物葉緑体を用いなかった場合（比較例1）に比して、約1.3倍の収量増であった。

【0026】

実施例11ないし20及び比較例2

製造例2で製造した糖化した固液混合物（小麦）217g及び酵母3gをミキサーで攪拌し、酵母入りの糖化した固液混合物（小麦）220gを調製した。

調製した酵母入りの糖化した固液混合物（小麦）を20gずつ11個の100mLビーカーに分け、異なる植物の粉碎物10種類を1gずつ各ビーカーに添加して攪拌した後、各溶液を透明ガラス製の容器である、100mLの注射器に注入した（実施例11ないし20）。

尚、比較として、植物の粉碎物を入れない酵母入りの糖化した固液混合物（小麦）20gを100mLの注射器に注入した（比較例2）。

上記で用意した11本の注射器に白色発光ダイオード200個、赤色発光ダイオード200個、黄色発光ダイオード100個及び藍色発光ダイオード100個から構成される計600個の発光ダイオードの光（合計で36ワット/時）を24時間照射した。各注射器から回収された気体の酸素濃度を酸素濃度測定器で測定した。また、発光ダイオードの発光スペクトルを測定し、記録された全スペクトル面積に対する380ないし520nm及び620ないし780nmの波長領域のスペクトル面積の比率を求めたところ、77%であった。

各注射器の中の溶液を蒸留し、アルコールの回収量を測定した。

測定誤差を考慮して上記操作を3回行った。

結果を表2に纏めた。

尚、表中、記号aないしjは上記で示したのと同じ植物を表わし、“面積比”は、発光スペクトルにおいて記録された全スペクトル面積に対する380ないし520nm及び620ないし780nmの波長領域のスペクトル面積の比率（%）を表わす。

10

20

【表 2】

表 2 :

実施例 番号	植物種	1 回目		2 回目		3 回目		面積比
		アルコール量	酸素濃度	アルコール量	酸素濃度	アルコール量	酸素濃度	
実施例 11	a	3.9 mL	99 %	3.9 mL	98 %	3.9 mL	98 %	77 %
実施例 12	b	3.9 mL	98 %	3.9 mL	99 %	3.9 mL	98 %	77 %
実施例 13	c	3.9 mL	98 %	3.9 mL	99 %	3.9 mL	99 %	77 %
実施例 14	d	3.9 mL	98 %	3.8 mL	97 %	3.8 mL	97 %	77 %
実施例 15	e	3.8 mL	97 %	3.9 mL	98 %	3.8 mL	97 %	77 %
実施例 16	f	3.8 mL	97 %	3.8 mL	97 %	3.9 mL	98 %	77 %
実施例 17	g	3.9 mL	98 %	3.8 mL	97 %	3.9 mL	98 %	77 %
実施例 18	h	3.8 mL	97 %	3.9 mL	98 %	3.8 mL	97 %	77 %
実施例 19	i	3.8 mL	97 %	3.9 mL	98 %	3.8 mL	97 %	77 %
実施例 20	j	3.9 mL	98 %	3.8 mL	97 %	3.8 mL	97 %	77 %
比較例 2	—	3.0 mL	0 %	3.0 mL	0 %	3.0 mL	0 %	77 %

デンプンを含む小麦を糖化して調製された固液混合物、酵母及び種々の植物（aないしj）の植物葉緑体を含む密閉された系内に、380ないし520nm及び620ないし780nmの波長領域の発光量の合計が77%となる発光ダイオードの光を照射すると、何れの植物葉緑体を用いた場合も、3.8ないし3.9mL程度のエタノールが製造された（実施例11ないし20）が、これは、植物葉緑体を用いなかった場合（比較例2）に比して、約1.3倍の収量増であった。

【0027】

実施例21ないし30及び比較例3

製造例3で製造した糖化した固液混合物（トウモロコシ）217g及び酵母3gをミキサーで攪拌し、酵母入りの糖化した固液混合物（トウモロコシ）220gを調製した。

10

調製した酵母入りの糖化した固液混合物（トウモロコシ）を20gずつ11個の100mLビーカーに分け、異なる植物の粉碎物10種類を1gずつ各ビーカーに添加して攪拌した後、各溶液を透明ガラス製の容器である、100mLの注射器に注入した（実施例21ないし30）。

尚、比較として、植物の粉碎物を入れない酵母入りの糖化した固液混合物（トウモロコシ）20gを100mLの注射器に注入した（比較例3）。

上記で用意した11本の注射器に白色発光ダイオード200個、赤色発光ダイオード200個、橙色発光ダイオード100個及び紫色発光ダイオード100個から構成される計600個の発光ダイオードの光（合計で36ワット/時）を24時間照射した。各注射器から回収された気体の酸素濃度を酸素濃度測定器で測定した。また、発光ダイオードの発光スペクトルを測定し、記録された全スペクトル面積に対する380ないし520nm及び620ないし780nmの波長領域のスペクトル面積の比率を求めたところ、85%であった。

20

各注射器の中の溶液を蒸留し、アルコールの回収量を測定した。

測定誤差を考慮して上記操作を3回行った。

結果を表3に纏めた。

尚、表中、記号aないしjは上記で示したのと同じ植物を表わし、“面積比”は、発光スペクトルにおいて記録された全スペクトル面積に対する380ないし520nm及び620ないし780nmの波長領域のスペクトル面積の比率（%）を表わす。

【表 3】

実施例 番号	植物種	1回目		2回目		3回目		面積比
		アルコール量	酸素濃度	アルコール量	酸素濃度	アルコール量	酸素濃度	
実施例 21	a	4.5 mL	98 %	4.4 mL	98 %	4.5 mL	98 %	85 %
実施例 22	b	4.4 mL	98 %	4.5 mL	98 %	4.4 mL	98 %	85 %
実施例 23	c	4.5 mL	98 %	4.5 mL	99 %	4.4 mL	98 %	85 %
実施例 24	d	4.4 mL	98 %	4.4 mL	97 %	4.4 mL	97 %	85 %
実施例 25	e	4.3 mL	97 %	4.4 mL	98 %	4.4 mL	97 %	85 %
実施例 26	f	4.3 mL	97 %	4.4 mL	98 %	4.4 mL	97 %	85 %
実施例 27	g	4.4 mL	98 %	4.4 mL	97 %	4.4 mL	97 %	85 %
実施例 28	h	4.3 mL	97 %	4.4 mL	98 %	4.4 mL	97 %	85 %
実施例 29	i	4.4 mL	98 %	4.3 mL	97 %	4.4 mL	97 %	85 %
実施例 30	j	4.4 mL	98 %	4.4 mL	98 %	4.4 mL	97 %	85 %
比較例 3	—	3.4 mL	0 %	3.4 mL	0 %	3.4 mL	0 %	85 %

デンプンを含むトウモロコシを糖化して調製された固液混合物、酵母及び種々の植物（a ないし j）の植物葉緑体を含む密閉された系内に、380 ないし 520 nm 及び 620 ないし 780 nm の波長領域の発光量の合計が 85 % となる発光ダイオードの光を照射すると、何れの植物葉緑体を用いた場合も、4.3 ないし 4.5 mL 程度のエタノールが製造された（実施例 21 ないし 30）が、これは、植物葉緑体を用いなかった場合（比較例 3）に比して、約 1.3 倍の収量増であった。

【0028】

実施例 31 ないし 40 及び比較例 4

製造例 3 で製造した糖化した固液混合物（トウモロコシ）217 g 及び酵母 3 g をミキサーで攪拌し、酵母入りの糖化した固液混合物（トウモロコシ）220 g を調製した。

調製した酵母入りの糖化した固液混合物（トウモロコシ）を 20 g ずつ 11 個の 100 mL ビーカーに分け、異なる植物の粉碎物 10 種類を 1 g ずつ各ビーカーに添加して攪拌した後、各ビーカーを密閉した箱の中に置いた。

上記実験とは別に発酵実験を行い、該発酵実験から放出される二酸化炭素を、上記密閉した箱中の各ビーカーの液面で混ざるように、各ビーカーに管を通して導入した（実施例 31 ないし 40）。

尚、比較として、植物の粉碎物を入れない酵母入りの糖化した固液混合物（トウモロコシ）20 g が入ったビーカーを上記密閉した箱中に入れた（比較例 4）。

上記の各ビーカーに白色発光ダイオード 200 個、赤色発光ダイオード 200 個、橙色発光ダイオード 100 個及び紫色発光ダイオード 100 個から構成される計 600 個の発光ダイオードの光（合計で 36 ワット/時）を 24 時間照射した。発光ダイオードの発光スペクトルを測定し、記録された全スペクトル面積に対する 380 ないし 520 nm 及び 620 ないし 780 nm の波長領域のスペクトル面積の比率を求めたところ、85 % であった。

各注射器の中の溶液を蒸留し、アルコールの回収量を測定した。

測定誤差を考慮して上記操作を 3 回行った。

結果を表 4 に纏めた。

尚、表中、記号 a ないし j は上記で示したのと同じ植物を表わし、“面積比”は、発光スペクトルにおいて記録された全スペクトル面積に対する 380 ないし 520 nm 及び 620 ないし 780 nm の波長領域のスペクトル面積の比率（%）を表わす。

【表 4】

表 4：

実施例番号	植物種	1 回目	2 回目	3 回目	面積比
実施例 31	a	5.6 mL	5.5 mL	5.6 mL	85 %
実施例 32	b	5.5 mL	5.6 mL	5.5 mL	85 %
実施例 33	c	5.5 mL	5.6 mL	5.5 mL	85 %
実施例 34	d	5.4 mL	5.5 mL	5.5 mL	85 %
実施例 35	e	5.3 mL	5.5 mL	5.4 mL	85 %
実施例 36	f	5.3 mL	5.4 mL	5.5 mL	85 %
実施例 37	g	5.4 mL	5.4 mL	5.4 mL	85 %
実施例 38	h	5.3 mL	5.5 mL	5.4 mL	85 %
実施例 39	i	5.5 mL	5.4 mL	5.4 mL	85 %
実施例 40	j	5.5 mL	5.5 mL	5.4 mL	85 %
比較例 4	—	3.4 mL	3.4 mL	3.4 mL	85 %

結果：

デンプンを含むトウモロコシを糖化して調製された固液混合物、酵母及び種々の植物（a ないし j）の植物葉緑体を含む密閉された系内に、更なる二酸化炭素を添加して、38

0 ないし 520 nm 及び 620 ないし 780 nm の波長領域の発光量の合計が 85 % となる発光ダイオードの光を照射すると、何れの植物葉緑体を用いた場合も、5.3 ないし 5.6 mL 程度のエタノールが製造された（実施例 31 ないし 40）が、これは、植物葉緑体を用いなかった場合（比較例 4）に比して、約 1.6 倍の収量増であり、また、更なる二酸化炭素を添加していない実施例 21 ないし 30 に比して、約 1.24 倍の収量増であった。

【0029】

製造例 4：糖化した固液混合物（米）の製造

食品店より購入した米粉 530 g にアミラーゼ（アルファアミラーゼとグルコアミラーゼの混合）10 g 及び水 525 g を加え、ミキサーで攪拌し、湯煎して 70 ないし 80 に保ち、12 時間かけて米粉を糖化することにより、糖化した固液混合物（米）1065 g を調製した。

【0030】

実施例 41 ないし 57 及び比較例 5

製造例 4 で製造した糖化した固液混合物（米）355 g 及び酵母 5 g をミキサーで攪拌し、酵母入りの糖化した固液混合物（米）360 g を調製した。

調製した酵母入りの糖化した固液混合物（米）を 20 g づつ 18 個の 100 mL ビーカーに分け、異なる植物の粉砕物 17 種類を 1 g づつ各ビーカーに添加して攪拌した後、各溶液を透明ガラス製の容器である、100 mL の注射器に注入した（実施例 41 ないし 57）。

尚、比較として、植物の粉砕物を入れない酵母入りの糖化した固液混合物（米）20 g を 100 mL の注射器に注入した（比較例 5）。

上記で用意した 18 本の注射器に白色発光ダイオード 600 個から構成される発光ダイオードの光（合計で 36 ワット / 時）を 24 時間照射した。各注射器から回収された気体の酸素濃度を酸素濃度測定器で測定した。また、発光ダイオードの発光スペクトルを測定し、記録された全スペクトル面積に対する 380 ないし 520 nm 及び 620 ないし 780 nm の波長領域のスペクトル面積の比率を求めたところ、80 % であった。

各注射器の中の溶液を蒸留し、アルコールの回収量を測定した。

測定誤差を考慮して上記操作を 3 回行った。

結果を表 5 に纏めた。

尚、表中、記号 a ないし q は以下の植物を表わし、“面積比”は、発光スペクトルにおいて記録された全スペクトル面積に対する 380 ないし 520 nm 及び 620 ないし 780 nm の波長領域のスペクトル面積の比率（%）を表わす。

a：イチヨウの葉、b：ソテツの葉、c：稲の葉、d：カワモズク、e：灰色藻、f：クリプト藻、g：生ワカメ、h：ユーグレナ藻、i：クロララクニオン藻、j：藍藻、k：ミズゴケ、l：クロゴケ、m：スギゴケ、n：ウロコゴケ、o：ゼニゴケ、p：ツノゴケ、q：シアノバクテリア（アオコから抽出）

【表 5】

実施例 番号	植物種	1回目		2回目		3回目		面積比
		アルコール量	酸素濃度	アルコール量	酸素濃度	アルコール量	酸素濃度	
実施例 41	a	3.9 mL	98 %	3.9 mL	99 %	3.9 mL	98 %	80 %
実施例 42	b	3.9 mL	98 %	3.9 mL	99 %	3.9 mL	98 %	80 %
実施例 43	c	3.9 mL	98 %	3.9 mL	99 %	3.9 mL	98 %	80 %
実施例 44	d	3.8 mL	98 %	3.9 mL	98 %	3.8 mL	97 %	80 %
実施例 45	e	3.8 mL	98 %	3.9 mL	98 %	3.8 mL	97 %	80 %
実施例 46	f	3.8 mL	97 %	3.9 mL	98 %	3.8 mL	97 %	80 %
実施例 47	g	3.8 mL	98 %	3.8 mL	97 %	3.8 mL	97 %	80 %
実施例 48	h	3.8 mL	98 %	3.9 mL	98 %	3.8 mL	97 %	80 %
実施例 49	i	3.8 mL	98 %	3.9 mL	98 %	3.8 mL	97 %	80 %
実施例 50	j	3.8 mL	98 %	3.9 mL	98 %	3.8 mL	97 %	80 %
実施例 51	k	3.9 mL	98 %	3.9 mL	98 %	3.8 mL	98 %	80 %
実施例 52	l	3.9 mL	98 %	3.9 mL	98 %	3.9 mL	98 %	80 %
実施例 53	m	3.9 mL	98 %	3.9 mL	98 %	3.9 mL	98 %	80 %
実施例 54	n	3.9 mL	98 %	3.8 mL	97 %	3.9 mL	98 %	80 %
実施例 55	o	3.8 mL	98 %	3.9 mL	98 %	3.8 mL	97 %	80 %
実施例 56	p	3.8 mL	98 %	3.9 mL	98 %	3.8 mL	97 %	80 %
実施例 57	q	3.9 mL	99 %	3.9 mL	99 %	3.9 mL	99 %	80 %
比較例 5	—	3.0 mL	0 %	3.0 mL	0 %	3.0 mL	0 %	80 %

表 5

結果：

デンプンを含む米を糖化して調製された固液混合物、酵母及び種々の植物（a ないし q）の植物葉緑体を含む密閉された系内に、380 ないし 520 nm 及び 620 ないし 780 nm の波長領域の発光量の合計が 80 % となる発光ダイオードの光を照射すると、何れの植物葉緑体を用いた場合も、3.8 ないし 3.9 mL 程度のエタノールが製造された（実施例 41 ないし 57）が、これは、植物葉緑体を用いなかった場合（比較例 5）に比して、約 1.3 倍の収量増であった。

【0031】

実施例 58 ないし 74 及び比較例 6

製造例 4 で製造した糖化した固液混合物（米）355 g 及び酵母 5 g をミキサーで攪拌し、酵母入りの糖化した固液混合物（米）360 g を調製した。

調製した酵母入りの糖化した固液混合物（米）を 20 g づつ 18 個の 100 mL ビーカ

ーに分け、異なる植物の粉碎物 17 種類を 1 g ずつ各ビーカーに添加して攪拌した後、各溶液を透明ガラス製の容器である、100 mL の注射器に注入した（実施例 58 ないし 74）。

尚、比較として、植物の粉碎物を入れない酵母入りの糖化した固液混合物（米）20 g を 100 mL の注射器に注入した（比較例 6）。

上記で用意した 18 本の注射器に赤色発光ダイオード 200 個、青色発光ダイオード 200 個及び緑色発光ダイオード 200 個から構成される計 600 個の発光ダイオードの光（合計で 36 ワット / 時）を 24 時間照射した。各注射器から回収された気体の酸素濃度を酸素濃度測定器で測定した。また、発光ダイオードの発光スペクトルを測定し、記録された全スペクトル面積に対する 380 ないし 520 nm 及び 620 ないし 780 nm の波長領域のスペクトル面積の比率を求めたところ、74 % であった。

10

各注射器の中の溶液を蒸留し、アルコールの回収量を測定した。

測定誤差を考慮して上記操作を 3 回行った。

結果を表 6 に纏めた。

尚、表中、記号 a ないし q は上記で示したのと同じ植物を表わし、“面積比”は、発光スペクトルにおいて記録された全スペクトル面積に対する 380 ないし 520 nm 及び 620 ないし 780 nm の波長領域のスペクトル面積の比率（%）を表わす。

【表 6】

実施例 番号	植物種	1 回目		2 回目		3 回目		面積比
		アルコール量	酸素濃度	アルコール量	酸素濃度	アルコール量	酸素濃度	
実施例 58	a	3.9 mL	98 %	3.9 mL	98 %	3.9 mL	98 %	74 %
実施例 59	b	3.9 mL	98 %	3.9 mL	99 %	3.9 mL	98 %	74 %
実施例 60	c	3.9 mL	98 %	3.9 mL	98 %	3.8 mL	98 %	74 %
実施例 61	d	3.8 mL	98 %	3.9 mL	98 %	3.8 mL	97 %	74 %
実施例 62	e	3.8 mL	97 %	3.9 mL	98 %	3.8 mL	97 %	74 %
実施例 63	f	3.8 mL	97 %	3.9 mL	98 %	3.8 mL	97 %	74 %
実施例 64	g	3.8 mL	98 %	3.8 mL	97 %	3.8 mL	98 %	74 %
実施例 65	h	3.8 mL	98 %	3.8 mL	98 %	3.8 mL	97 %	74 %
実施例 66	i	3.8 mL	98 %	3.9 mL	98 %	3.8 mL	98 %	74 %
実施例 67	j	3.8 mL	98 %	3.8 mL	98 %	3.8 mL	97 %	74 %
実施例 68	k	3.8 mL	98 %	3.8 mL	98 %	3.8 mL	98 %	74 %
実施例 69	l	3.9 mL	98 %	3.8 mL	98 %	3.8 mL	98 %	74 %
実施例 70	m	3.9 mL	98 %	3.9 mL	98 %	3.8 mL	98 %	74 %
実施例 71	n	3.9 mL	98 %	3.9 mL	97 %	3.8 mL	98 %	74 %
実施例 72	o	3.8 mL	98 %	3.9 mL	98 %	3.8 mL	97 %	74 %
実施例 73	p	3.8 mL	98 %	3.9 mL	98 %	3.8 mL	97 %	74 %
実施例 74	q	3.9 mL	99 %	3.9 mL	99 %	3.9 mL	99 %	74 %
比較例 6	—	3.0 mL	0 %	3.0 mL	0 %	3.0 mL	0 %	74 %

表 6 :

結果 :

デンプンを含む米を糖化して調製された固液混合物、酵母及び種々の植物（a ないし q）の植物葉緑体を含む密閉された系内に、380 ないし 520 nm 及び 620 ないし 780 nm の波長領域の発光量の合計が 74 % となる発光ダイオードの光を照射すると、何れの植物葉緑体を用いた場合も、3.8 ないし 3.9 mL 程度のエタノールが製造された（実施例 58 ないし 74）が、これは、植物葉緑体を用いなかった場合（比較例 6）に比して、約 1.3 倍の収量増であった。

【0032】

実施例 75 ないし 91 及び比較例 7

製造例 4 で製造した糖化した固液混合物（米）355 g 及び酵母 5 g をミキサーで攪拌し、酵母入りの糖化した固液混合物（米）360 g を調製した。

調製した酵母入りの糖化した固液混合物（米）を 20 g づつ 18 個の 100 mL ビーカ

ーに分け、異なる植物の粉碎物 17 種類を 1 g ずつ各ビーカーに添加して攪拌した後、各溶液を透明ガラス製の容器である、100 mL の注射器に注入した（実施例 75 ないし 91）。

尚、比較として、植物の粉碎物を入れない酵母入りの糖化した固液混合物（米）20 g を 100 mL の注射器に注入した（比較例 7）。

上記で用意した 18 本の注射器に赤色発光ダイオード 300 個及び青色発光ダイオード 300 個から構成される計 600 個の発光ダイオードの光（合計で 36 ワット / 時）を 24 時間照射した。各注射器から回収された気体の酸素濃度を酸素濃度測定器で測定した。また、発光ダイオードの発光スペクトルを測定し、記録された全スペクトル面積に対する 380 ないし 520 nm 及び 620 ないし 780 nm の波長領域のスペクトル面積の比率

10

を求めたところ、100%であった。

各注射器の中の溶液を蒸留し、アルコールの回収量を測定した。

測定誤差を考慮して上記操作を 3 回行った。

結果を表 7 に纏めた。

尚、表中、記号 a ないし q は上記で示したのと同じ植物を表わし、“面積比”は、発光スペクトルにおいて記録された全スペクトル面積に対する 380 ないし 520 nm 及び 620 ないし 780 nm の波長領域のスペクトル面積の比率（%）を表わす。

【表 7】

表 7 :

実施例 番号	植物種	1 回目		2 回目		3 回目		面積比
		アルコール量	酸素濃度	アルコール量	酸素濃度	アルコール量	酸素濃度	
実施例 75	a	3.9 mL	98 %	3.9 mL	98 %	3.9 mL	98 %	100 %
実施例 76	b	3.9 mL	98 %	3.9 mL	98 %	3.9 mL	98 %	100 %
実施例 77	c	3.9 mL	97 %	3.9 mL	98 %	3.9 mL	98 %	100 %
実施例 78	d	3.8 mL	98 %	3.9 mL	98 %	3.8 mL	97 %	100 %
実施例 79	e	3.8 mL	97 %	3.8 mL	97 %	3.8 mL	98 %	100 %
実施例 80	f	3.8 mL	97 %	3.9 mL	98 %	3.8 mL	97 %	100 %
実施例 81	g	3.8 mL	98 %	3.8 mL	97 %	3.8 mL	98 %	100 %
実施例 82	h	3.8 mL	97 %	3.9 mL	98 %	3.8 mL	97 %	100 %
実施例 83	i	3.8 mL	98 %	3.8 mL	97 %	3.8 mL	97 %	100 %
実施例 84	j	3.8 mL	98 %	3.8 mL	97 %	3.8 mL	97 %	100 %
実施例 85	k	3.9 mL	98 %	3.9 mL	98 %	3.8 mL	98 %	100 %
実施例 86	l	3.9 mL	98 %	3.9 mL	98 %	3.9 mL	98 %	100 %
実施例 87	m	3.9 mL	98 %	3.9 mL	98 %	3.9 mL	98 %	100 %
実施例 88	n	3.9 mL	98 %	3.8 mL	97 %	3.9 mL	98 %	100 %
実施例 89	o	3.8 mL	98 %	3.9 mL	98 %	3.8 mL	97 %	100 %
実施例 90	p	3.8 mL	98 %	3.8 mL	98 %	3.8 mL	97 %	100 %
実施例 91	q	3.9 mL	99 %	3.9 mL	99 %	3.9 mL	99 %	100 %
比較例 7	—	3.0 mL	0 %	3.0 mL	0 %	3.0 mL	0 %	100 %

結果 :

デンプンを含む米を糖化して調製された固液混合物、酵母及び種々の植物（a ないし q）の植物葉緑体を含む密閉された系内に、380 ないし 520 nm 及び 620 ないし 780 nm の波長領域の発光量の合計が 100 % となる発光ダイオードの光を照射すると、何れの植物葉緑体を用いた場合も、3.8 ないし 3.9 mL 程度のエタノールが製造された（実施例 75 ないし 91）が、これは、植物葉緑体を用いなかった場合（比較例 7）に比して、約 1.3 倍の収量増であった。

【0033】

比較例 8 ないし 25

製造例 4 で製造した糖化した固液混合物（米）355 g 及び酵母 5 g をミキサーで攪拌し、酵母入りの糖化した固液混合物（米）360 g を調製した。

調製した酵母入りの糖化した固液混合物（米）を 20 g づつ 18 個の 100 mL ビーカ

10

20

30

40

50

ーに分け、異なる植物の粉碎物 17 種類を 1 g ずつ各ビーカーに添加して攪拌した後、各溶液を透明ガラス製の容器である、100 mL の注射器に注入した（比較例 8 ないし 24）。

尚、比較として、植物の粉碎物を入れない酵母入りの糖化した固液混合物（米）20 g を 100 mL の注射器に注入した（比較例 25）。

上記で用意した 18 本の注射器に青色発光ダイオード 300 個及び緑色発光ダイオード 300 個から構成される計 600 個の発光ダイオードの光（合計で 36 ワット / 時）を 24 時間照射した。各注射器から回収された気体の酸素濃度を酸素濃度測定器で測定した。また、発光ダイオードの発光スペクトルを測定し、記録された全スペクトル面積に対する 380 ないし 520 nm 及び 620 ないし 780 nm の波長領域のスペクトル面積の比率

10

を求めたところ、60 %であった。

各注射器の中の溶液を蒸留し、アルコールの回収量を測定した。

測定誤差を考慮して上記操作を 3 回行った。

結果を表 8 に纏めた。

尚、表中、記号 a ないし q は上記で示したのと同じ植物を表わし、“面積比”は、発光スペクトルにおいて記録された全スペクトル面積に対する 380 ないし 520 nm 及び 620 ないし 780 nm の波長領域のスペクトル面積の比率（%）を表わす。

【表 8】

実施例 番号	植物種	1 回目		2 回目		3 回目		面積比
		アルコール量	酸素濃度	アルコール量	酸素濃度	アルコール量	酸素濃度	
比較例 8	a	3.3 mL	43 %	3.4 mL	44 %	3.3 mL	43 %	60 %
比較例 9	b	3.3 mL	43 %	3.3 mL	43 %	3.3 mL	43 %	60 %
比較例 10	c	3.4 mL	44 %	3.3 mL	42 %	3.3 mL	43 %	60 %
比較例 11	d	3.3 mL	43 %	3.3 mL	43 %	3.3 mL	42 %	60 %
比較例 12	e	3.3 mL	43 %	3.3 mL	41 %	3.3 mL	43 %	60 %
比較例 13	f	3.3 mL	43 %	3.3 mL	43 %	3.3 mL	43 %	60 %
比較例 14	g	3.3 mL	43 %	3.4 mL	41 %	3.3 mL	43 %	60 %
比較例 15	h	3.3 mL	43 %	3.4 mL	44 %	3.3 mL	41 %	60 %
比較例 16	i	3.3 mL	42 %	3.3 mL	43 %	3.3 mL	40 %	60 %
比較例 17	j	3.3 mL	43 %	3.3 mL	43 %	3.3 mL	42 %	60 %
比較例 18	k	3.3 mL	43 %	3.3 mL	43 %	3.3 mL	43 %	60 %
比較例 19	l	3.3 mL	43 %	3.4 mL	44 %	3.3 mL	42 %	60 %
比較例 20	m	3.3 mL	43 %	3.3 mL	40 %	3.3 mL	41 %	60 %
比較例 21	n	3.4 mL	44 %	3.3 mL	43 %	3.3 mL	42 %	60 %
比較例 22	o	3.3 mL	43 %	3.3 mL	43 %	3.3 mL	42 %	60 %
比較例 23	p	3.3 mL	42 %	3.3 mL	43 %	3.3 mL	41 %	60 %
比較例 24	q	3.7 mL	77 %	3.7 mL	75 %	3.7 mL	76 %	60 %
比較例 25	—	3.0 mL	0 %	3.0 mL	0 %	3.0 mL	0 %	60 %

表 8 :

結果 :

デンプンを含む米を糖化して調製された固液混合物、酵母及び種々の植物（a ないし q）の植物葉緑体を含む密閉された系内に、380 ないし 520 nm 及び 620 ないし 780 nm の波長領域の発光量の合計が 60 % となる発光ダイオードの光を照射すると、q のシアノバクテリアの場合（比較例 24）を除き、何れの植物葉緑体を用いた場合も、3.3 ないし 3.4 mL 程度のエタノールが製造された（比較例 8 ないし 23）が、これは、植物葉緑体を用いなかった場合（比較例 25）に比して、約 1.1 倍程度の収量増しかなかった。q のシアノバクテリアの場合（比較例 24）は、比較例 25 に比して、約 1.23 倍の収量増があった。

【0034】

比較例 26 ないし 43

製造例 4 で製造した糖化した固液混合物（米）355 g 及び酵母 5 g をミキサーで攪拌

10

20

30

40

50

し、酵母入りの糖化した固液混合物（米）360 gを調製した。

調製した酵母入りの糖化した固液混合物（米）を20 gずつ18個の100 mLビーカーに分け、異なる植物の粉碎物17種類を1 gずつ各ビーカーに添加して攪拌した後、各溶液を透明ガラス製の容器である、100 mLの注射器に注入した（比較例26ないし42）。

尚、比較として、植物の粉碎物を入れない酵母入りの糖化した固液混合物（米）20 gを100 mLの注射器に注入した（比較例43）。

上記で用意した18本の注射器に赤色発光ダイオード300個及び緑色発光ダイオード300個から構成される計600個の発光ダイオードの光（合計で36ワット/時）を24時間照射した。各注射器から回収された気体の酸素濃度を酸素濃度測定器で測定した。また、発光ダイオードの発光スペクトルを測定し、記録された全スペクトル面積に対する380ないし520 nm及び620ないし780 nmの波長領域のスペクトル面積の比率を求めたところ、60%であった。

10

各注射器の中の溶液を蒸留し、アルコールの回収量を測定した。

測定誤差を考慮して上記操作を3回行った。

結果を表9に纏めた。

尚、表中、記号aないしqは上記で示したのと同じ植物を表わし、“面積比”は、発光スペクトルにおいて記録された全スペクトル面積に対する380ないし520 nm及び620ないし780 nmの波長領域のスペクトル面積の比率（%）を表わす。

【表 9】

表 9

実施例 番号	植物種	1 回目		2 回目		3 回目		面積比
		アルコール量	酸素濃度	アルコール量	酸素濃度	アルコール量	酸素濃度	
比較例 26	a	3.3 mL	41 %	3.3 mL	40 %	3.3 mL	40 %	60 %
比較例 27	b	3.3 mL	41 %	3.3 mL	41 %	3.3 mL	40 %	60 %
比較例 28	c	3.3 mL	41 %	3.3 mL	41 %	3.3 mL	40 %	60 %
比較例 29	d	3.3 mL	41 %	3.3 mL	40 %	3.3 mL	39 %	60 %
比較例 30	e	3.3 mL	42 %	3.3 mL	41 %	3.3 mL	39 %	60 %
比較例 31	f	3.3 mL	41 %	3.3 mL	40 %	3.3 mL	40 %	60 %
比較例 32	g	3.3 mL	40 %	3.3 mL	41 %	3.3 mL	39 %	60 %
比較例 33	h	3.3 mL	40 %	3.3 mL	40 %	3.2 mL	36 %	60 %
比較例 34	i	3.3 mL	40 %	3.3 mL	40 %	3.3 mL	39 %	60 %
比較例 35	j	3.3 mL	40 %	3.3 mL	40 %	3.3 mL	39 %	60 %
比較例 36	k	3.3 mL	40 %	3.3 mL	40 %	3.3 mL	39 %	60 %
比較例 37	l	3.3 mL	40 %	3.3 mL	39 %	3.2 mL	36 %	60 %
比較例 38	m	3.3 mL	40 %	3.3 mL	38 %	3.3 mL	38 %	60 %
比較例 39	n	3.3 mL	40 %	3.3 mL	39 %	3.3 mL	39 %	60 %
比較例 40	o	3.3 mL	40 %	3.3 mL	39 %	3.3 mL	39 %	60 %
比較例 41	p	3.3 mL	39 %	3.3 mL	39 %	3.3 mL	38 %	60 %
比較例 42	q	3.7 mL	72 %	3.6 mL	70 %	3.7 mL	73 %	60 %
比較例 43	—	3.0 mL	0 %	3.0 mL	0 %	3.0 mL	0 %	60 %

結果：

デンプンを含む米を糖化して調製された固液混合物、酵母及び種々の植物（a ないし q）の植物葉緑体を含む密閉された系内に、380 ないし 520 nm 及び 620 ないし 780 nm の波長領域の発光量の合計が 60 % となる発光ダイオードの光を照射すると、q のシアノバクテリアの場合（比較例 42）を除き、何れの植物葉緑体を用いた場合も、3.2 ないし 3.3 mL 程度のエタノールが製造された（比較例 26 ないし 41）が、これは、植物葉緑体を用いなかった場合（比較例 43）に比して、約 1.1 倍程度の収量増しかなかった。q のシアノバクテリアの場合（比較例 42）は、比較例 43 に比して、約 1.22 倍の収量増があった。

【0035】

実施例 92 ないし 108 及び比較例 44

製造例 4 で製造した糖化した固液混合物（米）355 g 及び酵母 5 g をミキサーで攪拌

10

20

30

40

50

し、酵母入りの糖化した固液混合物（米）360 gを調製した。

調製した酵母入りの糖化した固液混合物（米）を20 gずつ18個の100 mLビーカーに分け、異なる植物の粉碎物17種類を1 gずつ各ビーカーに添加して攪拌した後、各溶液を透明ガラス製の容器である、100 mLの注射器に注入した（実施例92ないし108）。

尚、比較として、植物の粉碎物を入れない酵母入りの糖化した固液混合物（米）20 gを100 mLの注射器に注入した（比較例44）。

上記で用意した18本の注射器に青色発光ダイオード600個から構成される発光ダイオードの光（合計で36ワット/時）を24時間照射した。各注射器から回収された気体の酸素濃度を酸素濃度測定器で測定した。また、発光ダイオードの発光スペクトルを測定し、記録された全スペクトル面積に対する380ないし520 nm及び620ないし780 nmの波長領域のスペクトル面積の比率を求めたところ、100%であった。

10

各注射器の中の溶液を蒸留し、アルコールの回収量を測定した。

測定誤差を考慮して上記操作を3回行った。

結果を表10に纏めた。

尚、表中、記号aないしqは上記で示したのと同じ植物を表わし、“面積比”は、発光スペクトルにおいて記録された全スペクトル面積に対する380ないし520 nm及び620ないし780 nmの波長領域のスペクトル面積の比率（%）を表わす。

【表 10】

実施例 番号	植物種	1回目		2回目		3回目		面積比
		アルコール量	酸素濃度	アルコール量	酸素濃度	アルコール量	酸素濃度	
実施例 92	a	3.9 mL	98 %	3.9 mL	98 %	3.9 mL	97 %	100 %
実施例 93	b	3.9 mL	98 %	3.9 mL	98 %	3.9 mL	98 %	100 %
実施例 94	c	3.9 mL	98 %	3.8 mL	97 %	3.9 mL	98 %	100 %
実施例 95	d	3.9 mL	98 %	3.8 mL	97 %	3.9 mL	98 %	100 %
実施例 96	e	3.9 mL	97 %	3.9 mL	98 %	3.9 mL	98 %	100 %
実施例 97	f	3.8 mL	97 %	3.9 mL	98 %	3.8 mL	98 %	100 %
実施例 98	g	3.9 mL	98 %	3.9 mL	98 %	3.8 mL	98 %	100 %
実施例 99	h	3.9 mL	98 %	3.9 mL	97 %	3.8 mL	97 %	100 %
実施例 100	i	3.9 mL	98 %	3.8 mL	98 %	3.9 mL	97 %	100 %
実施例 101	j	3.9 mL	98 %	3.8 mL	98 %	3.9 mL	97 %	100 %
実施例 102	k	3.9 mL	98 %	3.8 mL	97 %	3.9 mL	97 %	100 %
実施例 103	l	3.9 mL	98 %	3.9 mL	98 %	3.8 mL	97 %	100 %
実施例 104	m	3.9 mL	98 %	3.9 mL	98 %	3.8 mL	97 %	100 %
実施例 105	n	3.9 mL	98 %	3.8 mL	97 %	3.9 mL	98 %	100 %
実施例 106	o	3.9 mL	98 %	3.8 mL	97 %	3.9 mL	98 %	100 %
実施例 107	p	3.9 mL	98 %	3.9 mL	98 %	3.8 mL	97 %	100 %
実施例 108	q	3.9 mL	98 %	3.9 mL	98 %	3.9 mL	98 %	100 %
比較例 44	—	3.0 mL	0 %	3.0 mL	0 %	3.0 mL	0 %	100 %

表 10 :

結果 :

デンプンを含む米を糖化して調製された固液混合物、酵母及び種々の植物（a ないし q）の植物葉緑体を含む密閉された系内に、380 ないし 520 nm 及び 620 ないし 780 nm の波長領域の発光量の合計が 100 % となる発光ダイオードの光を照射すると、何れの植物葉緑体を用いた場合も、3.8 ないし 3.9 mL 程度のエタノールが製造された（実施例 92 ないし 108）が、これは、植物葉緑体を用いなかった場合（比較例 44）に比して、約 1.3 倍の収量増であった。

【0036】

実施例 109 ないし 125 及び比較例 45

製造例 4 で製造した糖化した固液混合物（米）355 g 及び酵母 5 g をミキサーで攪拌し、酵母入りの糖化した固液混合物（米）360 g を調製した。

調製した酵母入りの糖化した固液混合物（米）を 20 g づつ 18 個の 100 mL ビーカ

10

20

30

40

50

ーに分け、異なる植物の粉碎物 17 種類を 1 g ずつ各ビーカーに添加して攪拌した後、各溶液を透明ガラス製の容器である、100 mL の注射器に注入した（実施例 109 ないし 125）。

尚、比較として、植物の粉碎物を入れない酵母入りの糖化した固液混合物（米）20 g を 100 mL の注射器に注入した（比較例 45）。

上記で用意した 18 本の注射器に赤色発光ダイオード 600 個から構成される発光ダイオードの光（合計で 36 ワット / 時）を 24 時間照射した。各注射器から回収された気体の酸素濃度を酸素濃度測定器で測定した。また、発光ダイオードの発光スペクトルを測定し、記録された全スペクトル面積に対する 380 ないし 520 nm 及び 620 ないし 780 nm の波長領域のスペクトル面積の比率を求めたところ、100 % であった。

10

各注射器の中の溶液を蒸留し、アルコールの回収量を測定した。

測定誤差を考慮して上記操作を 3 回行った。

結果を表 11 に纏めた。

尚、表中、記号 a ないし q は上記で示したのと同じ植物を表わし、“面積比”は、発光スペクトルにおいて記録された全スペクトル面積に対する 380 ないし 520 nm 及び 620 ないし 780 nm の波長領域のスペクトル面積の比率（%）を表わす。

【表 1 1】

実施例 番号	植物種	1 回目		2 回目		3 回目		面積比
		アルコール量	酸素濃度	アルコール量	酸素濃度	アルコール量	酸素濃度	
実施例 109	a	3.9 mL	98 %	3.9 mL	98 %	3.8 mL	97 %	100 %
実施例 110	b	3.9 mL	98 %	3.9 mL	98 %	3.9 mL	98 %	100 %
実施例 111	c	3.9 mL	97 %	3.8 mL	97 %	3.9 mL	98 %	100 %
実施例 112	d	3.9 mL	98 %	3.8 mL	97 %	3.9 mL	98 %	100 %
実施例 113	e	3.9 mL	97 %	3.9 mL	98 %	3.9 mL	98 %	100 %
実施例 114	f	3.8 mL	97 %	3.9 mL	98 %	3.8 mL	97 %	100 %
実施例 115	g	3.9 mL	98 %	3.9 mL	98 %	3.8 mL	98 %	100 %
実施例 116	h	3.9 mL	97 %	3.8 mL	97 %	3.8 mL	97 %	100 %
実施例 117	i	3.9 mL	98 %	3.8 mL	98 %	3.9 mL	98 %	100 %
実施例 118	j	3.9 mL	98 %	3.8 mL	98 %	3.9 mL	97 %	100 %
実施例 119	k	3.9 mL	98 %	3.8 mL	97 %	3.9 mL	98 %	100 %
実施例 120	l	3.9 mL	97 %	3.9 mL	98 %	3.9 mL	97 %	100 %
実施例 121	m	3.9 mL	98 %	3.9 mL	98 %	3.8 mL	97 %	100 %
実施例 122	n	3.9 mL	98 %	3.8 mL	98 %	3.9 mL	98 %	100 %
実施例 123	o	3.9 mL	98 %	3.8 mL	98 %	3.9 mL	98 %	100 %
実施例 124	p	3.9 mL	98 %	3.9 mL	98 %	3.8 mL	97 %	100 %
実施例 125	q	3.9 mL	98 %	3.8 mL	98 %	3.9 mL	98 %	100 %
比較例 45	—	3.0 mL	0 %	3.0 mL	0 %	3.0 mL	0 %	100 %

10

20

30

40

50

表 1 1 :

結果 :

デンプンを含む米を糖化して調製された固液混合物、酵母及び種々の植物（a ないし q）の植物葉緑体を含む密閉された系内に、380 ないし 520 nm 及び 620 ないし 780 nm の波長領域の発光量の合計が 100 % となる発光ダイオードの光を照射すると、何れの植物葉緑体を用いた場合も、3.8 ないし 3.9 mL 程度のエタノールが製造された（実施例 109 ないし 125）が、これは、植物葉緑体を用いなかった場合（比較例 45）に比して、約 1.3 倍の収量増であった。

【0037】

比較例 46 ないし 63

製造例 4 で製造した糖化した固液混合物（米）355 g 及び酵母 5 g をミキサーで攪拌し、酵母入りの糖化した固液混合物（米）360 g を調製した。

調製した酵母入りの糖化した固液混合物（米）を 20 g づつ 18 個の 100 mL ビーカ

ーに分け、異なる植物の粉碎物 17 種類を 1 g ずつ各ビーカーに添加して攪拌した後、各溶液を透明ガラス製の容器である、100 mL の注射器に注入した（比較例 46 ないし 62）。

尚、比較として、植物の粉碎物を入れない酵母入りの糖化した固液混合物（米）20 g を 100 mL の注射器に注入した（比較例 63）。

上記で用意した 18 本の注射器に緑色発光ダイオード 600 個から構成される発光ダイオードの光（合計で 36 ワット / 時）を 24 時間照射した。各注射器から回収された気体の酸素濃度を酸素濃度測定器で測定した。また、発光ダイオードの発光スペクトルを測定し、記録された全スペクトル面積に対する 380 ないし 520 nm 及び 620 ないし 780 nm の波長領域のスペクトル面積の比率を求めたところ、20 % であった。

10

各注射器の中の溶液を蒸留し、アルコールの回収量を測定した。

測定誤差を考慮して上記操作を 3 回行った。

結果を表 12 に纏めた。

尚、表中、記号 a ないし q は上記で示したのと同じ植物を表わし、“面積比”は、発光スペクトルにおいて記録された全スペクトル面積に対する 380 ないし 520 nm 及び 620 ないし 780 nm の波長領域のスペクトル面積の比率（%）を表わす。

【表 1 2】

表 1 2 :

実施例 番号	植物種	1 回目		2 回目		3 回目		面積比
		アルコール量	酸素濃度	アルコール量	酸素濃度	アルコール量	酸素濃度	
比較例 46	a	3.5 mL	53 %	3.6 mL	55 %	3.5 mL	54 %	20 %
比較例 47	b	3.5 mL	53 %	3.5 mL	54 %	3.6 mL	54 %	20 %
比較例 48	c	3.5 mL	53 %	3.5 mL	55 %	3.6 mL	54 %	20 %
比較例 49	d	3.5 mL	52 %	3.5 mL	54 %	3.5 mL	54 %	20 %
比較例 50	e	3.5 mL	52 %	3.5 mL	53 %	3.5 mL	53 %	20 %
比較例 51	f	3.5 mL	53 %	3.4 mL	53 %	3.5 mL	54 %	20 %
比較例 52	g	3.4 mL	52 %	3.5 mL	53 %	3.5 mL	54 %	20 %
比較例 53	h	3.5 mL	53 %	3.5 mL	54 %	3.5 mL	53 %	20 %
比較例 54	i	3.5 mL	53 %	3.5 mL	54 %	3.5 mL	54 %	20 %
比較例 55	j	3.5 mL	53 %	3.5 mL	53 %	3.5 mL	54 %	20 %
比較例 56	k	3.5 mL	54 %	3.5 mL	53 %	3.5 mL	54 %	20 %
比較例 57	l	3.5 mL	54 %	3.5 mL	54 %	3.4 mL	53 %	20 %
比較例 58	m	3.5 mL	54 %	3.4 mL	53 %	3.5 mL	54 %	20 %
比較例 59	n	3.5 mL	54 %	3.5 mL	54 %	3.5 mL	53 %	20 %
比較例 60	o	3.5 mL	54 %	3.5 mL	54 %	3.5 mL	53 %	20 %
比較例 61	p	3.5 mL	54 %	3.5 mL	53 %	3.4 mL	53 %	20 %
比較例 62	q	3.8 mL	95 %	3.8 mL	94 %	3.8 mL	96 %	20 %
比較例 63	—	3.0 mL	0 %	3.0 mL	0 %	3.0 mL	0 %	20 %

結果 :

デンプンを含む米を糖化して調製された固液混合物、酵母及び種々の植物 (a ないし q) の植物葉緑体を含む密閉された系内に、 380 ないし 520 nm 及び 620 ないし 780 nm の波長領域の発光量の合計が 20 % となる発光ダイオードの光を照射すると、 q のシアノバクテリアの場合 (比較例 62) を除き、何れの植物葉緑体を用いた場合も、 3.4 ないし 3.5 mL 程度のエタノールが製造された (比較例 46 ないし 61) が、これは、植物葉緑体を用いなかった場合 (比較例 63) に比して、約 1.15 倍程度の収量増しかなかった。 q のシアノバクテリアの場合 (比較例 62) は、比較例 63 に比して、約 1.27 倍の収量増があった。

【 0038】

比較例 64 ないし 81

製造例 4 で製造した糖化した固液混合物 (米) 355 g 及び酵母 5 g をミキサーで攪拌

10

20

30

40

50

し、酵母入りの糖化した固液混合物（米）360 gを調製した。

調製した酵母入りの糖化した固液混合物（米）を20 gずつ18個の100 mLビーカーに分け、異なる植物の粉碎物17種類を1 gずつ各ビーカーに添加して攪拌した後、各溶液を透明ガラス製の容器である、100 mLの注射器に注入した（比較例64ないし80）。

尚、比較として、植物の粉碎物を入れない酵母入りの糖化した固液混合物（米）20 gを100 mLの注射器に注入した（比較例81）。

上記で用意した18本の注射器に黄色発光ダイオード600個から構成される発光ダイオードの光（合計で36ワット/時）を24時間照射した。各注射器から回収された気体の酸素濃度を酸素濃度測定器で測定した。また、発光ダイオードの発光スペクトルを測定し、記録された全スペクトル面積に対する380ないし520 nm及び620ないし780 nmの波長領域のスペクトル面積の比率を求めたところ、0%であった。

各注射器の中の溶液を蒸留し、アルコールの回収量を測定した。

測定誤差を考慮して上記操作を3回行った。

結果を表13に纏めた。

尚、表中、記号aないしqは上記で示したのと同じ植物を表わし、“面積比”は、発光スペクトルにおいて記録された全スペクトル面積に対する380ないし520 nm及び620ないし780 nmの波長領域のスペクトル面積の比率（%）を表わす。

【表 1 3】

実施例 番号	植物種	1 回目		2 回目		3 回目		面積比
		アルコール量	酸素濃度	アルコール量	酸素濃度	アルコール量	酸素濃度	
比較例 64	a	3.3 mL	40 %	3.4 mL	41 %	3.3 mL	39 %	0 %
比較例 65	b	3.3 mL	41 %	3.3 mL	40 %	3.3 mL	39 %	0 %
比較例 66	c	3.3 mL	41 %	3.3 mL	41 %	3.3 mL	39 %	0 %
比較例 67	d	3.3 mL	40 %	3.3 mL	39 %	3.3 mL	38 %	0 %
比較例 68	e	3.3 mL	39 %	3.3 mL	39 %	3.3 mL	38 %	0 %
比較例 69	f	3.3 mL	39 %	3.3 mL	39 %	3.2 mL	36 %	0 %
比較例 70	g	3.2 mL	36 %	3.3 mL	38 %	3.3 mL	39 %	0 %
比較例 71	h	3.3 mL	39 %	3.3 mL	39 %	3.3 mL	38 %	0 %
比較例 72	i	3.3 mL	40 %	3.3 mL	39 %	3.3 mL	40 %	0 %
比較例 73	j	3.3 mL	39 %	3.3 mL	38 %	3.3 mL	39 %	0 %
比較例 74	k	3.3 mL	39 %	3.3 mL	38 %	3.3 mL	38 %	0 %
比較例 75	l	3.3 mL	39 %	3.3 mL	38 %	3.3 mL	39 %	0 %
比較例 76	m	3.3 mL	38 %	3.3 mL	38 %	3.3 mL	39 %	0 %
比較例 77	n	3.3 mL	38 %	3.3 mL	39 %	3.3 mL	38 %	0 %
比較例 78	o	3.3 mL	39 %	3.3 mL	39 %	3.3 mL	38 %	0 %
比較例 79	p	3.3 mL	39 %	3.3 mL	38 %	3.3 mL	37 %	0 %
比較例 80	q	3.6 mL	72 %	3.7 mL	74 %	3.7 mL	74 %	0 %
比較例 81	—	3.0 mL	0 %	3.0 mL	0 %	3.0 mL	0 %	0 %

表 1 3 :

結果 :

デンプンを含む米を糖化して調製された固液混合物、酵母及び種々の植物（a ないし q）の植物葉緑体を含む密閉された系内に、380 ないし 520 nm 及び 620 ないし 780 nm の波長領域の発光量の合計が 0 % となる発光ダイオードの光を照射すると、q のシアノバクテリアの場合（比較例 80）を除き、何れの植物葉緑体を用いた場合も、3.2 ないし 3.4 mL 程度のエタノールが製造された（比較例 64 ないし 79）が、これは、植物葉緑体を用いなかった場合（比較例 81）に比して、約 1.1 倍程度の収量増しかなかった。q のシアノバクテリアの場合（比較例 80）は、比較例 81 に比して、約 1.2 倍の収量増があった。

【0039】

実施例 126 ないし 142 及び比較例 82

製造例 4 で製造した糖化した固液混合物（米）355 g 及び酵母 5 g をミキサーで攪拌

10

20

30

40

50

し、酵母入りの糖化した固液混合物（米）360 gを調製した。

調製した酵母入りの糖化した固液混合物（米）を20 gずつ18個の100 mLビーカーに分け、異なる植物の粉碎物17種類を1 gずつ各ビーカーに添加して攪拌した後、各溶液を透明ガラス製の容器である、100 mLの注射器に注入した（実施例126ないし142）。

尚、比較として、植物の粉碎物を入れない酵母入りの糖化した固液混合物（米）20 gを100 mLの注射器に注入した（比較例82）。

上記で用意した18本の注射器に紫色発光ダイオード600個から構成される発光ダイオードの光（合計で36ワット/時）を24時間照射した。各注射器から回収された気体の酸素濃度を酸素濃度測定器で測定した。また、発光ダイオードの発光スペクトルを測定し、記録された全スペクトル面積に対する380ないし520 nm及び620ないし780 nmの波長領域のスペクトル面積の比率を求めたところ、100%であった。

10

各注射器の中の溶液を蒸留し、アルコールの回収量を測定した。

測定誤差を考慮して上記操作を3回行った。

結果を表14に纏めた。

尚、表中、記号aないしqは上記で示したのと同じ植物を表わし、“面積比”は、発光スペクトルにおいて記録された全スペクトル面積に対する380ないし520 nm及び620ないし780 nmの波長領域のスペクトル面積の比率（%）を表わす。

【表 1 4】

表 1 4 :

実施例 番号	植物種	1 回目		2 回目		3 回目		面積比
		アルコール量	酸素濃度	アルコール量	酸素濃度	アルコール量	酸素濃度	
実施例 126	a	4.0 mL	98 %	3.9 mL	98 %	3.9 mL	98 %	100 %
実施例 127	b	3.9 mL	98 %	4.0 mL	98 %	4.0 mL	98 %	100 %
実施例 128	c	3.9 mL	98 %	4.0 mL	98 %	3.9 mL	98 %	100 %
実施例 129	d	3.9 mL	98 %	3.9 mL	98 %	3.9 mL	98 %	100 %
実施例 130	e	4.0 mL	98 %	3.9 mL	98 %	3.9 mL	98 %	100 %
実施例 131	f	4.0 mL	98 %	3.9 mL	98 %	4.0 mL	98 %	100 %
実施例 132	g	3.9 mL	98 %	3.9 mL	98 %	4.0 mL	98 %	100 %
実施例 133	h	4.0 mL	98 %	3.9 mL	98 %	4.0 mL	98 %	100 %
実施例 134	i	3.9 mL	98 %	4.0 mL	98 %	3.9 mL	98 %	100 %
実施例 135	j	4.0 mL	98 %	4.0 mL	98 %	4.0 mL	98 %	100 %
実施例 136	k	3.9 mL	98 %	4.0 mL	98 %	4.0 mL	98 %	100 %
実施例 137	l	4.0 mL	98 %	3.9 mL	98 %	4.0 mL	98 %	100 %
実施例 138	m	4.0 mL	98 %	3.9 mL	98 %	4.0 mL	98 %	100 %
実施例 139	n	3.9 mL	98 %	4.0 mL	98 %	4.0 mL	98 %	100 %
実施例 140	o	3.9 mL	98 %	4.0 mL	98 %	3.9 mL	98 %	100 %
実施例 141	p	3.9 mL	98 %	3.9 mL	98 %	3.8 mL	98 %	100 %
実施例 142	q	4.4 mL	98 %	4.3 mL	98 %	4.5 mL	98 %	100 %
比較例 82	—	3.0 mL	0 %	3.0 mL	0 %	3.0 mL	0 %	100 %

結果 :

デンプンを含む米を糖化して調製された固液混合物、酵母及び種々の植物（a ないし q）の植物葉緑体を含む密閉された系内に、380 ないし 520 nm 及び 620 ないし 780 nm の波長領域の発光量の合計が 100 % となる発光ダイオードの光を照射すると、q のシアノバクテリアの場合（実施例 142）を除き、何れの植物葉緑体を用いた場合も、3.8 ないし 4.0 mL 程度のエタノールが製造された（実施例 126 ないし 141）が、これは、植物葉緑体を用いなかった場合（比較例 82）に比して、約 1.3 倍の収量増であった。q のシアノバクテリアの場合（実施例 142）は、比較例 82 に比して約 1.47 倍の収量増であった。

【0040】

比較例 83 ないし 100

製造例 4 で製造した糖化した固液混合物（米）355 g 及び酵母 5 g をミキサーで攪拌

10

20

30

40

50

し、酵母入りの糖化した固液混合物（米）360 gを調製した。

調製した酵母入りの糖化した固液混合物（米）を20 gずつ18個の100 mLビーカーに分け、異なる植物の粉碎物17種類を1 gずつ各ビーカーに添加して攪拌した後、各溶液を透明ガラス製の容器である、100 mLの注射器に注入した（比較例83ないし99）。

尚、比較として、植物の粉碎物を入れない酵母入りの糖化した固液混合物（米）20 gを100 mLの注射器に注入した（比較例100）。

上記で用意した18本の注射器に橙色発光ダイオード600個から構成される発光ダイオードの光（合計で36ワット/時）を24時間照射した。各注射器から回収された気体の酸素濃度を酸素濃度測定器で測定した。また、発光ダイオードの発光スペクトルを測定し、記録された全スペクトル面積に対する380ないし520 nm及び620ないし780 nmの波長領域のスペクトル面積の比率を求めたところ、50%であった。

各注射器の中の溶液を蒸留し、アルコールの回収量を測定した。

測定誤差を考慮して上記操作を3回行った。

結果を表15に纏めた。

尚、表中、記号aないしqは上記で示したのと同じ植物を表わし、“面積比”は、発光スペクトルにおいて記録された全スペクトル面積に対する380ないし520 nm及び620ないし780 nmの波長領域のスペクトル面積の比率（%）を表わす。

【表 15】

実施例 番号	植物種	1 回目		2 回目		3 回目		面積比
		アルコール量	酸素濃度	アルコール量	酸素濃度	アルコール量	酸素濃度	
比較例 83	a	3.5 mL	53 %	3.5 mL	53 %	3.5 mL	54 %	50 %
比較例 84	b	3.4 mL	51 %	3.4 mL	49 %	3.4 mL	50 %	50 %
比較例 85	c	3.4 mL	50 %	3.5 mL	52 %	3.4 mL	51 %	50 %
比較例 86	d	3.4 mL	49 %	3.4 mL	49 %	3.4 mL	49 %	50 %
比較例 87	e	3.4 mL	50 %	3.4 mL	49 %	3.4 mL	49 %	50 %
比較例 88	f	3.4 mL	49 %	3.4 mL	49 %	3.4 mL	49 %	50 %
比較例 89	g	3.4 mL	49 %	3.4 mL	50 %	3.4 mL	49 %	50 %
比較例 90	h	3.4 mL	49 %	3.4 mL	49 %	3.4 mL	48 %	50 %
比較例 91	i	3.4 mL	50 %	3.4 mL	49 %	3.4 mL	49 %	50 %
比較例 92	j	3.4 mL	49 %	3.4 mL	49 %	3.4 mL	48 %	50 %
比較例 93	k	3.4 mL	51 %	3.5 mL	52 %	3.4 mL	51 %	50 %
比較例 94	l	3.5 mL	57 %	3.5 mL	56 %	3.5 mL	58 %	50 %
比較例 95	m	3.5 mL	56 %	3.5 mL	54 %	3.5 mL	55 %	50 %
比較例 96	n	3.5 mL	53 %	3.5 mL	55 %	3.5 mL	54 %	50 %
比較例 97	o	3.5 mL	55 %	3.5 mL	55 %	3.5 mL	54 %	50 %
比較例 98	p	3.4 mL	50 %	3.4 mL	51 %	3.4 mL	50 %	50 %
比較例 99	q	3.8 mL	83 %	3.7 mL	82 %	3.8 mL	83 %	50 %
比較例 100	—	3.0 mL	0 %	3.0 mL	0 %	3.0 mL	0 %	50 %

表 15 :

結果 :

デンプンを含む米を糖化して調製された固液混合物、酵母及び種々の植物（a ないし q）の植物葉緑体を含む密閉された系内に、380 ないし 520 nm 及び 620 ないし 780 nm の波長領域の発光量の合計が 50 % となる発光ダイオードの光を照射すると、q のシアノバクテリアの場合（比較例 99）を除き、何れの植物葉緑体を用いた場合も、3.4 ないし 3.5 mL 程度のエタノールが製造された（比較例 83 ないし 98）が、これは、植物葉緑体を用いなかった場合（比較例 100）に比して、約 1.15 倍程度の収量増しかなかった。q のシアノバクテリアの場合（比較例 99）は、比較例 100 に比して、約 1.26 倍の収量増があった。

【0041】

実施例 143 ないし 159 及び比較例 101

製造例 4 で製造した糖化した固液混合物（米）355 g 及び酵母 5 g をミキサーで攪拌

10

20

30

40

50

し、酵母入りの糖化した固液混合物（米）360gを調製した。

調製した酵母入りの糖化した固液混合物（米）を20gずつ18個の100mLビーカーに分け、異なる植物の粉碎物17種類を1gずつ各ビーカーに添加して攪拌した後、各ビーカーを密閉した箱の中に置いた。

上記実験とは別に発酵実験を行い、該発酵実験から放出される二酸化炭素を、上記密閉した箱中の各ビーカーの液面で混ざるように、各ビーカーに管を通して導入した（実施例143ないし159）。

尚、比較として、植物の粉碎物を入れない酵母入りの糖化した固液混合物（米）20gが入ったビーカーを上記密閉した箱の中に入れた（比較例101）。

上記の各ビーカーに白色発光ダイオード600個から構成される発光ダイオードの光（合計で36ワット/時）を24時間照射した。発光ダイオードの発光スペクトルを測定し、記録された全スペクトル面積に対する380ないし520nm及び620ないし780nmの波長領域のスペクトル面積の比率を求めたところ、80%であった。

各注射器の中の溶液を蒸留し、アルコールの回収量を測定した。

測定誤差を考慮して上記操作を3回行った。

結果を表16に纏めた。

尚、表中、記号aないしjは上記で示したのと同じ植物を表わし、“面積比”は、発光スペクトルにおいて記録された全スペクトル面積に対する380ないし520nm及び620ないし780nmの波長領域のスペクトル面積の比率（%）を表わす。

【表16】

表16：

実施例番号	植物種	1回目	2回目	3回目	面積比
実施例 143	a	5.6 mL	5.6 mL	5.6 mL	80 %
実施例 144	b	5.6 mL	5.5 mL	5.6 mL	80 %
実施例 145	c	5.5 mL	5.6 mL	5.6 mL	80 %
実施例 146	d	5.5 mL	6.6 mL	5.6 mL	80 %
実施例 147	e	5.5 mL	5.5 mL	5.5 mL	80 %
実施例 148	f	5.5 mL	5.6 mL	5.6 mL	80 %
実施例 149	g	5.5 mL	5.6 mL	5.5 mL	80 %
実施例 150	h	5.5 mL	5.6 mL	5.6 mL	80 %
実施例 151	i	5.5 mL	5.6 mL	5.5 mL	80 %
実施例 152	j	5.5 mL	5.5 mL	5.6 mL	80 %
実施例 153	k	5.5 mL	5.6 mL	5.6 mL	80 %
実施例 154	l	5.5 mL	5.6 mL	5.5 mL	80 %
実施例 155	m	5.6 mL	5.6 mL	5.5 mL	80 %
実施例 156	n	5.4 mL	5.5 mL	5.5 mL	80 %
実施例 157	o	5.6 mL	5.5 mL	5.6 mL	80 %
実施例 158	p	5.6 mL	5.5 mL	5.5 mL	80 %
実施例 159	q	8.1 mL	7.9 mL	8.0 mL	80 %
比較例 101	—	3.0 mL	3.0 mL	3.0 mL	80 %

結果：

デンプンを含む米を糖化して調製された固液混合物、酵母及び種々の植物（aないしq）の植物葉緑体を含む密閉された系内に、更なる二酸化炭素を添加して、380ないし520nm及び620ないし780nmの波長領域の発光量の合計が80%となる発光ダイオードの光を照射すると、qのシアノバクテリアの場合（実施例159）を除き、何れの植物葉緑体を用いた場合も、5.5ないし5.6mL程度のエタノールが製造された（実

施例 1 4 3 ないし 1 5 8) が、これは、植物葉緑体を用いなかった場合 (比較例 1 0 1) に比して、約 1 . 7 倍の収量増であり、また、更なる二酸化炭素を添加していない実施例 4 1 ないし 5 7 に比して、約 1 . 4 倍の収量増であった。また、q のシアノバクテリアの場合 (実施例 1 5 9) は、更なる二酸化炭素を添加していない実施例 5 7 に比して約 2 倍の収量増であった。

【産業上の利用可能性】

【 0 0 4 2 】

本発明のエタノールの製造方法は、二酸化炭素を排出しないため、 CO_2 削減の観点において有用な方法とえいる。また、本発明のエタノールの製造方法は、副生成物として酸素が得られるため、これを有効な資源として活用することもできる。

また、本発明のエタノールの製造方法は、外部からの二酸化炭素を取り込んでエタノールに変換し得るものであるため、二酸化炭素を固定化するという観点からも有用なエタノールの製造方法となり得るものである。

フロントページの続き

(74)代理人 100131266

弁理士 ▲高▼ 昌宏

(74)代理人 100146237

弁理士 森 則雄

(74)代理人 100153475

弁理士 山田 清治

(72)発明者 葛生 幹夫

栃木県栃木市大宮町 2 5 8 4 番地

F ターム(参考) 4B064 AC03 CA06 CC30 CD09 CD22 CE01 DA16