

(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2020-5577  
(P2020-5577A)

(43) 公開日 令和2年1月16日(2020.1.16)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
C 1 2 M 1/34 (2006.01)	C 1 2 M 1/34 Z	4 B 0 2 9
G O 1 N 27/416 (2006.01)	G O 1 N 27/416 3 3 6 M	4 B 0 6 3
H O 1 M 8/16 (2006.01)	H O 1 M 8/16	5 H 1 2 7
H O 1 M 8/00 (2016.01)	H O 1 M 8/00 A	
H O 1 M 8/04 (2016.01)	H O 1 M 8/04 Z	

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全 23 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2018-130521 (P2018-130521)  
(22) 出願日 平成30年7月10日 (2018.7.10)

(71) 出願人 000222118  
東洋インキSCホールディングス株式会社  
東京都中央区京橋二丁目2番1号  
(74) 代理人 100103894  
弁理士 冢入 健  
(74) 代理人 100124936  
弁理士 秦 恵子  
(72) 発明者 諸石 順幸  
東京都中央区京橋二丁目2番1号 東洋インキSCホールディングス株式会社内  
(72) 発明者 宮房 有花  
東京都中央区京橋二丁目2番1号 東洋インキSCホールディングス株式会社内  
Fターム(参考) 4B029 AA07 BB01 CC01  
4B063 QA01 QQ05 QR77 QX05  
最終頁に続く

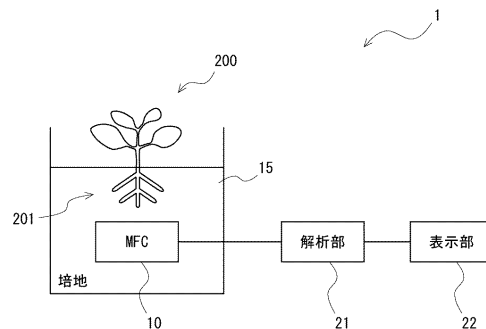
(54) 【発明の名称】 培地モニタリングシステム

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 微生物燃料電池を用いて培地の状態を精度よくモニタすることが可能な培地モニタリングシステムを提供する。

【解決手段】 培地モニタリングシステム1は、培地15に配置された微生物燃料電池10と、微生物燃料電池10で発電された電力を解析する解析部21と、を備える。解析部21は、微生物燃料電池10で発電された電力を解析することで、培地15の状態をモニタするように構成されている。

【選択図】 図4



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

培地に配置された微生物燃料電池と、  
前記微生物燃料電池で発電された電力を解析する解析部と、を備え、  
前記解析部は、前記微生物燃料電池で発電された電力を解析することで、前記培地の状態をモニタする、  
培地モニタリングシステム。

## 【請求項 2】

前記微生物燃料電池で発電された電力に関する電力情報を無線送信する送信部と、  
前記送信部から無線送信された前記電力情報を受信する受信部と、を更に備え、  
前記解析部は、前記受信部で受信した前記電力情報を用いて前記培地の状態をモニタする、  
請求項 1 に記載の培地モニタリングシステム。

10

## 【請求項 3】

前記微生物燃料電池で発電された電力を蓄電する蓄電部を更に備え、  
前記送信部は、前記蓄電部に蓄電されている電力を用いて駆動する、  
請求項 2 に記載の培地モニタリングシステム。

## 【請求項 4】

前記培地の内部及び前記培地の周囲の少なくとも一方における所定の物理量を測定可能な第 1 のセンサ、及び前記培地の内部における所定の化学量を測定可能な第 2 のセンサの少なくとも一つを更に備え、

20

前記解析部は、前記第 1 のセンサで測定された物理量、及び前記第 2 のセンサで測定された化学量の少なくとも一つと、前記微生物燃料電池で発電された電力と、を解析することで、前記培地の状態をモニタする、

請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の培地モニタリングシステム。

## 【請求項 5】

前記培地に水分を供給可能な水供給部と、  
前記培地に養液を供給可能な養液供給部と、  
前記水供給部と前記養液供給部とを制御する供給制御部と、を更に備え、  
前記供給制御部は、  
前記解析部における解析結果が前記培地の水分が不足しているという解析結果である場合、前記水供給部が前記培地に水分を供給するように前記水供給部を制御し、  
前記解析部における解析結果が前記培地の養分が不足しているという解析結果である場合、前記養液供給部が前記培地に養液を供給するように前記養液供給部を制御する、  
請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の培地モニタリングシステム。

30

## 【請求項 6】

前記培地を改質するための改質部と、  
前記改質部を制御する改質制御部と、を更に備え、  
前記改質制御部は、前記解析部における解析結果に応じて前記改質部を制御する、  
請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の培地モニタリングシステム。

40

## 【請求項 7】

前記改質部は、改質用微生物燃料電池であり、  
前記改質制御部は、前記解析部における解析結果に応じて前記改質用微生物燃料電池における発電量を制御することで前記培地の改質を調整する、  
請求項 6 に記載の培地モニタリングシステム。

## 【請求項 8】

前記改質制御部は、  
前記微生物燃料電池の電圧値が所定の上限値よりも高い場合、前記改質用微生物燃料電池で発電される電力量が少なくなるように前記改質用微生物燃料電池を制御し、  
前記微生物燃料電池の電圧値が所定の下限値よりも低い場合、前記改質用微生物燃料電

50

池で発電される電力量が多くなるように前記改質用微生物燃料電池を制御する、  
請求項 7 に記載の培地モニタリングシステム。

【請求項 9】

前記改質部は、改質用電源と当該改質用電源に接続された改質用電極であり、  
前記改質制御部は、前記解析部における解析結果に応じて前記改質用電源を制御すること  
で前記培地の改質を調整する、  
請求項 6 に記載の培地モニタリングシステム。

【請求項 10】

前記改質用電極は前記培地の内部に埋設されており、  
前記改質制御部は、前記解析部における解析結果に応じて、前記改質用電源から前記改  
質用電極に供給される電圧および電流の少なくとも一方を制御する、  
請求項 9 に記載の培地モニタリングシステム。

10

【請求項 11】

前記改質制御部は、  
前記微生物燃料電池の電圧値が所定の上限値よりも高い場合、前記改質用電源から前記  
改質用電極に供給される電圧および電流の少なくとも一方が低くなるように前記改質用電  
源を制御し、  
前記微生物燃料電池の電圧値が所定の下限値よりも低い場合、前記改質用電源から前記  
改質用電極に供給される電圧および電流の少なくとも一方が高くなるように前記改質用電  
源を制御する、  
請求項 9 に記載の培地モニタリングシステム。

20

【請求項 12】

前記解析部は、前記微生物燃料電池で発電された電力の電圧値および電流値の少なくと  
も一方を解析することで前記培地の状態をモニタする、請求項 1 ~ 11 のいずれか一項に  
記載の培地モニタリングシステム。

【請求項 13】

前記解析部は、  
前記微生物燃料電池で発電された電圧値の単位時間当たりの変化量の絶対値が所定の基  
準値よりも大きい場合は前記培地における水分量が変化したと判定し、  
前記微生物燃料電池で発電された電圧値の単位時間当たりの変化量の絶対値が所定の基  
準値よりも小さい場合は前記培地における有機物の量が変化したと判定する、  
請求項 1 ~ 11 のいずれか一項に記載の培地モニタリングシステム。

30

【請求項 14】

前記解析部は、前記微生物燃料電池で発電された電力量に基づいて、前記培地の微生物  
の量、及び活性度、並びに前記培地の有機物の量の少なくとも一つの状態を判定する、請  
求項 1 ~ 11 のいずれか一項に記載の培地モニタリングシステム。

【請求項 15】

前記解析部は、前記微生物燃料電池で発電された電力量の総量に基づいて、前記培地に  
追加する肥料の量を決定する、請求項 1 ~ 11 のいずれか一項に記載の培地モニタリング  
システム。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は培地モニタリングシステムに関し、特に微生物燃料電池を用いた培地モニタリ  
ングシステムに関する。

【背景技術】

【0002】

近年、微生物燃料電池の開発が進められている。微生物燃料電池は、微生物が有機物を  
分解する際に生じる電子を回収し、この回収した電子を電気エネルギーとして利用してい  
る。特許文献 1 には、微生物燃料電池システムに関する技術が開示されている。特許文献

50

1に開示されている微生物燃料電池システムでは、微生物燃料電池で発電された電力を用いて、微生物燃料電池の発電状態を可視化する技術が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2017-172997号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上述したように、微生物燃料電池は、微生物が有機物を分解する際に生じる電子を回収することで電力を生成している。例えば、土壌等の培地に微生物燃料電池を設置した場合は、培地に存在する微生物が有機物を分解する際に電力が生成される。このとき生成される電力（電圧値や電流値）は、培地に存在する微生物や有機物の状態に依存する。

【0005】

一方で、近年、培地の状態を簡易かつ精度よくモニタするモニタリングシステムが必要とされている。本発明の目的は、微生物燃料電池を用いて培地の状態を精度よくモニタすることが可能な培地モニタリングシステムを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の一態様にかかる培地モニタリングシステムは、培地に配置された微生物燃料電池と、前記微生物燃料電池で発電された電力を解析する解析部と、を備え、前記解析部は、前記微生物燃料電池で発電された電力を解析することで、前記培地の状態をモニタする。

【発明の効果】

【0007】

本発明により、微生物燃料電池を用いて培地の状態を精度よくモニタすることが可能な培地モニタリングシステムを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】微生物燃料電池を説明するための模式図である。

【図2】微生物燃料電池のカソードおよびアノードの配置例を説明するための断面図である。

【図3】微生物燃料電池のカソードの配置例を説明するための断面図である。

【図4】実施の形態1にかかる培地モニタリングシステムを示すブロック図である。

【図5】微生物燃料電池の電圧変化の一例を示す図である。

【図6】微生物燃料電池の電圧変化の他の例を示す図である。

【図7】微生物燃料電池を用いた解析方法を説明するための図である。

【図8】微生物燃料電池を用いた解析方法を説明するための図である。

【図9】実施の形態2にかかる培地モニタリングシステムを示すブロック図である。

【図10】実施の形態3にかかる培地モニタリングシステムを示すブロック図である。

【図11】実施の形態4にかかる培地モニタリングシステムを示すブロック図である。

【図12】実施の形態5にかかる培地モニタリングシステム（培地改質システム）を示すブロック図である。

【図13】改質用電極の配置例を説明するための断面図である。

【図14】改質用電極の配置例を説明するための断面図である。

【図15】改質用電極の配置例を説明するための側面図である。

【図16】改質用電極の配置例を説明するための上面図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

<微生物燃料電池の説明>

10

20

30

40

50

まず、本発明で用いられる微生物燃料電池について、図1に示す模式図を用いて説明する。図1に示すように、微生物燃料電池10は、カソード(正極)11およびアノード(負極)12を備える。カソード11は、空気と触れることができる位置に配置されている。アノード12は、培地15の内部に埋設されている。ここで、培地15とは、土壌等の植物を栽培することができる場所である。培地15としては、土壌以外にも植物工場で用いられる人工土や樹脂シート、ロックウール、脱脂綿、水溶液等も含まれる。すなわち、本実施の形態にかかる発明において培地15とは、植物を栽培することができる場所であればどのようなものであってもよい。

#### 【0010】

カソード11は、例えばカーボンフェルト等のカーボン材料を用いて構成することができる。また、カソード11は、基材(カーボンフェルト等のカーボン材料やステンレス等の金属材料)に、導電性カーボンや酸素還元触媒をコーティングしたものをを用いてもよい。このとき使用する基材は、メッシュ状やパンチングメタル等の多孔性の材料が好ましい。

10

#### 【0011】

また、アノード12も同様に、例えばカーボンフェルト等のカーボン材料を用いて構成することができる。また、アノード12は、基材(カーボンフェルト等のカーボン材料やステンレス等の金属材料)に、導電性カーボンや有機物酸化触媒をコーティングしたものをを用いてもよい。このとき使用する基材は、メッシュ状やパンチングメタル等の多孔性の材料が好ましい。

20

#### 【0012】

培地15には微生物と有機物とが含まれている。微生物は、アノード12の表面に定着している。ここで、発電に関与する微生物は発電菌と呼ばれる主に嫌気性の微生物であり、例えば*Shewanella*菌、*Geobacter*菌などを用いることができる。なお、本実施の形態にかかる発明では、有機物を分解して電力を発生することができる微生物であれば、これ以外の微生物を用いてもよい。

#### 【0013】

また、有機物とは、一般的に有機化合物と呼ばれるものを示すが、例えば、土壌中の有機物、有機肥料やそれらの分解物などが挙げられる。土壌中の有機物としては、植物根、土壤動物、土壤微生物などの生物、動植物などの生物遺体からなる有機物(炭水化物、タンパク質、アミノ酸、リグニン、糖類、脂質など)や、腐食物質(腐食酸、フルボ酸、ヒューミンなど)、非腐食物質からなる非生物の有機物や、植物の光合成により生成されるグルコースなどが挙げられ、乳酸や酢酸などの有機酸なども挙げられる。また、有機肥料としては、なたね油粕、大豆油粕などの植物質肥料、魚粕、骨粉、乾血、肉粕粉末などの動物質肥料、牛糞堆肥、豚糞堆肥、鶏糞堆肥、樹皮堆肥などの堆肥化資材などが挙げられる。なお、例えば、培地15に存在する微生物の数が少ない場合は、予め微生物をアノード12に植種等してもよい。

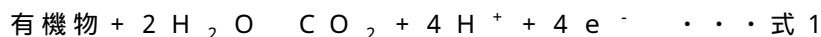
30

#### 【0014】

微生物燃料電池の反応について、培地15が酸性状態の場合の例を示す。図1に示すように、アノード12では、微生物の代謝によって有機物が分解される。このとき、下記の式1に示す反応が生じる。

40

#### 【0015】



#### 【0016】

式1の反応で発生した電子( $\text{e}^-$ )はアノード12に取り込まれてカソード11側へと移動する。また、式1の反応で発生したプロトン( $\text{H}^+$ )は、培地15中を通過して、カソード11側へと移動する。

#### 【0017】

また、カソード11では、アノード12側から移動してきた電子とプロトン、及びカソード11付近の酸素が下記の式2に示す反応をする。

50

## 【 0 0 1 8 】



## 【 0 0 1 9 】

そして、上記の式 1 および式 2 に示す反応が繰り返されることで、カソード 1 1 とアノード 1 2 との間に起電力が発生する。このような動作により、微生物燃料電池において電力が生成される。

## 【 0 0 2 0 】

<カソードおよびアノードの配置例>

次に、カソード 1 1 およびアノード 1 2 の配置例について説明する。図 2 は、微生物燃料電池のカソードおよびアノードの配置例を説明するための断面図であり、畑などの連続した土壌（つまり、培地に区切りがない場合）にカソードおよびアノードを配置する例を示している。

10

## 【 0 0 2 1 】

上述したように、カソード 1 1 では上記式 2 に示した反応を生じさせる必要があるため、カソード 1 1 は空気（酸素）と触れる位置に配置する必要がある。したがって、図 2 に示すカソード 1 1\_1 のように培地 1 5 の表面（地表）に配置することが好ましい。また、カソード 1 1\_2 のように地表に形成した凹部の底に配置してもよい。なお、図 2 に示すカソード 1 1\_1、1 1\_2 の配置は一例であり、カソード 1 1 を配置する位置は、空気（酸素）と触れる位置であればどのような場所であってもよい。

## 【 0 0 2 2 】

また、上述したように、アノード 1 2 では、上記式 1 に示した反応を生じさせる必要があるため、微生物および有機物と接触するようにアノード 1 2 を配置する必要がある。また、微生物は嫌気性であるため、アノード 1 2 は嫌気性となる場所に配置する必要がある。したがって、図 2 に示すアノード 1 2\_1 ~ 1 2\_4 のように培地 1 5 の内部に埋設することが好ましい。例えば、アノード 1 2\_1 のように植物 2 0 0 の根 2 0 1 の下部にアノードを配置してもよく、アノード 1 2\_2 のように根 2 0 1 の側部にアノードを配置してもよく、アノード 1 2\_3 のように根 2 0 1 の上部（地表に近い位置）にアノードを配置してもよく、アノード 1 2\_4 のように根 2 0 1 から離れた位置にアノードを配置してもよい。更に、アノード 1 2 は、根 2 0 1 の中に配置してもよく（不図示）、また根 2 0 1 の周囲に（つまり、根 2 0 1 を包むように）配置してもよい（不図示）。なお、図 2 に示すアノード 1 2\_1 ~ 1 2\_4 の配置は一例であり、アノード 1 2 を配置する位置は、微生物および有機物と接触する位置であればどのような場所であってもよい。

20

30

## 【 0 0 2 3 】

なお、図 2 では複数のカソード 1 1\_1 ~ 1 1\_2、及び複数のアノード 1 2\_1 ~ 1 2\_4 の配置例を示しているが、本実施の形態において微生物燃料電池を配置する際は、カソードとアノードとが対になるように配置することができる。例えば、カソード 1 1\_1 とアノード 1 2\_1 とを用いて 1 つの微生物燃料電池を構成することができる。また、本実施の形態では、複数の微生物燃料電池（すなわち、2 対以上のカソードとアノードの組み合わせ）を培地 1 5 に配置してもよい。また、カソードとアノードの個数が対にならないように配置してもよい。例えば、カソード 1 つに対してアノードが複数個となるように配置してもよい。なお、カソード及びアノードを配置する位置は、微生物燃料電池から取得するデータ（電力）に応じて適宜決定することができる。

40

## 【 0 0 2 4 】

また、図 2 に示すように、本実施の形態では、カソード 1 1、アノード 1 2、及び電解質 1 3 が一体となった微生物燃料電池セル 1 0\_1 を培地 1 5 中に配置してもよい。この場合は、カソード 1 1 が空気取り入れ孔 1 4 を通して空気と触れるようにする必要がある。例えば、空気取り入れ孔 1 4 は、地表とカソード 1 1 とを空間的に繋ぐホースを用いて構成してもよい。また、電解質 1 3 は、イオンを伝導することができる材料を用いて構成することができる。

## 【 0 0 2 5 】

50

図3は、微生物燃料電池のカソードおよびアノードの配置例を説明するための断面図であり、鉢植えやボックス栽培のように土壌が仕切られている場合におけるカソードおよびアノードの配置例を示している。なお、図3に示す場合においても、アノード12の配置は図2に示したアノード12\_1～12\_4の配置と同様であるので、図3ではアノードの図示を省略している。

【0026】

図3に示す場合は容器16に培地15が収容されている。カソードを配置する場合は、例えば、カソード11\_3のように、容器の側部にカソードを配置してもよい。この場合はカソード11\_3の上端が空気と触れるように配置することが好ましい。また、カソード11\_4のように、容器16の側部に形成された穴にカソード11\_4を配置してもよい。このように配置することで、カソード11\_4の一方の面が空気と他方の面が培地15とそれぞれ触れるようにすることができる。

10

【0027】

また、カソード11\_5のように、容器16の底面にカソード11\_5を配置してもよい。この場合は容器16の底面に穴を開けてカソード11\_5の一方の面が空気と触れるようにする。また、カソード11\_6のように、容器16の底部に形成された穴にカソード11\_6を配置してもよい。このように配置することで、カソード11\_6の一方の面が空気と他方の面が培地15と触れるようにすることができる。

【0028】

また、図3に示す場合においても、図2に示したカソード11\_1と同様に、カソード11\_1を培地15の表面(地表)に配置してもよく、また、カソード11\_2のように地表に形成した凹部の底にカソード11\_2を配置してもよい。

20

【0029】

また、図3に示すように、微生物燃料電池セル10\_2を容器16の底部に配置してもよい。また、微生物燃料電池セル10\_3を容器16の側部に配置してもよい。この場合は、容器16に形成された穴を通じて微生物燃料電池セル10\_2、10\_3のカソードが空気と触れるようにする必要がある。また、図3に示す場合においても、図2に示した微生物燃料電池セル10\_1と同様に、微生物燃料電池セル10\_1を培地15中に配置してもよい。この場合は、カソード11が空気取り入れ孔14を通して空気と触れるようにする必要がある。

30

【0030】

なお、図2、図3に示したカソード11およびアノード12の配置は一例であり、本実施の形態では、図2、図3に示した位置以外にカソード11およびアノード12を配置してもよい。

【0031】

<実施の形態1>

次に、本発明の実施の形態1について説明する。図4は、実施の形態1にかかる培地モニタリングシステムを示すブロック図である。図4に示すように、培地モニタリングシステム1は、微生物燃料電池10、解析部21、及び表示部22を備える。

【0032】

微生物燃料電池10は、培地15に配置されている。培地15には植物200が植えられており、培地15の内部には植物の根201が伸びている。なお、微生物燃料電池10が備えるカソード11およびアノード12の配置は、図2、図3に示した場合と同様に配置することができる。なお、図4では微生物燃料電池10を機能ブロックで示している。

40

【0033】

解析部21は、微生物燃料電池10で発電された電力を解析する機能を有する。例えば、解析部21は、コンピュータ等を用いて構成することができる。すなわち、解析用のプログラムをコンピュータ等で実行することで、解析処理を実施することができる。本実施の形態にかかる培地モニタリングシステム1では、解析部21において微生物燃料電池10で発電された電力を解析することで、培地15の状態をモニタする。すなわち、微生物

50

燃料電池 10 で生成される電力と培地 15 の状態とは互いに関連性を有しているので、微生物燃料電池 10 で発電された電力を解析することで、培地 15 の状態をモニタすることができる。

【0034】

表示部 22 は、解析部 21 における解析結果を表示する。例えば、表示部 22 は、液晶ディスプレイ等を用いて構成することができる。なお、不要であれば表示部 22 は適宜省略してもよい。

【0035】

本実施の形態にかかる培地モニタリングシステム 1 では、微生物燃料電池 10 で発電された電力を解析することで培地 15 の状態をモニタしている。ここで、微生物燃料電池 10 で発電された電力とは、微生物燃料電池 10 で発電された電力の電圧値（起電力）および電流値を含んでいる。つまり、解析部 21 は、微生物燃料電池 10 で発電された電力の電圧値および電流値の少なくとも一方を解析することで、培地 15 の状態をモニタすることができる。

10

【0036】

図 5 は、微生物燃料電池の電圧変化の一例を示す図である。図 5 に示す例は、微生物燃料電池 10 を設置した時点でアノード 12 に微生物が付着していない場合を示している。図 5 に示すように、微生物燃料電池 10 を設置した時点（タイミング t1）では、アノード 12 に微生物がほとんど付着していないので、分解される有機物の量が少ない。このためタイミング t1 における微生物燃料電池 10 の電圧値は低い値となる。

20

【0037】

アノード 12 に付着する微生物の量が増えるにしたがって、分解される有機物の量が増加する。このため、タイミング t1 以降、微生物燃料電池 10 の電圧値は上昇する（初期挙動）。

【0038】

その後、タイミング t2 からタイミング t3 にかけて電圧値が急激に低下している。これは培地 15 の水分量が減少したことを示している。すなわち、培地 15 の水分が減少した場合は、図 1 に示すアノード 12 からカソード 11 へのプロトンの伝導が妨げられるため、微生物燃料電池 10 の電圧値が低下する。その後、培地 15 の水分量が増加すると、微生物燃料電池 10 の電圧値が増加する（タイミング t3 ~ t4）。

30

【0039】

タイミング t4 ~ t5 では微生物燃料電池 10 の電圧値が略一定となり、定常状態となる。そして、タイミング t5 からタイミング t6 にかけて微生物燃料電池 10 の電圧値が徐々に低下している。これは培地 15 中に存在する有機物が減少したことを示している。その後、タイミング t6 からタイミング t7 にかけて再び電圧値が急激に低下している。これは培地 15 の水分量が減少したことを示している。

【0040】

このように、本実施の形態にかかる培地モニタリングシステム 1 では、微生物燃料電池 10 で発電された電力（電圧値）を解析することで培地 15 の状態をモニタすることができる。

40

【0041】

具体的には、タイミング t2 ~ t3、t6 ~ t7 に示すように、微生物燃料電池 10 の電圧値が急激に低下した場合は、培地 15 の水分量が減少したと判定することができる。また、タイミング t3 ~ t4 に示すように、微生物燃料電池 10 の電圧値が急激に増加した場合は、培地 15 の水分量が増加したと判定することができる。

【0042】

また、タイミング t5 ~ t6 に示すように、微生物燃料電池 10 の電圧値が徐々に低下した場合は、培地 15 中に存在する有機物が減少したと判定することができる。また、微生物燃料電池 10 の電圧値が徐々に増加した場合は、培地 15 中に存在する有機物が増加したと判定することができる。

50

## 【0043】

すなわち、解析部21は、微生物燃料電池10で発電された電圧値の単位時間当たりの変化量の絶対値が所定の基準値よりも大きい場合（つまり、グラフの傾きが急峻な場合）は、培地15における水分量が変化したと判定することができる。

## 【0044】

また、解析部21は、微生物燃料電池10で発電された電圧値の単位時間当たりの変化量の絶対値が所定の基準値よりも小さい場合（つまり、グラフの傾きが緩やかな場合）は、培地15における有機物の量が変化したと判定することができる。このときの所定の基準値は、任意に決定することができる。解析部21は、予め所定の基準値を決定してメモリ等に格納しておいてもよい。

10

## 【0045】

なお、上記では、図5のタイミング $t_2 \sim t_3$ 、 $t_6 \sim t_7$ において微生物燃料電池10の電圧値が急激に低下する原因として水分量の低下を挙げたが、例えば、微生物にとって有毒な成分が培地15中に流入した場合にも、微生物燃料電池10の電圧値が急激に低下する。この場合は、微生物燃料電池10の電圧値が急激に低下した後、培地15に水分を供給したとしても、微生物燃料電池10の電圧値が回復（上昇）しないか、又は電圧値が回復（上昇）したとしても非常に緩やかに回復（上昇）する程度となる。

## 【0046】

図6は、微生物燃料電池の電圧変化の他の例を示す図である。図6に示す例は、微生物燃料電池10を設置した時点でアノード12に微生物が付着している場合を示している。図6に示すように、微生物燃料電池10を設置した時点でアノード12に微生物が付着している場合は、設置した当初から微生物燃料電池10の電圧値は高い値となる。図6に示す例では、微生物燃料電池10が定常状態であり、略一定の電圧を出力している場合を示しているが、例えば、培地15の水分が増減した場合、また培地15の有機物が増減した場合は、図5に示した場合と同様に、微生物燃料電池10の電圧値が変動する。

20

## 【0047】

本実施の形態にかかる培地モニタリングシステム1における解析例について、更に詳細に説明する。

## 【0048】

図1に示したように、微生物燃料電池10は微生物の代謝によって有機物が分解されることで発電される。このため、微生物燃料電池10で発電される電力は、次の要素に応じて変化する。

30

## 【0049】

## (1) 微生物の量、及び活性度

培地15における微生物の量が多いほど発電量が増加する。また、微生物の活性度が高いほど、発電量が増加する。一方、培地15における微生物の量が少ないほど発電量が減少する。また、微生物の活性度が低いほど、発電量が減少する。

## 【0050】

## (2) 有機物の量、及び分解性

培地15における有機物の量が多いほど発電量が増加する。また、有機物が分解されやすいほど、発電量が増加する。一方、培地15における有機物の量が少ないほど発電量が減少する。また、有機物が分解されにくいほど、発電量が減少する。

40

## 【0051】

## (3) プロトンの伝導度

培地15におけるプロトンの伝導度が高いほど発電量が増加する。一方、培地15におけるプロトンの伝導度が低いほど発電量が減少する。例えば、培地15における水分量が多い場合や培地15中に溶解しているイオン成分が多い場合はプロトンの伝導度が高くなり、培地15における水分量が少ない場合や培地15中に溶解しているイオン成分が少ない場合はプロトンの伝導度が低くなる。

## 【0052】

50

また、本実施の形態にかかる培地モニタリングシステム 1 では、以下に示すデータに基づいて、培地の状態等をモニタ（推定）することができる。

【0053】

例えば、初期の電圧上昇（グラフの傾き）を解析することで、培地 15 の嫌気性度、微生物の状態、有機物の分解性を把握することができる。例えば、電圧上昇率が高い場合（グラフの傾きが急峻な場合）は、微生物燃料電池 10 における発電量が多いため、微生物の量が多く、微生物が活性であり、有機物が多く存在し、培地 15 の水分量が多いと推定することができる。一方、電圧上昇率が低い場合（グラフの傾きが緩やかな場合）は、微生物燃料電池 10 における発電量が少ないため、微生物の量が少なく、微生物が不活性であり、有機物が少なく、培地 15 の水分量が少ないと推定することができる。

10

【0054】

また、電圧上昇後の電圧変動を解析することで、土壌の状態（肥沃度、有機物の増減）、植物の状態（元気度、病気、光合成の状態）、微生物の状態（微生物の量と活性度）、環境の状態（気温、地面温度、日照）等を把握することができる。

【0055】

例えば、微生物燃料電池 10 における電圧値が増加した場合は、土壌の肥沃度および有機物が増加し、植物の光合成が増加し、微生物の量が多く、微生物の活性度も高いと推定することができる。一方、微生物燃料電池 10 における電圧値が減少した場合は、土壌の肥沃度および有機物が減少し、植物の光合成が減少し、微生物の量が減少し、微生物の活性度も低いと推定することができる。

20

【0056】

また、微生物燃料電池 10 における電圧値の維持率（電圧値の安定度）を用いることで、培地 15 の安定度、つまり、有機物の供給と消費のバランスをモニタすることができる。

【0057】

また、微生物燃料電池 10 の電圧値が所定の閾値よりも高い場合は、培地 15 の有機物の量が多く、微生物の量も多いため、培地 15 が肥沃であると判定することができる。

【0058】

また、微生物燃料電池 10 の電流値は、有機物の分解スピードと関連している。したがって、微生物燃料電池 10 の電流量を用いることで、微生物の量や活性度、有機物の種類（分解されやすさ）をモニタすることができる。

30

【0059】

また、微生物燃料電池 10 の電流量（電流値×時間）は、有機物の分解量と関連している。したがって、微生物燃料電池 10 の電流量を用いることで、培地 15 で用いられた有機物の量を把握することができる。したがって、新たに追加する肥料の量を算出することができる。

【0060】

また、微生物燃料電池 10 の開回路電圧（OCV：Open Circuit Voltage）を用いることで、微生物の種類および量、有機物の種類および量、培地 15 の水分状態をモニタすることができる。

40

【0061】

また、微生物燃料電池 10 の IR ドロップ（つまり、OCV と電流を流した直後の電圧との差）や微生物燃料電池 10 の内部抵抗値を用いることで、微生物の種類および量、有機物の種類および量をモニタすることができる。

【0062】

また、微生物燃料電池 10 の緩和速度（電流遮断後の電圧変化）を用いることで、有機物の種類および量、培地 15 の水分状態をモニタすることができる。

【0063】

また、上述した微生物燃料電池 10 の開回路電圧、IR ドロップ、内部抵抗値、緩和速度を組み合わせることで、プロトン抵抗、活性化過電圧、ガス拡散性等をモニタすること

50

ができる。

【0064】

また、図7に示すような微生物燃料電池10のI-V特性を求めることで、微生物の種類、有機物の種類を特定することができる。I-V特性は、微生物燃料電池10に接続された外部抵抗を変化させることで測定することができる。または、LSV (Linear Sweep Voltammetry) 測定を用いて測定することができる。

【0065】

例えば、図7(a)に示すI-V特性は、電流と電圧とが直線的な関係にあるのに対して、図7(b)に示すI-V特性は、電流と電圧とが曲線的(下側に凸)な関係にあり、図7(c)に示すI-V特性は、電流と電圧とが曲線的(上側に凸)な関係にある。このように、微生物燃料電池10のI-V特性は、微生物の種類や有機物の種類によって形状が異なるので、このようなI-V特性の違いから微生物の種類や有機物の種類を特定することができる。

10

【0066】

また、図8に示すような微生物燃料電池10の電流と電力の関係を求めることで、微生物の種類、有機物の種類を特定することができる。例えば、図8(a)に示すグラフでは、電流に対する電力のピークが中央よりも左側にあるのに対して、図8(b)に示すグラフでは、電流に対する電力のピークが中央よりも右側にある。このように、微生物燃料電池10の電流と電力の関係は、微生物の種類や有機物の種類によって形状が異なるので、このような電流と電力の関係の違いから微生物の種類や有機物の種類を特定することができる。

20

【0067】

本実施の形態にかかる培地モニタリングシステム1では、上述のようにして求めたデータを、単位当たりのデータに置き換えて解析してもよい。具体的には、上述のようにして求めたデータを、電極(カソード、アノード)の単位面積、単位体積、単位重量等当たりの値に換算して解析を行ってもよい。

【0068】

また、本実施の形態にかかる培地モニタリングシステム1では、モデルケース(基準)のデータ(図7、図8に示したようなグラフのデータや基準値など)を予め格納しておき、微生物燃料電池10から取得したデータ(電圧値等)をモデルケースのデータと比較(照合)することで、微生物の種類および量、有機物の種類および量等を解析してもよい。

30

【0069】

以上で説明したように、本実施の形態にかかる培地モニタリングシステム1では、微生物燃料電池10で発電された電力を解析することで、培地15の状態をモニタしている。すなわち、微生物燃料電池10で生成される電力と培地15の状態とは互いに関連性を有している。したがって、微生物燃料電池10で発電された電力を解析することで、培地15の状態を精度よくモニタすることができる。

【0070】

以上で説明した本実施の形態にかかる発明により、微生物燃料電池を用いて培地の状態を精度よくモニタすることが可能な培地モニタリングシステムを提供することができる。

40

【0071】

<実施の形態2>

次に、本発明の実施の形態2について説明する。図9は、実施の形態2にかかる培地モニタリングシステムを示すブロック図である。図9に示す培地モニタリングシステム2は、実施の形態1で説明した培地モニタリングシステム1と比べて、送信部31、蓄電部32、及び受信部33を備える点異なる。これ以外の構成及び動作については、実施の形態1で説明した培地モニタリングシステム1と同様であるので、同一の構成要素には同一の符号を付して重複した説明は省略する。

【0072】

図9に示すように、本実施の形態にかかる培地モニタリングシステム2は、微生物燃料

50

電池 10、送信部 31、蓄電部 32、受信部 33、解析部 21、及び表示部 22を備える。

【0073】

送信部 31は、微生物燃料電池 10で発電された電力に関する電力情報を無線送信する。ここで電力情報とは、微生物燃料電池 10で発電された電力の電圧値および電流値である。例えば、送信部 31は、微生物燃料電池 10から供給された電圧値および電流値をそれぞれデジタルデータに変換する A/Dコンバータを備えており、微生物燃料電池 10から供給された電圧値および電流値はデジタルデータに変換された後、受信部 33に無線送信される。

【0074】

蓄電部 32は、微生物燃料電池 10で発電された電力を一時的に蓄電する。蓄電部 32は、例えばリチウムイオン二次電池等を用いて構成することができる。送信部 31は、蓄電部 32に蓄電されている電力を用いて駆動可能に構成されている。蓄電部 32には、微生物燃料電池 10から電力が供給されない場合であっても、送信部 31が微生物燃料電池 10の電力情報を無線送信することができる程度の電力が少なくとも蓄えられている。

なお、微生物燃料電池 10で発電された電力のみを用いて送信部 31が無線送信できる場合は、蓄電部 32を省略してもよい。

【0075】

受信部 33は、送信部 31から無線送信された電力情報を受信する。受信部 33で受信された電力情報は、解析部 21に供給される。解析部 21は、受信部 33で受信された電力情報を用いて培地 15の状態をモニタする。なお、解析部 21における電力情報の解析については、実施の形態 1で説明した場合と同様であるので重複した説明は省略する。

【0076】

本実施の形態にかかる培地モニタリングシステム 2では、送信部 31および受信部 33を設け、微生物燃料電池 10で発電された電力に関する電力情報を送信部 31から受信部 33に無線送信している。よって、離れた場所でも培地 15の状態をモニタすることができる。すなわち、培地 15と解析部 21とが離れている場合であっても、培地 15の状態をモニタすることができる。

【0077】

例えば、複数の培地 15を一括で管理（モニタ）する場合は、複数の培地 15の各々に微生物燃料電池 10と送信部 31とを設ける。そして、各々の微生物燃料電池 10の電力情報を各々の送信部 31を用いて無線送信する。受信部 33は、各々の送信部 31から送信された電力情報を受信して、解析部 21に供給する。解析部 21は、複数の培地 15の各々に設けられた微生物燃料電池 10の電力情報を解析する。これにより、複数の培地 15を一括で管理（モニタ）することができる。

【0078】

例えば、各々の送信部 31は、各々の微生物燃料電池 10（つまり、各々の培地 15に対応）を識別するための識別情報（送信元情報）を送信データに含めてもよい。このように送信データに識別情報を含めることで、受信部 33（解析部 21）において各々の微生物燃料電池 10の電力情報と各々の培地 15とを対応付けることができる。

【0079】

このような培地モニタリングシステム 2は、例えば広大な耕地を一括で管理する場合に好適に用いることができる。例えば、送信部 31および受信部 33は、無線 LAN や 3G、4G等の携帯電話網等を用いて無線通信することができる。使用するネットワーク網は、送信部 31および受信部 33の距離に応じて適宜選択することができる。

【0080】

なお、上述した構成では、送信部 31が受信部 33に電力情報を無線送信している場合について説明したが、本実施の形態にかかる培地モニタリングシステム 2では、送信部 31が受信部 33に電力情報を有線で送信するように構成してもよい。

【0081】

10

20

30

40

50

### <実施の形態 3 >

次に、本発明の実施の形態 3 について説明する。図 10 は、実施の形態 3 にかかる培地モニタリングシステムを示すブロック図である。図 10 に示す培地モニタリングシステム 3 は、実施の形態 1 で説明した培地モニタリングシステム 1 と比べて、センサ 41 を備える点異なる。これ以外の構成及び動作については、実施の形態 1 で説明した培地モニタリングシステム 1 と同様であるので、同一の構成要素には同一の符号を付して重複した説明は省略する。

#### 【0082】

図 10 に示すように、本実施の形態にかかる培地モニタリングシステム 3 は、微生物燃料電池 10、センサ 41、解析部 21、及び表示部 22 を備える。

10

#### 【0083】

センサ 41 は、例えば、培地 15 の内部及び培地 15 の周囲の少なくとも一方における所定の物理量を測定可能な物理センサ（第 1 のセンサ）である。また、センサ 41 は、例えば、培地 15 の内部における所定の化学量を測定可能な化学センサ（第 2 のセンサ）であってもよい。また、センサ 41 は、物理センサと化学センサの組み合わせであってもよい。すなわち、本実施の形態にかかる培地モニタリングシステム 3 では、センサ 41 は、物理センサおよび化学センサの少なくとも一つを用いて構成することができる。

#### 【0084】

解析部 21 は、微生物燃料電池 10 で発電された電力とセンサ 41 で測定された測定値とを解析することで、培地 15 の状態をモニタする。ここで、センサ 41 で測定された測定値とは、上述のように、物理センサで測定された物理量および化学センサで測定された化学量の少なくとも一つである。

20

#### 【0085】

このように、本実施の形態にかかる培地モニタリングシステム 3 では、微生物燃料電池 10 で発電された電力とセンサ 41 で測定された測定値とを解析することで、培地 15 の状態をモニタしている。したがって、培地 15 の状態をより精度よくモニタすることができる。

#### 【0086】

次に、センサ 41 で測定される測定値と、当該測定値の解析について具体的に説明する。例えば、センサ 41 は培地 15 に設けられた参照電極であり、この場合は、センサ 41 は基準電位を測定する。このように基準電位を測定することで、微生物燃料電池 10 における起電力の変化がカソードおよびアノードのどちらに起因しているのかを特定することができる。

30

#### 【0087】

また、例えば、センサ 41 は培地 15 の pH（植物や微生物の生存環境の化学的指標）を測定可能なセンサである。例えば、微生物燃料電池 10 で発電された電力が異常を示しており、更に、センサ 41 で測定された pH の値が所定の範囲から外れている場合は、微生物燃料電池 10 の電力の異常の原因が pH 値の異常であると特定することができる。

#### 【0088】

また、例えば、センサ 41 は電気伝導度（EC）を測定可能なセンサである。電気伝導度は、培地 15 に溶解している肥料成分量の目安となる化学的指標である。センサ 41 で測定された電気伝導度を用いることで、培地 15 中の肥料成分量の分析精度を向上させることができる。

40

#### 【0089】

また、例えば、センサ 41 は培地 15 の地温や培地 15 付近の気温を測定可能なセンサである。地温や気温は、植物や微生物の生存環境の物理的指標である。センサ 41 で測定された地温や気温を用いることで、微生物の活性度、有機物の分解力、植物の元気度等を精度よく解析することができる。

#### 【0090】

また、例えば、センサ 41 は日照を測定可能なセンサである。日照は、植物の光合成量

50

や根からの養分吸収のしやすさの物理的指標である。センサ 4 1 で測定された日照を用いることで、植物の元気度を精度よく解析することができる。

【0091】

また、例えば、センサ 4 1 は培地 1 5 の水分量や排水量を測定可能なセンサである。このように、培地 1 5 の水分量や排水量を測定することで、培地 1 5 における水分の状態を精度よくモニタすることができ、培地 1 5 の環境に問題がないかをチェックすることができる。

【0092】

また、例えば、センサ 4 1 は培地 1 5 の硬さを測定可能なセンサである。このように、培地 1 5 の硬さを測定することで、培地 1 5 の環境に問題がないかをチェックすることができる。

10

【0093】

また、本実施の形態では、上述した物理的指標、化学的指標を組み合わせる用いてもよい。すなわち、微生物燃料電池 1 0 からは生物的指標を取得することができるので、これらを組み合わせることで、物理的指標、化学的指標、及び生物的指標の 3 つを用いて培地 1 5 の状態をモニタすることができる。したがって、更に精度よく培地 1 5 の状態をモニタすることができる。

【0094】

なお、本実施の形態は、実施の形態 2 にかかる培地モニタリングシステム 2 と組み合わせてもよい。この場合、送信部 3 1 は、微生物燃料電池 1 0 の電力情報に加えて、センサ 4 1 で測定された測定結果を受信部 3 3 に無線送信する。

20

【0095】

以上で説明した本実施の形態にかかる培地モニタリングシステム 3 により、培地 1 5 の状態をより精度よくモニタすることができる。

【0096】

< 実施の形態 4 >

次に、本発明の実施の形態 4 について説明する。図 1 1 は、実施の形態 4 にかかる培地モニタリングシステムを示すブロック図である。図 1 1 に示す培地モニタリングシステム 4 は、実施の形態 1 で説明した培地モニタリングシステム 1 と比べて、供給制御部 5 1、水供給部 5 2、及び養液供給部 5 3 を備える点が異なる。これ以外の構成及び動作については、実施の形態 1 で説明した培地モニタリングシステム 1 と同様であるので、同一の構成要素には同一の符号を付して重複した説明は省略する。

30

【0097】

図 1 1 に示すように、本実施の形態にかかる培地モニタリングシステム 4 は、微生物燃料電池 1 0、解析部 2 1、表示部 2 2、供給制御部 5 1、水供給部 5 2、及び養液供給部 5 3 を備える。

【0098】

水供給部 5 2 は、培地 1 5 に水分を供給可能に構成されている。例えば、水供給部 5 2 は、水を蓄えるタンクと、当該タンクから培地 1 5 へと伸びる配管と、配管に流れる水分を調整するバルブと、を用いて構成することができる。供給制御部 5 1 は、水供給部 5 2 を制御可能に構成されている。具体的には、供給制御部 5 1 は、水供給部 5 2 が備えるバルブの開閉を制御することで、または、バルブを流れる水量を制御することで、水供給部 5 2 から培地 1 5 に供給される水分を調整することができる。

40

【0099】

養液供給部 5 3 は、培地 1 5 に養液を供給可能に構成されている。例えば、養液供給部 5 3 は、養液を蓄えるタンクと、当該タンクから培地 1 5 へと伸びる配管と、配管に流れる養液を調整するバルブと、を用いて構成することができる。供給制御部 5 1 は、養液供給部 5 3 を制御可能に構成されている。具体的には、供給制御部 5 1 は、養液供給部 5 3 が備えるバルブの開閉を制御することで、または、バルブを流れる養液を制御することで、養液供給部 5 3 から培地 1 5 に供給される養液を調整することができる。なお、養液供

50

給部 5 3 は、複数種類の養液を供給可能に構成されていてもよい。この場合は、養液の種類毎にタンクとバルブが設けられる。

【0100】

供給制御部 5 1 は、解析部 2 1 における解析結果に応じて、水供給部 5 2 から培地 1 5 に供給される水分、及び養液供給部 5 3 から培地 1 5 に供給される養液を制御する。具体的には、解析部 2 1 における解析結果が、培地 1 5 の水分が不足しているという解析結果である場合、供給制御部 5 1 は、水供給部 5 2 が培地 1 5 に水分を供給するように水供給部 5 2 を制御する。また、解析部 2 1 における解析結果が、培地 1 5 の養分（有機物）が不足しているという解析結果である場合、供給制御部 5 1 は、養液供給部 5 3 が培地 1 5 に養液を供給するように養液供給部 5 3 を制御する。

10

【0101】

例えば、図 5 のタイミング  $t_2 \sim t_3$  に示したように、微生物燃料電池 1 0 の電圧値が急激に低下した場合は、培地 1 5 の水分量が減少したと判定することができる。このような場合、供給制御部 5 1 は、水供給部 5 2 が培地 1 5 に水分を供給するように水供給部 5 2 を制御する。

【0102】

また、図 5 のタイミング  $t_5 \sim t_6$  に示したように、微生物燃料電池 1 0 の電圧値が徐々に低下した場合は、培地 1 5 中に存在する有機物が減少したと判定することができる。このような場合、供給制御部 5 1 は、養液供給部 5 3 が培地 1 5 に養液を供給するように養液供給部 5 3 を制御する。

20

【0103】

以上で説明したように、本実施の形態にかかる培地モニタリングシステム 4 では、解析部 2 1 における解析結果に応じて、水供給部 5 2 から培地 1 5 に供給される水分および養液供給部 5 3 から培地 1 5 に供給される養液を制御している。したがって、培地 1 5 の状態を精度よくモニタすると共に、培地 1 5 が必要としている水分や養液を培地 1 5 に適切に供給することができる。

【0104】

なお、本実施の形態においても、上述の実施の形態 2、及び実施の形態 3 の内容を適宜組み合わせてもよい。

【0105】

< 実施の形態 5 >

次に、本発明の実施の形態 5 について説明する。図 1 2 は、実施の形態 5 にかかる培地モニタリングシステム（培地改質システム）を示すブロック図である。図 1 2 に示す培地モニタリングシステム 5 は、実施の形態 1 で説明した培地モニタリングシステム 1 と比べて、改質制御部 6 1、及び改質部 6 2 を備える点が異なる。これ以外の構成及び動作については、実施の形態 1 で説明した培地モニタリングシステム 1 と同様であるので、同一の構成要素には同一の符号を付して重複した説明は省略する。なお、本実施の形態においても上述の実施の形態 1 ~ 4 の内容を適宜組み合わせてもよい。

30

【0106】

図 1 2 に示すように、本実施の形態にかかる培地モニタリングシステム 5 は、微生物燃料電池 1 0、解析部 2 1、表示部 2 2、改質制御部 6 1、及び改質部 6 2 を備える。

40

【0107】

改質制御部 6 1 は、改質部 6 2 を制御可能に構成されている。改質部 6 2 は、培地 1 5 を改質するための手段である。本実施の形態にかかる培地モニタリングシステム 5 において、改質制御部 6 1 は、解析部 2 1 における解析結果に応じて改質部 6 2 を制御する。

【0108】

例えば、改質部 6 2 は、改質用微生物燃料電池である。この場合、改質制御部 6 1 は、解析部 2 1 における解析結果に応じて改質用微生物燃料電池における発電量を制御することで培地 1 5 の改質を調整する。なお、改質用微生物燃料電池のカソード及びアノードの配置については、図 2、図 3 に示した微生物燃料電池のカソード及びアノードの配置と同

50

様であるので重複した説明は省略する。

【0109】

例えば、改質用微生物燃料電池には、改質用微生物燃料電池における発電をオン・オフするスイッチが接続されている。改質制御部61は、このスイッチをオン・オフすることで、改質用微生物燃料電池における発電のオン・オフを制御する。このように改質用微生物燃料電池における発電量（オン・オフ）を制御することで培地15の改質を調整することができる。

【0110】

また、例えば、改質用微生物燃料電池には、改質用微生物燃料電池の電流量を調整するための可変抵抗が接続されていてもよい。改質制御部61は、この可変抵抗の抵抗値を調整することで改質用微生物燃料電池に流れる電流量（発電量）を調整することができる。このように改質用微生物燃料電池における電流量（発電量）を制御することで培地15の改質を調整することができる。

10

【0111】

また、本実施の形態にかかる培地モニタリングシステム5では、上述したスイッチ、及び可変抵抗を組み合わせて、改質用微生物燃料電池の発電量を制御してもよい。この場合、改質制御部61は、スイッチ及び可変抵抗の各々を制御することで、改質用微生物燃料電池の発電量を制御することができる。

【0112】

改質用微生物燃料電池で発電する際、培地15の有機物が分解される。これにより、培地15の状態が改善されて、植物200の根201が培地15中から養分を吸収しやすくなる。また、改質用微生物燃料電池で発電することで、培地15中のイオンや植物200から出るイオンの流れを変えることができる。これにより、植物200の代謝を促すことができる。

20

【0113】

例えば、微生物燃料電池10の電圧値が所定の範囲内である場合、解析部21は培地15の状態が適切であると判定することができる。

【0114】

一方、微生物燃料電池10の電圧値が所定の上限値よりも高い場合、改質制御部61は、改質用微生物燃料電池で発電される電力量が少なくなるように改質用微生物燃料電池を制御する。すなわち、微生物燃料電池10の電圧値が所定の上限値よりも高い場合は、培地15における有機物の分解量が多く、また微生物が活性状態であると推定される。このような場合、改質制御部61は、改質用微生物燃料電池で発電される電力量が少なくなるようにすることで、培地15の活性度（有機物の分解量、微生物の活性度）を低減させることができる。

30

【0115】

逆に、微生物燃料電池10の電圧値が所定の下限値よりも低い場合、改質制御部61は、改質用微生物燃料電池で発電される電力量が多くなるように改質用微生物燃料電池を制御する。すなわち、微生物燃料電池10の電圧値が所定の下限値よりも低い場合は、培地15における有機物の分解量が少なく、また微生物が不活性状態であると推定される。このような場合、改質制御部61は、改質用微生物燃料電池で発電される電力量が多くなるようにすることで、培地15の活性度（有機物の分解量、微生物の活性度）を増加させることができる。

40

【0116】

また、本実施の形態にかかる培地モニタリングシステム5では、改質部62を構成する際に、改質用電源と、当該改質用電源に接続された改質用電極と、を用いてもよい。この場合、改質制御部61は、解析部21における解析結果に応じて改質用電源を制御することで培地15の改質を調整する。

【0117】

具体的には、改質用電極は培地15の内部に埋設されており、改質制御部61は、解析

50

部 2 1 における解析結果に応じて、改質用電源から改質用電極に供給される電圧および電流の少なくとも一方を制御することで、培地 1 5 の改質を調整する。

【 0 1 1 8 】

改質用電極に流す電流値は改質する培地 1 5 に応じて適宜変更することができる。安全性を考慮すると、改質用電極に流す電流値は、1 0 m A 以下、好ましくは 1 m A 以下である。改質用電極には連続的に電流を流してもよく、また、断続的に（パルス的に）電流を流してもよい。このように、培地 1 5 に電流を流すことで、培地 1 5 中の微生物を活性化させたり、培地 1 5 中の無機塩類を分解したり、植物の育成を阻害する微生物を殺菌したりすることができる（培地の改質）。また、植物に電氣的な刺激が与えられるので、植物の育成が促進される。

10

【 0 1 1 9 】

また、改質用電極に印加する電圧値は改質する培地 1 5 に応じて適宜変更することができる。一例を挙げると、改質用電極に印加する電圧値は、数十～数千 V 程度とすることができる。改質用電極に電圧を印加することで、植物の細胞内外の電解質の分極やイオン化が促進されて、イオンバランスを整えることができる。したがって、植物育成に効果がある。

【 0 1 2 0 】

改質用電極に供給される電圧は、直流であってもよく、また交流であってもよい。

直流を用いる場合は、電池などの商用直流電源や、自然再生エネルギーなどを使用することができる。また、昇圧回路などを用いて電圧を増幅して使用することもできる。なお、直流電源はこれらに限定されることはなく、例えばコンバータ回路を用いて交流電源の交流を直流に変換して用いてもよい。

20

【 0 1 2 1 】

また、自然再生エネルギーを利用した場合は、インフラが整備されていない環境や電源供給場所から離れた場所にも本実施の形態にかかる培地モニタリングシステム 5 を導入することができるという利点がある。また、必要に応じて自然再生エネルギーで発電された電力を一時的に蓄電池に蓄えるようにしてもよい。

【 0 1 2 2 】

また、交流を用いる場合は、商用交流電源や自然再生エネルギーなどを使用することができる。また、昇圧回路などを用いて電圧を増幅して使用することもできる。なお、交流電源はこれらに限定されることはなく、例えばインバータ回路を用いて直流電源の交流を交流に変換して用いてもよい。

30

【 0 1 2 3 】

具体的には、太陽光や風力等の自然再生エネルギー又は蓄電装置からの直流を交流に変換して電源として使用してもよい。自然再生エネルギーを利用した場合は、インフラが整備されていない環境や電源供給場所から離れた場所にも本実施の形態にかかる培地モニタリングシステム 5 を導入することができるという利点がある。また、必要に応じて自然再生エネルギーで発電された電力を一時的に蓄電池に蓄えるようにしてもよい。

【 0 1 2 4 】

例えば、微生物燃料電池 1 0 の電圧値が所定の範囲内である場合、解析部 2 1 は培地 1 5 の状態が適切であると判定することができる。

40

【 0 1 2 5 】

一方、微生物燃料電池 1 0 の電圧値が所定の上限値よりも高い場合、改質制御部 6 1 は、改質用電源から改質用電極に供給される電圧および電流の少なくとも一方が低くなるようにしてもよい。すなわち、微生物燃料電池 1 0 の電圧値が所定の上限値よりも高い場合は、培地 1 5 における有機物の分解量が多く、また微生物が活性状態であると推定される。このような場合、改質制御部 6 1 は、改質用電源から改質用電極に供給される電圧および電流の少なくとも一方が低くなるようにすることで、培地 1 5 の活性度（有機物の分解量、微生物の活性度）を低減させることができる。

【 0 1 2 6 】

50

逆に、微生物燃料電池 10 の電圧値が所定の下限值よりも低い場合、改質制御部 61 は、改質用電源から改質用電極に供給される電圧および電流の少なくとも一方が高くなるようにしてもよい。すなわち、微生物燃料電池 10 の電圧値が所定の下限值よりも低い場合は、培地 15 における有機物の分解量が少なく、また微生物が不活性状態であると推定される。このような場合、改質制御部 61 は、改質用電源から改質用電極に供給される電圧および電流の少なくとも一方が高くなるようにすることで、培地 15 の活性度（有機物の分解量、微生物の活性度）を増加させることができる。

#### 【0127】

図 13、図 14 は、改質用電極の配置例を説明するための断面図である。図 13 に示すように、改質用電極 73\_1、74\_1 は改質用電源 71 に接続されている。改質用電極 73\_1、74\_1 は垂直方向に伸びるように、且つ植物 200 の根 201 を挟むように配置されている。改質用電極 73\_1、74\_1 のうちの一方はカソード、他方はアノードである。つまり、改質用電極 73\_1 がカソードの場合は、改質用電極 74\_1 がアノードである。また、改質用電極 73\_1 がアノードの場合は、改質用電極 74\_1 がカソードである。改質用電極 73\_1、74\_1 を構成する材料は、導電性の材料であれば特に限定されることはない。改質用電極 73\_1、74\_1 の形状は、例えば、板状、シート状、メッシュ状、棒状、線状である。なお、改質用電極のカソードとアノードを配置する位置は、改質したい領域をカソードとアノードとで挟み込んでいる位置であれば、特に限定されることはない。

10

#### 【0128】

図 13 では、改質用電極 73\_1、74\_1 の中央に根 201 が位置するように、改質用電極 73\_1、74\_1 を配置している例を示しているが、根 201 が改質用電極 74\_1 よりも改質用電極 73\_1 の近くになるようにしてもよく、逆に、根 201 が改質用電極 74\_1 よりも改質用電極 73\_1 の近くになるようにしてもよい。換言すると、根 201 の近くにアノードを配置してもよく、また根 201 の近くにカソードを配置してもよい。

20

#### 【0129】

また、図 14 に示すように、改質用電極 73\_2、74\_2 を水平方向に伸びるように配置してもよい。この場合は、一方の改質用電極 73\_2 を培地 15 の表面近くに配置し、他方の改質用電極 74\_2 を培地 15 の深い部分に配置する。図 14 においても、改質用電極 73\_2、74\_2 のうちの一方はカソード、他方はアノードである。つまり、改質用電極 73\_2 がカソードの場合は、改質用電極 74\_2 がアノードである。また、改質用電極 73\_2 がアノードの場合は、改質用電極 74\_2 がカソードである。

30

#### 【0130】

図 13、図 14 に示した構成例の場合は、改質用電極 73\_1、74\_1、73\_2、74\_2 に印加する電圧は直流であってもよく、また交流であってもよい。

#### 【0131】

図 15 は、改質用電極の配置例を説明するための断面図である。図 15 に示す構成では、各々の植木鉢 80\_1 ~ 80\_4 に充填されている土壤に改質用電極 83\_1 ~ 83\_4 を埋設している。各々の改質用電極 83\_1 ~ 83\_4 は、配線 82 を介して改質用電源 81 に接続されている。つまり、各々の改質用電極 83\_1 ~ 83\_4 には、改質用電源 81 から配線 82 を介して電源（電流・電圧）が供給される。図 15 に示す構成例では改質用電源 81 は交流電源であり、各々の植木鉢 80\_1 ~ 80\_4 に充填されている土壤はアースに接続されている。なお、図 15 に示す改質用電極 83\_1 ~ 83\_4 を構成する材料は、導電性の材料であれば特に限定されることはない。例えば、改質用電極 83\_1 ~ 83\_4 の形状は、板状、シート状、メッシュ状、棒状、線状である。

40

#### 【0132】

図 16 は、改質用電極の配置例を説明するための断面図である。図 16 に示す構成では、畑 90 に形成されている各々の畝 91\_1 ~ 91\_4 に改質用電極 92\_1 ~ 92\_4 が埋設されている。具体的には、改質用電極 92\_1 ~ 92\_4 は、各々の畝 91\_1 ~ 91\_4 が伸びる方向と改質用電極 92\_1 ~ 92\_4 が伸びる方向とが平行となるように、各々の

50

畝 9 1\_1 ~ 9 1\_4 の内部に埋設されている。各々の改質用電極 9 2\_1 ~ 9 2\_4 は、配線 8 2 を介して改質用電源 8 1 に接続されている。つまり、各々の改質用電極 9 2\_1 ~ 9 2\_4 には、改質用電源 8 1 から配線 8 2 を介して電源（電流・電圧）が供給される。図 1 6 に示す構成例では改質用電源 8 1 は交流電源である。なお、図 1 6 に示す改質用電極 9 2\_1 ~ 9 2\_4 を構成する材料は、導電性の材料であれば特に限定されることはない。例えば、改質用電極 9 2\_1 ~ 9 2\_4 の形状は、板状、シート状、メッシュ状、棒状、線状である。

#### 【 0 1 3 3 】

以上で説明したように、本実施の形態にかかる培地モニタリングシステム 5 では、解析部 2 1 における解析結果に応じて改質制御部 6 1 が改質部 6 2 を制御するように構成している。したがって、培地 1 5 の状態を精度よくモニタすると共に、培地 1 5 の状態に応じて培地 1 5 の状態を改質することができる。

#### 【 0 1 3 4 】

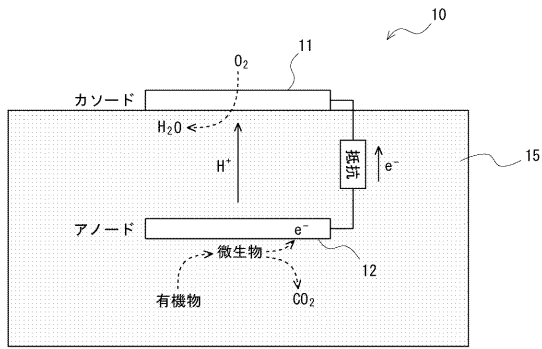
以上、本発明を上記実施形態に即して説明したが、本発明は上記実施の形態の構成にのみ限定されるものではなく、本願特許請求の範囲の請求項の発明の範囲内で当業者であればなし得る各種変形、修正、組み合わせを含むことは勿論である。

#### 【 符号の説明 】

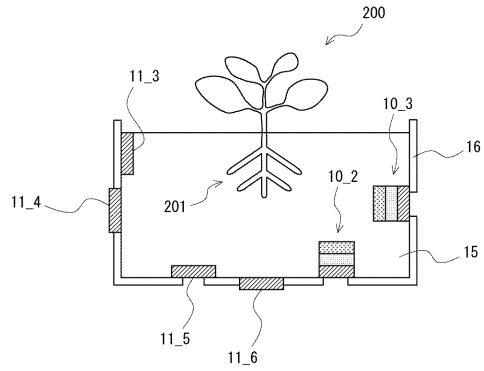
#### 【 0 1 3 5 】

1、2、3、4、5	培地モニタリングシステム	
10、10_1 ~ 10_3	微生物燃料電池	20
11、11_1 ~ 11_6	カソード	
12、12_1 ~ 12_4	アノード	
13	電解質	
14	空気取り入れ孔	
15	培地	
16	容器	
21	解析部	
22	表示部	
31	送信部	
32	蓄電部	30
33	受信部	
41	センサ	
51	供給制御部	
52	水供給部	
53	養液供給部	
61	改質制御部	
62	改質部	
71	改質用電源	
73_1、73_2、74_1、74_2	改質用電極	
80_1 ~ 80_4	植木鉢	40
81	改質用電源	
82	配線	
83_1 ~ 83_4	改質用電極	
90	畑	
91_1 ~ 91_4	畝	
92_1 ~ 92_4	改質用電極	
200	植物	
201	根	

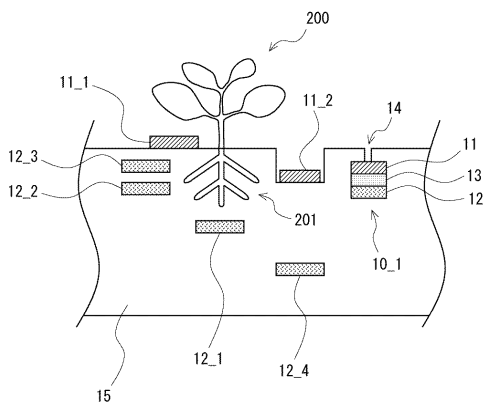
【図1】



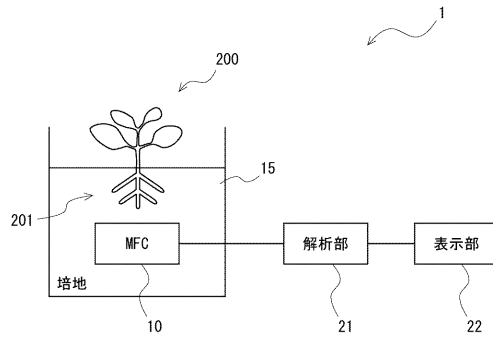
【図3】



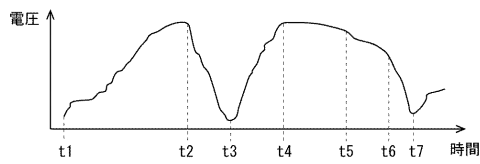
【図2】



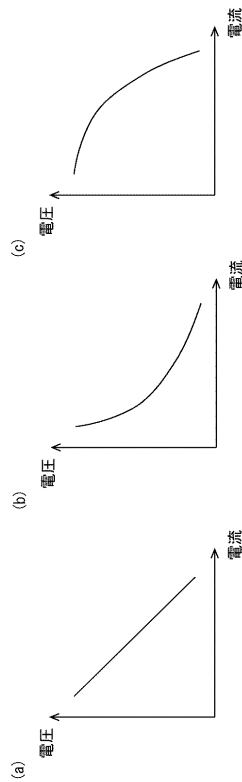
【図4】



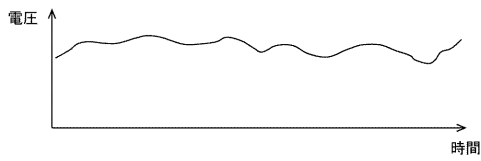
【図5】



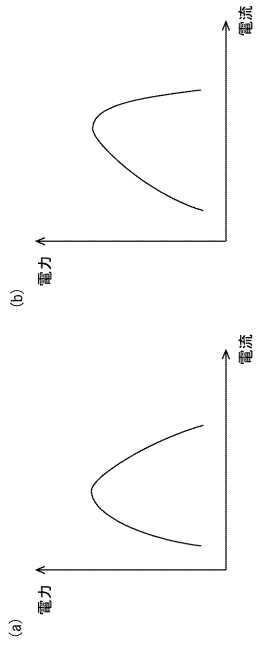
【図7】



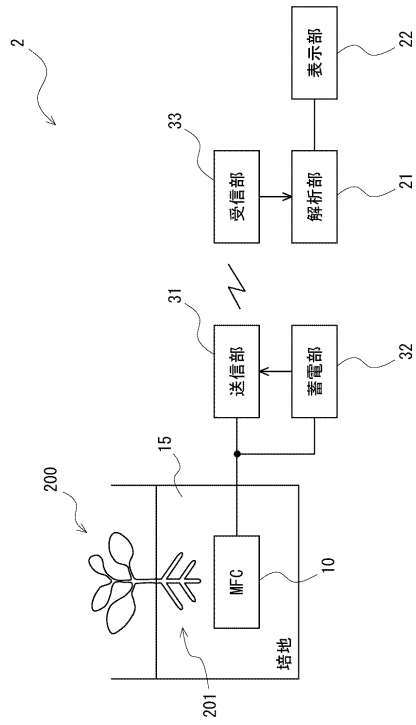
【図6】



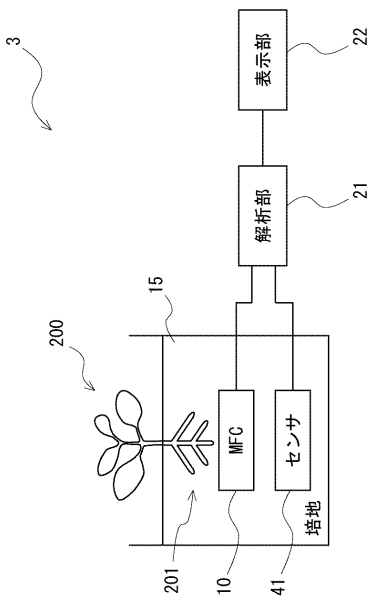
【 図 8 】



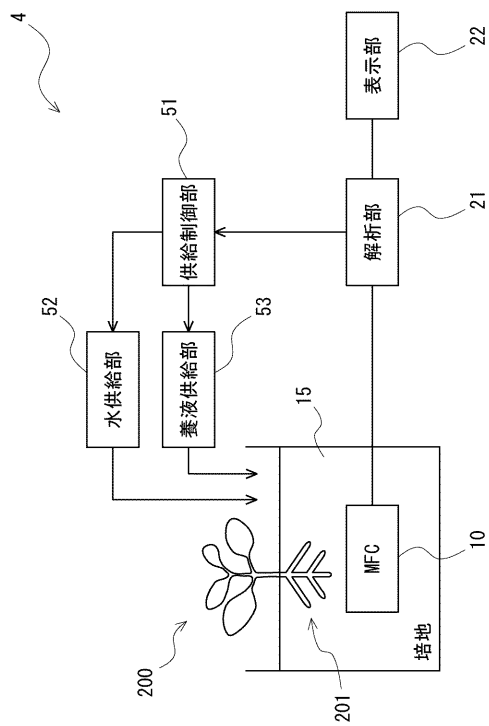
【 図 9 】



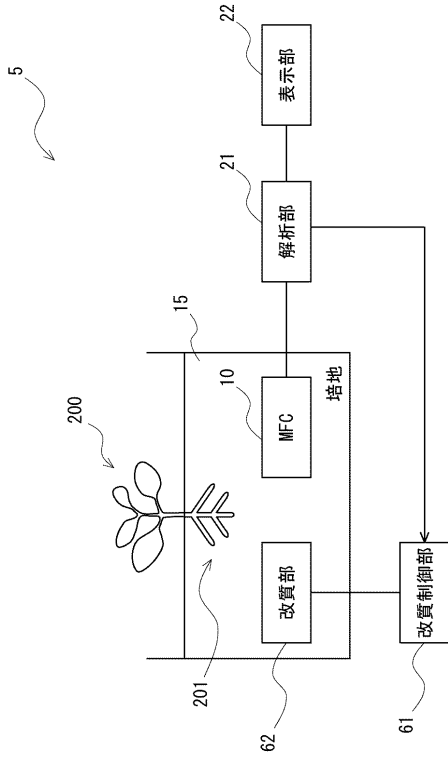
【 図 10 】



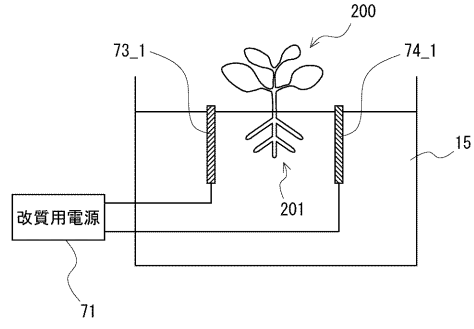
【 図 11 】



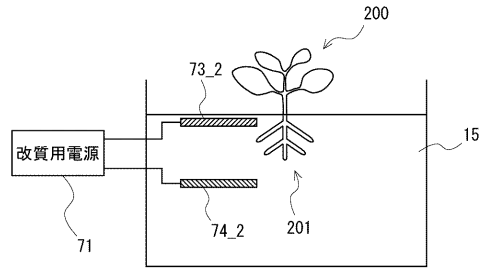
【 図 1 2 】



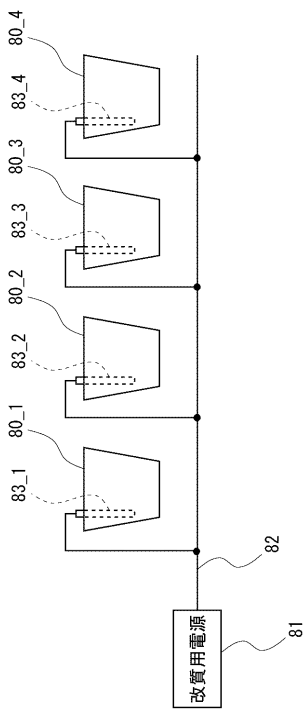
【 図 1 3 】



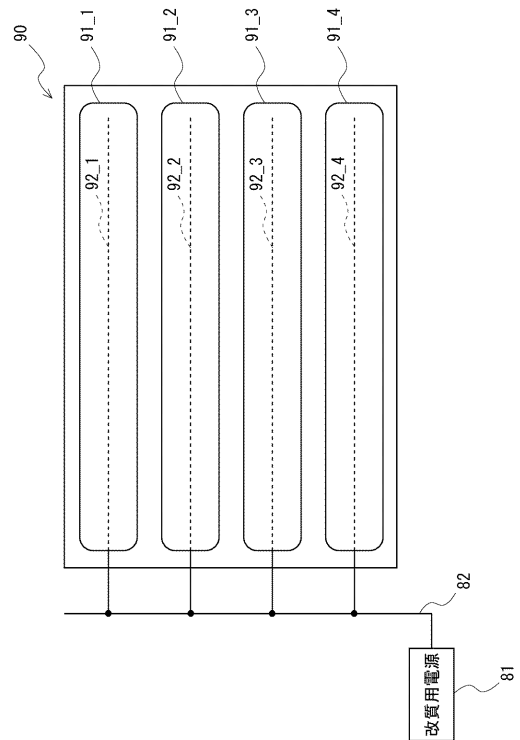
【 図 1 4 】



【 図 1 5 】



【 図 1 6 】



---

 フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I	テーマコード(参考)
<i>H 0 1 M 8/04537 (2016.01)</i>	H 0 1 M 8/04537	
<i>H 0 1 M 8/04746 (2016.01)</i>	H 0 1 M 8/04746	
<i>H 0 1 M 8/06 (2016.01)</i>	H 0 1 M 8/06	
<i>H 0 1 M 8/04858 (2016.01)</i>	H 0 1 M 8/04858	
<i>G 0 1 N 27/327 (2006.01)</i>	G 0 1 N 27/327	3 5 5
<i>G 0 1 N 27/26 (2006.01)</i>	G 0 1 N 27/26	3 6 1 Z
<i>C 1 2 Q 1/06 (2006.01)</i>	G 0 1 N 27/416	3 8 6 Z
	G 0 1 N 27/416	3 6 6 Z
	C 1 2 Q 1/06	

Fターム(参考) 5H127 AA00 AB29 BA01 BB02 BB14 DB53 DC45 DC99