

(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2010-245015

(P2010-245015A)

(43) 公開日 平成22年10月28日(2010.10.28)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 M 8/06 (2006.01)	HO 1 M 8/06 R	4 B O 2 9
HO 1 M 8/16 (2006.01)	HO 1 M 8/16	5 H O 2 7
HO 1 M 8/04 (2006.01)	HO 1 M 8/04 N	
C 1 2 M 1/40 (2006.01)	HO 1 M 8/04 P	
	C 1 2 M 1/40 Z	

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願2009-126873 (P2009-126873)  
 (22) 出願日 平成21年5月26日 (2009. 5. 26)  
 (31) 優先権主張番号 特願2008-182283 (P2008-182283)  
 (32) 優先日 平成20年7月14日 (2008. 7. 14)  
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)  
 (31) 優先権主張番号 特願2009-68040 (P2009-68040)  
 (32) 優先日 平成21年3月19日 (2009. 3. 19)  
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 000002185  
 ソニー株式会社  
 東京都港区港南1丁目7番1号  
 (74) 代理人 100112874  
 弁理士 渡邊 薫  
 (72) 発明者 三田 洋樹  
 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株  
 式会社内  
 (72) 発明者 戸木田 裕一  
 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株  
 式会社内  
 (72) 発明者 酒井 秀樹  
 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株  
 式会社内

最終頁に続く

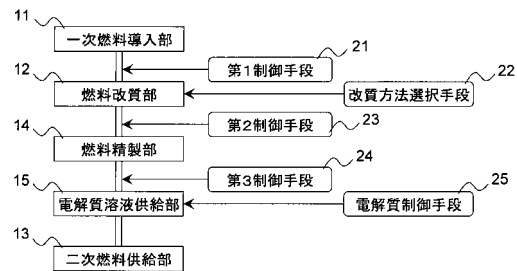
(54) 【発明の名称】 酵素を用いた燃料電池用の燃料改質器、及び該燃料改質器を用いた発電装置

(57) 【要約】

【課題】 飲食物や生ゴミなどの安全性の高い身近なものをバイオ燃料電池の燃料として用いた場合であっても、実際に発電することを可能とする技術を提供すること。

【解決手段】 本発明では、酵素を触媒として酸化還元反応が進行することにより起電する燃料電池に用いられ、一次燃料を導入するための一次燃料導入部と、該一次燃料導入部と連通し、前記一次燃料を、前記酵素を触媒とした酸化還元反応により電子を放出し得る二次燃料に改質させる燃料改質部と、該燃料改質部と連通し、前記二次燃料を前記燃料電池へ供給するための二次燃料供給部と、を少なくとも備える燃料改質器を提供する。

【選択図】 図 1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

酵素を触媒として酸化還元反応が進行することにより起電する燃料電池に用いられ、一次燃料を導入するための一次燃料導入部と、  
該一次燃料導入部と連通し、前記一次燃料を、前記酵素を触媒とした酸化還元反応により電子を放出し得る二次燃料に改質させる燃料改質部と、  
該燃料改質部と連通し、前記二次燃料を前記燃料電池へ供給するための二次燃料供給部と、  
を少なくとも備える燃料改質器。

**【請求項 2】**

前記燃料改質部と前記二次燃料供給部との間には、前記二次燃料を精製するための燃料精製部が備えられた請求項 1 記載の燃料改質器。

**【請求項 3】**

前記燃料精製部には、フィルターが設けられた請求項 2 記載の燃料改質器。

**【請求項 4】**

前記燃料精製部には、加熱手段が設けられた請求項 2 又は 3 に記載の燃料改質器。

**【請求項 5】**

前記精製部には、イオン交換樹脂層が設けられた請求項 2 から 4 のいずれか一項に記載の燃料改質器。

**【請求項 6】**

前記一次燃料導入部に導入された一次燃料の状態に基づいて、前記燃料改質部への一次燃料の導入を制御するための第 1 制御手段が設けられた請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の燃料改質器。

**【請求項 7】**

前記燃料改質部に導入された一次燃料の状態に基づいて、前記燃料改質部における燃料改質方法を選択する改質方法選択手段が設けられた請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の燃料改質器。

**【請求項 8】**

前記燃料改質部において改質された二次燃料の状態に基づいて、前記燃料改質部からの二次燃料の送出を制御するための第 2 制御手段が設けられた請求項 1 から 7 のいずれか一項に記載の燃料改質器。

**【請求項 9】**

前記燃料精製部において精製された二次燃料の状態に基づいて、前記燃料精製部からの二次燃料の送出を制御するための第 3 制御手段が設けられた請求項 2 から 8 のいずれか一項に記載の燃料改質器。

**【請求項 10】**

前記燃料精製部と前記二次燃料供給部との間には、電解質溶液を供給するための電解質溶液供給部が備えられた請求項 2 から 9 のいずれか一項に記載の燃料改質器。

**【請求項 11】**

前記燃料精製部において精製された二次燃料の状態に基づいて、前記電解質溶液供給部からの電解質供給量を制御するための電解質制御手段が設けられた請求項 10 記載の燃料改質器。

**【請求項 12】**

一次燃料を導入するための一次燃料導入部と、  
該一次燃料導入部と連通し、前記一次燃料を、酵素を触媒とした酸化還元反応により電子を放出し得る二次燃料に改質させる燃料改質部と、  
該燃料改質部と連通し、前記二次燃料を電池へ供給するための二次燃料供給部と、  
が少なくとも備えられた燃料改質器と、  
前記燃料供給部から供給された二次燃料を貯蔵する燃料タンク部と、  
該燃料タンク部と連通したアノードと、

10

20

30

40

50

該アノードとプロトン伝導可能な状態で接続されたカソードと、  
が少なくとも備えられ、前記酵素を触媒として酸化還元反応が進行することにより起電  
する燃料電池部と、  
からなる発電装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、燃料電池用の燃料改質器に関する。より詳しくは、酵素を触媒として酸化還元反応が進行することにより起電する燃料電池用の燃料改質器、及び該燃料改質器を用いた発電装置に関する。

10

【背景技術】

【0002】

近年、アノード又はカソードの少なくとも一方の電極上に触媒として酸化還元酵素を固定した燃料電池（以下、「バイオ燃料電池」という。）が、例えばグルコース及びエタノールのように通常の工業触媒では反応が困難な燃料から、効率よく電子を取り出すことができるため、高容量でかつ安全性が高い次世代の燃料電池として注目されている。

【0003】

図12を用いて、一般的なバイオ燃料電池の反応スキームを説明する。図12に示すグルコースを燃料とするバイオ燃料電池においては、アノードでグルコース（Glucose）の酸化反応が進行し、カソードで大気中の酸素（ $O_2$ ）の還元反応が進行する。

20

【0004】

電子の流れを詳しく説明すると、アノードでは、グルコース（Glucose）、グルコース脱水素酵素（Glucose Dehydrogenase）、ニコチンアミドアデニンジヌクレオチド（ $NAD^+$ ; Nicotinamide Adenine Dinucleotide）、ジアホラーゼ（Diaphorase）、電子伝達メディエータ、電極（カーボン）の順に電子が受け渡される。

【0005】

一方、カソードでは、負極から放出された電子が、電極（カーボン）、電子伝達メディエータ、ピリルビンオキシダーゼ（ $BOD$ ）の順に受け渡され、該電子と外部から供給される酸素を用いて還元反応が進行することにより電気エネルギーを発生させる。

【0006】

このようなバイオ燃料電池は、安全性が高い燃料電池をして注目されており、用いる燃料もグルコースに限らず種々の燃料を用いた、様々な工夫を凝らしたバイオ燃料電池が開発されつつある。

30

【0007】

例えば、特許文献1には、メタノール、エタノール、プロパノール、グリセリン、ポリビニルアルコール等のアルコールや、ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド等のアルデヒド等を燃料として用いることができ、酸化還元酵素の補欠分子族として、ピロロキノリンキノン（ $PQQ$ ）を、電子メディエータとして、ピピリジルアミン又はピピリジルアミン誘導体（ $R_a \sim R_i$ はHまたは置換基）からなる二座配位子が少なくとも1つオスミウムに配位したオスミウム錯体を備えた酵素電極を用いることにより、高い電圧と高電流密度を得ることができる燃料電池が開示されている。

40

【0008】

また、特許文献2にも、グルコース等の単糖類や、メタノール、エタノール等のアルコール類等を燃料と用いることができ、酵素電極として、特定の基質を酸化する基質脱水素酵素および該基質脱水素酵素を酸化して電極への電子伝達を補助する電子メディエータが、前記電子メディエータを下層として前記電極上にそれぞれ層状に積層固定される構造としたことで、簡素な電極構造を有しながら、安定した酵素固定能力と高い基質反応性とを兼ね備える酵素電極が開示されている。

【0009】

ところで、バイオ燃料電池は、グルコース溶液等の人体にとって安全性の高いものを燃

50

料に用いることができるため、理論的には、糖類、脂肪、タンパク質等を含む飲食可能なものや、生ゴミなどの廃棄物等を燃料として用いて、発電を行うことが可能である。

【0010】

しかし、実際には、飲食物や生ゴミなど、そのままの形態では酸化還元反応による電子取り出しが不可能であったり、酵素阻害を引き起こす物質や、溶液のpHや塩濃度を変化させてしまうような不純物が存在することにより、著しくセル性能が損なわれてしまったりすることがある。そのため、糖類、脂肪、タンパク質等を含む飲食可能なものや、生ゴミなどの廃棄物等を燃料として用いて発電を行うには、まだまだ技術的に開発すべき問題が残されているのが現状である。

【先行技術文献】

10

【特許文献】

【0011】

【特許文献1】特開2008-59800号公報。

【特許文献2】特開2007-225305号公報。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

バイオ燃料電池は、理論的には安全性の高い身近なものを燃料として用いることができる電池であるものの、前記の通り現実的には難しいのが実情であり、実際にはバイオ燃料電池用の燃料カートリッジ等を用意する必要があり煩雑であった。

20

【0013】

そこで、本発明では、飲食物や生ゴミなどの安全性の高い身近なものをバイオ燃料電池の燃料として用いた場合であっても、実際に発電することを可能とする技術を提供することを主目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0014】

本発明では、まず、酵素を触媒として酸化還元反応が進行することにより起電する燃料電池に用いられ、

一次燃料を導入するための一次燃料導入部と、

該一次燃料導入部と連通し、前記一次燃料を、前記酵素を触媒とした酸化還元反応により電子を放出し得る二次燃料に改質させる燃料改質部と、

30

該燃料改質部と連通し、前記二次燃料を前記燃料電池へ供給するための二次燃料供給部と、

を少なくとも備える燃料改質器を提供する。

本発明に係る燃料改質器には、前記燃料改質部と前記二次燃料供給部との間に、前記二次燃料を精製するための燃料精製部を備えることも可能である。

該燃料精製部は、前記二次燃料の精製ができればその構成は特に限定されないが、例えば、フィルターを設けて二次燃料中の不溶成分を除去することにより、二次燃料を精製することができる。

また、精製前の前記二次燃料中に含有される高分子成分等を凝集させて除去するために、前記燃料精製部に、加熱手段を設けることも可能である。

40

更に、精製前の前記二次燃料中に含有される塩等を除去し、燃料のイオン強度をコントロールするために、前記精製部には、イオン交換樹脂層を設けることも可能である。

本発明に係る燃料改質器には、前記一次燃料導入部に導入された一次燃料の状態に基づいて、前記燃料改質部への一次燃料の導入を制御するための第1制御手段を設けておくことが好ましい。改質不能なものを排除するためである。

また、前記燃料改質部に導入された一次燃料の状態に基づいて、前記燃料改質部における燃料改質方法を選択する改質方法選択手段を設けておけば、本発明に係る燃料改質器を、複数の種類の一次燃料に対応できるマルチ的に使用可能な改質器とすることができる。

本発明に係る燃料改質器には、また、前記燃料改質部において改質された二次燃料の状

50

態に基づいて、前記燃料改質部からの二次燃料の送出を制御するための第2制御手段を設けておくことが好ましい。改質後の二次燃料が、前記燃料電池の燃料として使用不能な場合に、電池への供給を防ぐためである。

本発明に係る燃料改質器には、更に、前記燃料精製部において精製された二次燃料の状態に基づいて、前記燃料精製部からの二次燃料の送出を制御するための第3制御手段を設けることが好ましい。精製後の二次燃料が、前記燃料電池の燃料として使用不能な場合に、電池への供給を防ぐためである。

本発明に係る燃料改質器には、前記燃料精製部と前記二次燃料供給部との間に、電解質溶液を供給するための電解質溶液供給部を備えることができる。前記燃料電池に適した理想的な燃料に調整するためである。

この場合、前記燃料精製部において精製された二次燃料の状態に基づいて、前記電解質溶液供給部からの電解質供給量を制御するための電解質制御手段を設けることが好ましい。

#### 【0015】

本発明では、次に、一次燃料を導入するための一次燃料導入部と、  
 該一次燃料導入部と連通し、前記一次燃料を、酵素を触媒とした酸化還元反応により電子を放出し得る二次燃料に改質させる燃料改質部と、  
 該燃料改質部と連通し、前記二次燃料を電池へ供給するための二次燃料供給部と、  
 が少なくとも備えられた燃料改質器と、  
 前記燃料供給部から供給された二次燃料を貯蔵する燃料タンク部と、  
 該燃料タンク部と連通したアノードと、  
 該アノードとプロトン伝導可能な状態で接続されたカソードと、  
 が少なくとも備えられ、前記酵素を触媒として酸化還元反応が進行することにより起電する燃料電池部と、  
 からなる発電装置を提供する。

#### 【0016】

ここで本発明で用いる技術用語を説明する。

#### 【0017】

本発明で用いる「一次燃料」とは、目的の燃料電池に用いられる酵素を用いた場合に、酸化還元反応が進行しない物質を含む燃料、又は酸化還元反応は進行するが電子放出が不能な物質を含む燃料を意味する。

#### 【0018】

本発明で用いる「二次燃料」とは、目的の燃料電池に用いられる酵素を触媒とした酸化還元反応により電子を放出し得る物質を含む燃料を意味する。

#### 【発明の効果】

#### 【0019】

本発明に係る燃料改質器を用いれば、飲食物や生ゴミなどの安全性の高い身近なものをバイオ燃料電池の燃料として用いて、実際に発電することが可能である。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0020】

【図1】本発明に係る燃料改質器1の構成を示す概念図である。

【図2】本発明に係る燃料改質器1の燃料精製部14の一実施形態を示す模式図である。

【図3】本発明に係る燃料改質器1の燃料精製部14の図2とは異なる実施形態を示す模式図である。

【図4】本発明に係る燃料改質器1の燃料精製部14の図2及び図3とは異なる実施形態を示す模式図である。

【図5】本発明に係る燃料改質器1の燃料精製部14の図2から4とは異なる実施形態を示す模式図である。

【図6】本発明に係る燃料改質器1の一実施形態を示す模式図である。

【図7】本発明に係る燃料改質器1の図6とは異なる実施形態を示す模式図である。

10

20

30

40

50

【図 8】本発明に係る発電装置 100 の一実施形態を示す模式図である。

【図 9】本発明に係る発電装置 100 における燃料電池部 10 の一実施形態を示す模式図である。

【図 10】実施例 1 におけるセルラーゼ処理時間と電流値変化との関係を示す図面代用グラフである。

【図 11】セルロースからグルコースへの分解（改質）の概要を示す概念図である。

【図 12】一般的なバイオ燃料電池の反応スキームを示す概念図である。

【発明を実施するための形態】

【0021】

以下、本発明を実施するための好適な形態について説明する。なお、以下に説明する実施形態は、本発明の代表的な実施形態の一例を示したものであり、これにより本発明の範囲が狭く解釈されることはない。

10

【0022】

< 燃料改質器 >

図 1 は、本発明に係る燃料改質器 1 の構成を示す概念図である。本発明に係る燃料改質器 1 は、大別すると、一次燃料導入部 11 と、燃料改質部 12 と、二次燃料供給部 13 と、を少なくとも備えている。また、必要に応じて、燃料精製部 14 と、電解質溶液供給部 15 と、各種制御手段と、を備えることも可能である。以下、それぞれの構成、機能、効果等を説明する。

【0023】

20

(1) 一次燃料導入部 11

一次燃料導入部 11 は、本発明に係る燃料改質器 1 に燃料を導入するために用いる。一次燃料導入部 11 は、一次燃料を本発明に係る燃料改質器 1 に導入できれば、その形態は特に限定されず、自由に設計することができる。例えば、加圧注入、負圧注入、接触吸水、毛細管現象などの原理を用いて、一次燃料を本発明に係る燃料改質器 1 に導入することが可能である。

【0024】

また、用いる燃料の種類に応じて、一次燃料導入部 11 を構造的に工夫することも可能である。例えば、一次燃料導入部 11 に突起構造（針、剣山など）を設けて、固体燃料に刺衝することにより、燃料導入を行う構成などが挙げられる。また、一次燃料導入部 11 に、ポンプやバルブを用いて、比較的、粘度の高い燃料の導入も可能となるように工夫することもできる。また、例えば、紙などを一次燃料として用いる場合には、一次燃料導入部 11 にシュレッダー機能を設けるなどの工夫をすることもできる。

30

【0025】

本発明に係る燃料改質器 1 が改質し得る一次燃料は、酵素、酸若しくはアルカリ、微生物、加熱等により、目的の燃料電池に用いられる酵素を触媒とした酸化還元反応により電子を放出し得る物質に分解等できる燃料であれば、特に限定されない。例えば、ジュース、スポーツ飲料、砂糖水、アルコール類などの飲料、化粧水などの化粧料等を用いることができる。即ち、本発明に係る燃料改質器 1 を用いれば、日常生活において摂取する飲食料や化粧料等を、酵素を触媒として酸化還元反応が進行することにより起電する燃料電池（以下「バイオ燃料電池」と称する。）の燃料に改質することができる。

40

【0026】

特に、糖質、タンパク質、糖たんぱく質、脂肪酸等を含むものを一次燃料として用いることが望ましい。これらを分解して、単糖類、アミノ酸、脂肪酸等に改質することにより、バイオ燃料電池の燃料として好適に用いることができるからである。なお、本発明に係る燃料改質器 1 は、液体に限らず、廃木材、廃紙、生ゴミ等の固形物質を一次燃料として用いた場合にも、バイオ燃料電池の燃料として適した燃料に改質することができる。このような固形物質（特に廃木材、廃紙など）は、これまでは、分解酵素などを用いた場合であっても、十分な反応速度が得られずバイオ燃料電池の燃料として用いることは不可能であった。しかし、本願発明では、後述する様々な燃料改質を行うことで、固形物質（特に

50

廃木材、廃紙など)であっても、バイオ燃料電池の燃料として用いることに成功した。

【0027】

燃料として使用可能なもの、逆に使用不可能なものに関する情報は、例えば、用いる発電装置や電子機器またはそのパッケージに記載したり、飲食物のパッケージに記載したりすることで、使用者に注意を促すことができる。また、燃料として使用不可能なものを収容する容器と、本発明に係る燃料改質器1とを接続不可能に構成することで、使用不可能な燃料を誤って使用することを防止することも可能である。

【0028】

(2)燃料改質部12

燃料改質部12では、一次燃料導入部11と連通し、一次燃料を、目的の燃料電池に用いられる酵素を触媒とした酸化還元反応により、電子を放出し得る二次燃料へ改質する。燃料改質部12における改質方法は、用いる一次燃料の種類によって、自由に選択することができる。例えば、酵素、酸若しくはアルカリ、微生物等を用いた化学的、生物的な方法、加熱、加圧等を行う物理的な方法等、1種又は2種以上組み合わせ用いることができる。

10

【0029】

以下、一次燃料として(a)セルロース、(b)デンプン、(c)キチン・キトサン類、(d)ムコ多糖類(ヒアルロン酸、コンドロイチン等)、(e)二糖類(マルトース、オクタメチルマルトース、セロビオース、イソマルトース、ラクトース、スクロース等)、(f)タンパク質、(g)脂質、を用いた場合の改質方法の具体例をそれぞれ説明する。

20

【0030】

(a)セルロース

[酵素を用いた分解]

一次燃料として用いるセルロースの種類に応じて、各種セルロースに適したセルラーゼを単独、あるいは複数用いて分解することにより、二次燃料である単糖類(グルコース)へ改質する方法である。用いるセルラーゼとしては、例えば、エンドグルカナーゼ類、セルビオドロラーゼ類、ヘミセルラーゼ類などを挙げることができる。

【0031】

[希硫酸二段糖化]

希硫酸二段糖化法とは、酸糖化法の一つであり、希硫酸を用いてヘミセルロース分を糖化した後、糖化液と残ったセルロース分の固体とを分け、セルロース分はさらに条件を変えて希硫酸で糖化する方法である。この方法を用いて、一次燃料であるセルロースを二次燃料である単糖類(グルコース)へ改質する。なお、セルロース分の糖化に酵素を用いることも可能である。

30

【0032】

[超臨界流体又は亜臨界流体を用いた方法]

一次燃料であるセルロースを、水と二酸化炭素の超臨界流体又は亜臨界流体中において、加水分解することにより、二次燃料である単糖類(グルコース)へ改質する方法である。

40

【0033】

[加圧熱水溶媒を用いた分解]

一次燃料であるセルロースを、必要に応じて酸化剤等の存在下において、加圧熱水溶媒を用いて加水分解することにより、二次燃料である単糖類(グルコース)へ改質する方法である。

【0034】

[固体酸化物触媒を用いた分解]

一次燃料であるセルロースを、活性炭などの固体酸化物触媒を用いて加水分解することにより、二次燃料である単糖類(グルコース)へ改質する方法である。

【0035】

50

[セルロース分解菌を用いた分解]

一次燃料であるセルロースを、木材腐朽菌などのセルロース分解菌を用いて加水分解して糖化することにより、二次燃料である単糖類（グルコース）へ改質する方法である。

【0036】

(b) デンプン

[酵素を用いた分解]

一次燃料として用いるデンプンの種類に応じて、各種デンプンに適した分解酵素を単独、あるいは複数用いて分解することにより、二次燃料である単糖類（グルコース）へ改質する方法である。用いる分解酵素としては、例えば、 $\alpha$ -アミラーゼ類、 $\beta$ -アミラーゼ類、グリコシダーゼ類などを挙げることができる。

10

【0037】

[希硫酸糖化]

一次燃料であるデンプン水溶液に希硫酸を加えて加熱することにより、デンプンからデキストリン・マルトースを経て、二次燃料である単糖類（グルコース）へ改質する方法である。

【0038】

[デンプン分解菌を用いた分解]

一次燃料であるデンプンを、デンプン分解性乳酸菌やデンプン分解性セレウス菌などのデンプン分解能を持つ微生物を用いて糖化することにより、二次燃料である単糖類（グルコース）へ改質する方法である。

20

【0039】

(c) キチン・キトサン類

[酵素を用いた分解]

一次燃料として用いるキチン・キトサンの種類に応じて、各種キチン・各種キトサンに適した分解酵素を単独、あるいは複数用いて分解することにより、二次燃料である単糖類（N-アセチルグルコサミン、グルコサミン等）へ改質する方法である。用いる分解酵素としては、例えば、キチナーゼ類、キトサナーゼ類などを挙げることができる。

【0040】

[硫酸加水分解]

一次燃料であるキチン・キトサン類を、硫酸を用いて加水分解することにより、二次燃料である単糖類（N-アセチルグルコサミン、グルコサミン等）へ改質する方法である。なお、本分解では、2段階の硫酸加水分解処理を行うことも可能である。

30

【0041】

[キチン・キトサン分解菌を用いた分解]

一次燃料であるキチン・キトサン類を、ピプリオ属菌のようなキチン・キトサン分解能を持つ微生物を用いて、二次燃料である単糖類（N-アセチルグルコサミン、グルコサミン等）へ改質する方法である。

【0042】

(d) ムコ多糖類（ヒアルロン酸、コンドロイチン等）

[酵素を用いた分解]

一次燃料として用いるムコ多糖類（ヒアルロン酸、コンドロイチン等）の種類に応じて、各種ムコ多糖類に適した分解酵素を単独、あるいは複数用いて分解することにより、二次燃料である単糖類（グルクロン酸、N-アセチルグルコサミン等）へ改質する方法である。用いる分解酵素としては、例えば、ヒアルロン酸の場合、ヒアルロニダーゼ類などを挙げることができる。

40

【0043】

[加水分解法]

弱酸、弱塩基下で容易に加水分解可能なムコ多糖類の性質を利用して、一次燃料であるムコ多糖類を、弱酸又は弱塩基を用いて加水分解することにより、二次燃料である単糖類（グルクロン酸、N-アセチルグルコサミン等）へ改質する方法である。

50



## 【 0 0 4 4 】

## [ ムコ多糖類分解菌を用いた分解 ]

一次燃料であるムコ多糖類を、ムコ多糖類分解能を持つ微生物を用いて、二次燃料である単糖類（グルクロン酸、N - アセチルグルコサミン等）へ改質する方法である。

## 【 0 0 4 5 】

（ e ）二糖類（マルトース、オクタメチルマルトース、セロビオース、イソマルトース、ラクトース、スクロース等）

## [ 酵素を用いた分解 ]

一次燃料として用いる二糖類（マルトース、オクタメチルマルトース、セロビオース、イソマルトース、ラクトース、スクロース等）の種類に応じて、各種二糖類に適した分解酵素を単独、あるいは複数用いて分解することにより、二次燃料である単糖類（グルコース、フルクトース等）へ改質する方法である。用いる分解酵素としては、例えば、ラクトースの場合、ラクターゼ類、スクロースの場合、スクラーゼ類、マルトースの場合、マルターゼ類などを挙げることができる。

10

## 【 0 0 4 6 】

## [ 二糖類分解菌を用いた分解 ]

一次燃料である二糖類を、二糖類分解能を持つ微生物を用いて、二次燃料である単糖類（グルコース、フルクトース等）へ改質する方法である。

## 【 0 0 4 7 】

（ f ）タンパク質

## [ 酵素を用いた分解 ]

一次燃料として用いるタンパク質の種類に応じて、各種タンパク質に適した分解酵素を単独、あるいは複数用いて分解することにより、二次燃料であるアミノ酸類へ改質する方法である。用いる分解酵素としては、例えば、キモトリプシン(chymotrypsin)、スブチリシン(subtilisin)、ペプシン、カテプシンD(cathepsinD)、H I Vプロテアーゼ、サーモリシン(thermolysin)、パパイン、カスパーゼなどを挙げることができる。

20

## 【 0 0 4 8 】

（ g ）脂質

## [ 酵素を用いた分解 ]

一次燃料として用いる脂質の種類に応じて、各種脂質に適した分解酵素を単独、あるいは複数用いて分解することにより、二次燃料であるグリセロールと脂肪酸へ改質する方法である。用いる分解酵素としては、例えば、リパーゼ類などを挙げることができる。

30

## 【 0 0 4 9 】

（ 3 ）二次燃料供給部 1 3

二次燃料供給部 1 3 は、燃料改質部 1 2 と連通し、燃料改質部 1 2 において改質された二次燃料をバイオ燃料電池へ供給するために用いる。燃料供給部 1 3 は、二次燃料をバイオ燃料電池に導入できれば、その形態は特に限定されず、自由に設計することが可能である。例えば、加圧注入、負圧注入、接触吸水、毛細管現象などの原理を用いて、二次燃料をバイオ燃料電池に供給することが可能である。

## 【 0 0 5 0 】

（ 4 ）燃料精製部 1 4

燃料精製部 1 4 では、燃料改質部 1 2 において改質された二次燃料を精製する。本発明に係る燃料改質器 1 では、前記の通り、様々な一次燃料を、バイオ燃料電池の燃料として用いることができる二次燃料に改質することが可能であるが、二次燃料中に、バイオ燃料電池における酵素反応を阻害する物質が含有されていたり、溶液の pH や塩濃度を変化させてしまうような不純物等が存在したりする場合がある。これらの酵素反応阻害物質や不純物等が存在すると、バイオ燃料電池における酵素電極では、酵素活性の低下、酵素の失活、酵素固定化膜の不安定化、酵素固定化膜の破壊、などを引き起こすことがあり、その結果、発電がスムーズに進まないといった問題が生じる場合がある。

40

## 【 0 0 5 1 】

50

そこで、本発明に係る燃料改質器 1 には、燃料精製部 1 4 を設けて、改質後の二次燃料を精製することが可能である。燃料精製部 1 4 で行う二次燃料の精製方法は特に限定されず、二次燃料やこれに含有される酵素反応阻害物質や不純物の種類に応じて、自由に選択して用いることができる。例えば、フィルターを用いる方法、加熱する方法、イオン交換樹脂層を用いる方法、ゲル濾過カラムを用いる方法、など 1 種又は 2 種以上の方法を自由に組み合わせて行うことが可能である。以下、それぞれの方法を説明する。

【 0 0 5 2 】

( a ) フィルター 1 4 1

フィルター 1 4 1 を用いることで、二次燃料中に存在する不溶成分を除去することができる。その結果、酵素電極へのダメージを軽減することができる。本発明に係る燃料改質器 1 の燃料精製部 1 4 に用いることができるフィルター 1 4 1 の種類は特に限定されず、公知のフィルターを 1 種又は 2 種以上自由に選択して用いることができる。例えば、ポリカーボネート、ポリプロピレン、セルロース混合エステル、ポリビニリデンフロライド、フッ素樹脂 ( P T F E )、ナイロン、ニトロセルロース、グラスファイバー、ポリエーテルスルホン、ポリ塩化ビニル ( P V C )、などが挙げられる。これらは、同一又は異なる種類のフィルター 1 4 1 を積層して用いることも可能である。

10

【 0 0 5 3 】

( b ) 加熱手段 1 4 2

二次燃料を加熱することにより、溶液中に溶解している酵素反応阻害を引き起こすタンパク質類などの高分子成分等を凝集させることができる。加熱手段 1 4 2 は、図 2 に示すように、前記フィルター 1 4 1 を組み合わせて用いることにより、例えば、加熱手段 1 4 2 により加熱し凝集させた高分子成分等を、フィルター 1 4 1 を用いて除去することで、より確実に高分子成分等を除去することができる。

20

【 0 0 5 4 】

高分子成分等を除去する方法は、前記フィルター 1 4 1 を用いる方法に限らず、例えば、図 3 に示すように、加熱を行う部分の側壁の表面 S 等を、高分子成分等が吸着するように表面処理を施すことで、加熱手段 1 4 1 により凝集した高分子成分等を吸着することも可能である。この場合、加熱を行いながら攪拌すると、より確実に高分子成分等を吸着することができる。

【 0 0 5 5 】

このように、加熱手段 1 4 2 を用いて高分子成分等を除去することにより、バイオ燃料電池の酵素電極における酵素反応阻害や酵素電極へのダメージを軽減し、その結果、効率的な発電が可能となる。

30

【 0 0 5 6 】

なお、加熱手段 1 4 2 における加熱温度は、除去する目的の高分子成分等に応じて、自由に設定することができるが、例えば、タンパク質の場合、40 ~ 60 が好ましい。

【 0 0 5 7 】

( c ) イオン交換樹脂層 1 4 3

燃料精製部 1 4 に、カチオン又はアニオンを吸着するイオン交換樹脂を層状に配置することで、二次燃料溶液中の塩を除去することができる。イオン強度が不安定であると、バイオ燃料電池の酵素電極における酵素固定化膜が破壊される恐れがあるが、燃料精製部 1 4 にイオン交換樹脂層 1 4 3 を設けることにより、二次燃料溶液中の塩を除去して二次燃料のイオン強度をコントロールすることができるため、酵素電極へのダメージを軽減することができる。

40

【 0 0 5 8 】

イオン交換樹脂層 1 4 3 の具体的な構成は特に限定されず、除去する塩の種類等に応じて、自由に設計することができる。例えば、図 4 に示すように、カチオン性イオン交換樹脂層 1 4 3 1 と、アニオン性イオン交換樹脂層 1 4 3 2 と、を交互に積層させて多層構造のイオン交換樹脂層 1 4 3 を形成することも可能である。

【 0 0 5 9 】

50

また、イオン交換樹脂層 143 は、前記フィルター 141 や前記加熱手段 142 と組み合わせて用いることも可能である。例えば、図 5 に示すように、二次燃料を加熱手段 142 を用いて加熱することにより二次燃料中の高分子成分等を凝集させ、次に、フィルター 141 を用いて凝集した高分子成分や不溶成分を除去し、次に、イオン交換樹脂層 143 を用いて二次燃料中の塩を除去するように、段階的に二次燃料を精製することも可能である。

【0060】

なお、イオン交換樹脂層 143 に使用するイオン交換樹脂の種類は特に限定されず、公知のものを自由に採用して用いることができる。例えば、スチレン-ジビニルベンゼン共重合体をスルホン化したもの、アルキルアンモニウム化したもの、などを挙げることができる。

10

【0061】

(d) ゲル濾過カラム 144

燃料精製部 14 に、図示しないが、ゲル濾過カラム 144 を配置することで、二次燃料溶液中の低分子成分をゲル濾過カラム 144 内に捕獲し、二次燃料から除去することができる。ゲル濾過カラム 144 は、図示しないが、前記フィルター 141、前記加熱手段 142、及びイオン交換樹脂層 143 と組み合わせて用いることも可能である。

【0062】

なお、燃料精製部 14 に用いることができるゲル濾過カラムの種類は特に限定されず、公知のものを自由に採用して用いることができる。例えば、シリカゲル、置換シリカゲル、ポリヒドロキシメタクリレート、などを使用したゲル濾過カラムを挙げることができる。

20

【0063】

(5) 電解質溶液供給部 15

本発明に係る燃料改質器 1 には、前記燃料精製部 14 において精製された二次燃料が、より理想的なバイオ燃料電池の燃料となるように、二次燃料に電解質溶液を供給する電解質溶液供給部 15 を設けることができる。精製された二次燃料に電解質溶液を供給して調整することで、調整した二次燃料を用いるバイオ燃料電池は、理想的な発電性能を発揮することができる。

【0064】

電解質溶液供給部 15 で供給する電解質溶液の種類は特に限定されず、供給する二次燃料の種類に応じて自由に選択して用いることができる。例えば、リン酸二水素ナトリウム ( $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ) やリン酸二水素カリウム ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) などが生成するリン酸二水素イオン ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ )、2-アミノ-2-ヒドロキシメチル-1,3-プロパンジオール (略称トリス)、2-(N-モルホリノ)エタンスルホン酸 (MES)、カコジル酸、炭酸 ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ )、クエン酸水素イオン、N-(2-アセトアミド)イミノ二酢酸 (ADA)、ピペラジン-N,N'-ビス(2-エタンスルホン酸) (PIPES)、N-(2-アセトアミド)-2-アミノエタンスルホン酸 (ACES)、3-(N-モルホリノ)プロパンスルホン酸 (MOPS)、N-2-ヒドロキシエチルピペラジン-N'-2-エタンスルホン酸 (HEPES)、N-2-ヒドロキシエチルピペラジン-N'-3-プロパンスルホン酸 (HEPPS)、N-[トリス(ヒドロキシメチル)メチル]グリシン (略称トリシン)、グリシルグリシン、N,N'-ビス(2-ヒドロキシエチル)グリシン (略称ピシン)、イミダゾール、トリアゾール、ピリジン誘導体、ピピリジン誘導体、イミダゾール誘導体 (ヒスチジン、1-メチルイミダゾール、2-メチルイミダゾール、4-メチルイミダゾール、2-エチルイミダゾール、イミダゾール-2-カルボン酸エチル、イミダゾール-2-カルボキシアルデヒド、イミダゾール-4-カルボン酸、イミダゾール-4,5-ジカルボン酸、イミダゾール-1-イル-酢酸、2-アセチルベンズイミダゾール、1-アセチルイミダゾール、N-アセチルイミダゾール、2-アミノベンズイミダゾール、N-(3-アミノプロピル)イミダゾール、5-アミノ-2-(トリフルオロメチル)ベンズイミダゾール、4-アザベンズイミダゾール、4-アザ-2-メルカ

30

40

50

プトベンズイミダゾール、ベンズイミダゾール、1-ベンジルイミダゾール、1-ブチルイミダゾール)などのイミダゾール環を含む化合物などの緩衝溶液等を挙げることができる。

【0065】

(6) 各種制御手段

本発明に係る燃料改質器1には、各部位において、第1制御手段21、改質方法選択手段22、第2制御手段23、第3制御手段24、電解質制御手段25、などの各種制御手段を設けることができる。以下、それぞれの制御手段について、図6を参照しながら説明する。図6は、本発明に係る燃料改質器1の一実施形態を示す模式図である。

【0066】

(a) 第1制御手段21

第1制御手段21は、一次燃料導入部11に導入された一次燃料の状態に基づいて、燃料改質部12への一次燃料の導入を制御するための制御手段である。例えば、一次燃料導入部11に導入された一次燃料が、本発明に係る燃料改質器1では、改質することが不可能な性状である場合など、燃料改質部12の機能を害さないためにも、燃料改質部12への導入を予め停止させることができる。また、一次燃料導入部11に導入された一次燃料の量が多すぎる場合など、燃料改質部12の機能を害さないためにも、燃料改質部12への導入量を調整することができる。

【0067】

具体的な制御方法は特に限定されないが、例えば、一次燃料導入部11にセンサー211を、一次燃料導入部11と燃料改質部12の間に一次燃料の通流を遮断若しくは調整し得るシャッター212等の遮断板や調整弁を設置し、前記センサー211によって、一次燃料の性状や導入量などの状態を感知し、一次燃料の状態に応じて、シャッター212等の遮断板や調整弁等の開閉を行うことで、一次燃料の燃料改質部12への導入を制御することができる。

【0068】

(b) 改質方法選択手段22

改質方法選択手段22は、燃料改質部12に導入された一次燃料の状態に基づいて、燃料改質部12における一次燃料の改質方法を選択する手段である。改質方法選択手段22を設けることにより、本発明に係る燃料改質器1を、複数の種類の一次燃料に対応できるマルチ的に使用可能な改質器とすることができる。

【0069】

具体的な選択方法は特に限定されないが、例えば、燃料改質部12にセンサー221を、燃料改質部12に接続するように各種分解酵素等を貯蔵した分解酵素貯蔵部222を設置し、前記センサー221によって、一次燃料の種類を感知し、この種類に応じた分解酵素を前記分解酵素貯蔵部222から燃料改質部12へ注入することにより、一次燃料の種類に応じた改質方法を選択することができる。

【0070】

(c) 第2制御手段23

第2制御手段23は、燃料改質部12において改質された二次燃料の状態に基づいて、燃料改質部12から二次燃料の送出を制御するための制御手段である。例えば、燃料改質部12において改質された二次燃料が、目的のバイオ燃料電池に用いることが不可能な性状である場合など、バイオ燃料電池の機能を害さないためにも、燃料改質部12からの二次燃料の送出を予め停止させることができる。また、燃料改質部12において改質された二次燃料の量が多すぎる場合など、バイオ燃料電池の機能を害さないためにも、燃料改質部12からの送出量を調整することができる。

【0071】

具体的な制御方法は特に限定されないが、例えば、燃料改質部12にセンサー231を、燃料改質部12と燃料精製部13との間、若しくは燃料改質部12と燃料供給部13との間に、二次燃料の通流を遮断若しくは調整し得るシャッター232等の遮断板や調整弁

10

20

30

40

50

を設置し、前記センサー 231 によって、二次燃料の性状や量などの状態を感知し、二次燃料の状態に応じて、シャッター 232 等の遮断版や調整弁等の開閉を行うことで、二次燃料の燃料改質部 12 からの送出を制御することができる。

【0072】

(d) 第3制御手段 24

第3制御手段 24 は、燃料精製部 14 において精製された二次燃料の状態に基づいて、燃料精製部 14 から二次燃料の送出を制御するための制御手段である。例えば、燃料精製部 14 において精製された二次燃料が、目的のバイオ燃料電池に用いることが不可能な性状である場合など、バイオ燃料電池の機能を害さないためにも、燃料精製部 14 からの二次燃料の送出を予め停止させることができる。また、燃料精製部 14 において精製された二次燃料の量が多すぎる場合など、バイオ燃料電池の機能を害さないためにも、燃料精製部 14 からの送出量を調整することができる。

10

【0073】

具体的な制御方法は特に限定されないが、例えば、燃料精製部 14 にセンサー 241 を、燃料精製部 14 と電解質供給部 15 との間、若しくは燃料精製部 14 と燃料供給部 13 との間に、二次燃料の通流を遮断若しくは調整し得るシャッター 242 等の遮断板や調整弁を設置し、前記センサー 241 によって、二次燃料の性状や量などの状態を感知し、二次燃料の状態に応じて、シャッター 242 等の遮断版や調整弁等の開閉を行うことで、二次燃料の燃料精製部 14 からの送出を制御することができる。

【0074】

(e) 電解質制御手段 25

電解質制御手段 25 は、燃料精製部 14 で精製された二次燃料の状態に基づいて、電解質溶液供給部 15 からの電解質溶液の供給量を制御するための手段である。電解質制御手段 25 を設けることにより、目的のバイオ燃料電池の種類に応じて、二次燃料を理想的な燃料へ調整することができる。

20

【0075】

具体的な制御方法は特に限定されないが、例えば、電解質溶液供給部 15 にセンサー 251 を、電解質溶液供給部 15 にポンプ 252 を介して接続するように電解質溶液を貯蔵した電解質溶液貯蔵部 253 を設置し、前記センサー 251 によって、二次燃料性状や量などの状態を感知し、この状態に応じた量の電解質溶液を前記電解質溶液貯蔵部 253 からポンプ 252 を介して電解質溶液供給部 15 へ注入することにより、目的のバイオ燃料電池に応じた理想的な燃料に調整することができる。

30

【0076】

これらの各種制御手段は、図 6 に示すように各目的部位にそれぞれ設置することも可能であるが、例えば、図 7 に示すように、一つの制御手段 20 において、全ての制御を行えるように設計することも可能である。

【0077】

以上説明した本発明に係る燃料改質器 1 は、例えば、様々なバイオ燃料電池に接続できるように設計し、いわゆるカートリッジのように形成することができる。

【0078】

本発明に係る燃料改質器 1 は、日常生活において摂取する飲食料や化粧品等、あるいは生ゴミ等を、バイオ燃料電池の燃料として使用可能な状態に改質することが可能であるため、例えば災害時などにおいても安定的に電源を確保することが可能となる。

40

【0079】

< 発電装置 >

図 8 は、本発明に係る発電装置 100 の一実施形態を示す模式図である。本発明に係る発電装置 100 は、大別すると、一次燃料導入部 11 と、燃料改質部 12 と、二次燃料供給部 13 と、を少なくとも備える燃料改質器 1 と、燃料タンク部 101 と、アノード 102 と、カソード 103 と、を少なくとも備える燃料電池部 10 と、からなる。本発明に係る発電装置 100 は、燃料改質器 1 によって改質された二次燃料を用いて、燃料電池部 1

50

0において、酵素を触媒として酸化還元反応が進行することにより発電を行うことができる。

#### 【0080】

本発明に係る発電装置100は、燃料改質器1と燃料電池部10をそれぞれ複数用いて構成することも可能である。例えば、複数の燃料電池部10を直列的に接続可能な構成にし、それぞれに対して燃料改質器1を設けても良いし、それぞれの燃料電池部10に対して、一つの燃料改質器1から燃料を供給し得るように構成してもよい。

#### 【0081】

また、複数の燃料電池部10を備える発電装置100において、多段階複合酵素反応により発電する場合に、複合酵素反応を、各段階または複数段階ずつ一つの燃料電池部10で行うように構成することも可能である。例えば、一つの燃料電池部10内での1段階または複数段階の酵素反応で生成した反応中間物を、他の燃料電池部10の燃料タンク部101に供給し、この燃料電池部10内で、次の段階の酵素反応を進行させるような構成を挙げることができる。

10

#### 【0082】

また、燃料電池部10の形態も特に限定されず、用いる電子機器に応じて自由に設計することができる。例えば、筒型、コイン型、ボタン型など、従来の規格された電池構造や、図9に示すような、外部壁面がカソード103、内部壁面がアノード102、としたパイプ状の形態に構成し、内部を燃料が通過するような構造に設計することも可能である。また、小型化する場合には、人間の喉を通過しにくい構造に、形態や大きさを工夫して、安全性を高めることも可能である。また、各部材を可撓性のある素材で形成して変形可能（例えば、超薄型化など）にすることにより、様々な形態の電子機器（例えば、ディスプレイなど）に適用できるようにすることも可能である。以下、それぞれの構成、機能、効果等を説明する。なお、燃料改質器1については、前述の通りであるため、ここでは説明を割愛する。

20

#### 【0083】

##### (1) 燃料タンク部101

燃料タンク部101は、燃料改質器1の二次燃料供給部13から供給される二次燃料を貯蔵するために用いる。燃料タンク部101の形状は特に限定されず、後述するアノード102に二次燃料を供給可能な形態であれば、自由に設計することができる。燃料タンク部101からアノード102への二次燃料の供給方法も特に限定されず、公知の方法を自由に選択することができる。例えば、加圧注入、負圧注入、接触吸水、毛細管現象などの原理を用いて、二次燃料をアノード102に供給することが可能である。

30

#### 【0084】

燃料タンク部101の形態は、本発明の目的を損なわなければ特に限定されず、燃料の種類、発電装置100の形態、用いる電子機器の種類や形態に合わせて、自由に設計することができる。また、燃料となり得るものを内包する既存の容器と、燃料タンク部101または燃料改質器1の一次燃料導入部11とを接続可能に構成し、前記容器を、本発明における燃料タンク部101への燃料供給のための燃料カートリッジとして用いることも可能である。あるいは、前記容器と後述するアノード102とを接続可能に構成し、前記容器自体を、本発明における燃料タンク部101として用いることも可能である。前記容器の一例としては、ペットボトル、ライターの燃料タンク、アルミ包装体などを挙げることができる。

40

#### 【0085】

##### (2) アノード102

燃料電池部10におけるアノード102では、前記燃料タンク部101から供給される二次燃料の酸化反応が進行することにより、電子が放出される。

#### 【0086】

本発明に係る発電装置100には、燃料改質器1を備えているため、アノード102に供給される二次燃料には、異物が混入されていることは少ないが、燃料タンク部101と

50

アノード102との間には、フィルターなどの異物除去手段を備えることが好ましい。異物除去手段を備えることで、例えば、微生物などの異物が二次燃料と一緒にアノード102に供給されることを防止することができ、その結果、発電効率や出力値を向上することができる。

#### 【0087】

アノード102における燃料の酸化反応の際、燃料自身や反応中間物（アセトアルデヒド、ホルムアルデヒド、TCA回路由来の有機酸など）が揮発性を持っていたり、最終反応物として二酸化炭素ガスが発生したり、不純物として混入した微生物などが発酵することによって、副次的に有機酸が発生したりする場合がある。そこで、発生する二酸化炭素や水は、吸着給水反応などを利用し、燃料タンク部101内に戻せるような構成にすることが好ましい。また、アノード102と燃料タンク部101周辺（接続部も含む）には、酸化反応の際に発生する前記ガスなどにより、急激に内圧が上昇した場合に備え、圧を逃がすための安全弁を備えることが好ましい。安全弁の種類としては、通常、圧を逃がすために用いられるものを自由に選択して用いることができるが、例えば、逆止弁などを挙げることができる。

10

#### 【0088】

アノード102に用いる材料は、外部と電氣的に接続可能な素材であれば特に限定されず、公知のあらゆる素材を自由に選択して用いることができる。例えば、Pt、Ag、Au、Ru、Rh、Os、Nb、Mo、In、Ir、Zn、Mn、Fe、Co、Ti、V、Cr、Pd、Re、Ta、W、Zr、Ge、Hfなどの金属、アルメル、真ちゅう、ジュラルミン、青銅、ニッケリン、白金ロジウム、ハイパーコ、パーマロイ、パーメンダー、洋銀、リン青銅などの合金類、ポリアセチレン類などの導電性高分子、グラファイト、カーボンブラックなどの炭素材、 $\text{HfB}_2$ 、 $\text{NbB}$ 、 $\text{CrB}_2$ 、 $\text{B}_4\text{C}$ などのホウ化物、 $\text{TiN}$ 、 $\text{ZrN}$ などの窒化物、 $\text{VSi}_2$ 、 $\text{NbSi}_2$ 、 $\text{MoSi}_2$ 、 $\text{TaSi}_2$ などのケイ化物、及びこれらの合材等を用いることができる。

20

#### 【0089】

アノード102には、必要に応じて酵素を固定しても良い。例えば、二次燃料としてアルコール類を含む燃料を用いる場合には、アルコール類を酸化分解する酸化酵素を固定するとよい。酸化酵素の一例としては、アルコールデヒドロゲナーゼ、アルデヒドレダクターゼ、アルデヒドデヒドロゲナーゼ、ラクテートデヒドロゲナーゼ、ヒドロキシバルベートレダクターゼ、グリセレートデヒドロゲナーゼ、フォルメートデヒドロゲナーゼ、フルクトースデヒドロゲナーゼ、ガラクトースデヒドロゲナーゼ、グルコースデヒドロゲナーゼ、グルコネート5デヒドロゲナーゼ、グルコネート2デヒドロゲナーゼなどが挙げられる。

30

#### 【0090】

また、アノード102には、上記の酸化酵素に加え、酸化型補酵素および補酵素酸化酵素を固定してもよい。酸化型補酵素としては、例えば、ニコチンアミドアデニンジヌクレオチド（nicotinamideadenine dinucleotide、以下「 $\text{NAD}^+$ 」と称する。）、ニコチンアミドアデニンジヌクレオチドリン酸（nicotinamideadenine dinucleotide phosphate、以下「 $\text{NADP}^+$ 」と称する。）、フラビンアデニンジヌクレオチド（flavin adenine dinucleotide、以下「 $\text{FAD}^+$ 」と称する。）、ピロロキノリンキノン（pyrrolo-quinoline quinone、以下「 $\text{PQQ}^+$ 」と称する。）などが挙げられる。補酵素酸化酵素としては、例えば、ジアフォラーゼが挙げられる。

40

#### 【0091】

アノード102では、二次燃料の酸化分解に伴い、上記の酸化型補酵素が、それぞれの還元型である $\text{NADH}$ 、 $\text{NADPH}$ 、 $\text{FADH}$ 、 $\text{PQQH}_2$ に還元され、逆に、補酵素酸化酵素により、還元型補酵素から酸化型補酵素へ戻されるという酸化還元反応が繰り返される。このとき、還元型補酵素から酸化型補酵素へ戻る際に2電子が発生する。

#### 【0092】

更に、アノード102には、上記の酸化酵素及び酸化型補酵素に加え、電子伝達メダイエーターを固定してもよい。上記で発生した電子の電極への受け渡しをスムーズにするた

50

めである。電子伝達メディエーターとしては、様々な材料を用いることができるが、キノン骨格を有する化合物あるいはフェロセン骨格を有する化合物を使用することが好ましく、キノン骨格を有する化合物としては特に、ナフトキノン骨格を有する化合物が好適である。更に、必要に応じて、キノン骨格を有する化合物やフェロセン骨格を有する化合物と共に、電子伝達メディエーターとして作用する1種又は2種以上の他の化合物を併用して固定化してもよい。

#### 【0093】

具体的な一例を挙げると、ナフトキノン骨格を有する化合物としては、例えば、2-アミノ-1,4-ナフトキノン(ANQ)、2-アミノ-3-メチル-1,4-ナフトキノン(AMNQ)、2-アミノ-3-カルボキシ-1,4-ナフトキノン(ACNQ)、2,3-ジアミノ-1,4-ナフトキノン、4-アミノ-1,2-ナフトキノン、2-ヒドロキシ-1,4-ナフトキノン、2-メチル-3-ヒドロキシ-1,4-ナフトキノン、ビタミンK<sub>1</sub>(2-methyl-3-phytyl,4-naphthoquinone)、ビタミンK<sub>2</sub>(2-farnesyl-3-methyl-1,4-naphthoquinone)、ビタミンK<sub>3</sub>(2-methyl-1,4-naphthoquinone)、などを用いることができる。また、キノン骨格を有する化合物としては、例えば、anthraquinone-1-sulfonate、anthraquinone-2-sulfonateなどのようなアントラキノン骨格を有する化合物やその誘導体を用いることもできる。またフェロセン骨格を有する化合物としては、例えば、ビニルフェロセン、ジメチルアミノメチルフェロセン、1,1'-ビス(ジフェニルホスフィノ)フェロセン、ジメチルフェロセン、フェロセンモノカルボン酸などを用いることができる。更に、その他の化合物としては、例えば、ルテニウム(Ru)、コバルト(Co)、マンガン(Mn)、モリブデン(Mo)、クロム(Cr)、オスミウム(Os)、鉄(Fe)、コバルト(Co)などの金属錯体、ベンジルピオローゲンなどのピオローゲン化合物、ニコチンアミド構造を有する化合物、リボフラビン構造を有する化合物、ヌクレオチド-リン酸構造を有する化合物などを用いることができる。より具体的な一例を挙げると、例えば、cis-[Ru(NH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>C<sub>12</sub>]<sup>1+/0</sup>、trans-[Ru(NH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>C<sub>12</sub>]<sup>1+/0</sup>、[Co(dien)<sub>2</sub>]<sup>3+/2+</sup>、[Mn(CN)<sub>6</sub>]<sup>3-/4-</sup>、[Mn(CN)<sub>6</sub>]<sup>4-/5-</sup>、[Mo<sub>2</sub>O<sub>3</sub>S(edta)]<sup>2-/3-</sup>、[Mo<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S<sub>2</sub>(edta)]<sup>2-/3-</sup>、[Mo<sub>2</sub>O<sub>4</sub>(edta)]<sup>2-/3-</sup>、[Cr(edta)(H<sub>2</sub>O)]<sup>1-/2-</sup>、[Cr(CN)<sub>6</sub>]<sup>3-/4-</sup>、methylene blue、pyrocyanine、indigo-tetrasulfonate、luciferin、galloxyaniline、pyrocyanine、methyl apr i blue、resorufin、indigo-trisulfonate、6,8,9-trimethyl-isoalloxazine、chloraph i ne、indigo disulfonate、nile blue、indigocarmine、9-phenyl-isoalloxazine、thioglycolic acid、2-amino-N-methyl phenazinemethosulfate、azure A、indigo-monosulfonate、anthraquinone-1,5-disulfonate、alloxazine、brilliant alizarin blue、crystal violet、patent blue、9-methyl-isoalloxazine、cibachron blue、phenol red、anthraquinone-2,6-disulfonate、neutral blue、bromphenol blue、anthraquinone-2,7-disulfonate、quinoline yellow、riboflavin、Flavin mononucleotide(FMN)、flavin adenine dinucleotide(FAD)、phenosafranin、lipoamide、safranin T、lipoic acid、indulin scarlet、4-aminoacridine、acridine、nicotinamideadenine dinucleotide(NAD)、nicotinamide adenine dinucleotide phosphate(NADP)、neutral red、cysteine、benzyl viologen(2+/1+)、3-aminoacridine、1-aminoacridine、methyl viologen(2+/1+)、2-aminoacridine、2,8-diaminoacridine、5-aminoacridineなどを用いることができる。なお、化学式中、dienはdiethylenetriamineを、edtaはethylenediaminetetraacetate tetraanionをそれぞれ示す。

#### 【0094】

酵素、補酵素、電子伝達メディエーターなどをアノード102に固定化する場合、その固定化方法としては、様々な方法を自由に選択して用いることができる。例えば、架橋剤にグルタルアルデヒドとポリ-L-リシンとを用いた固定化担体を使用する方法、アクリルアミドなどのようなプロトン伝導性のあるポリマーを使用する方法、などを用いることができる。

#### 【0095】

アノード102およびその周辺には、酸化反応の際発生する反応中間物を感知するセン

10

20

30

40

50



サーを設置することが好ましい。反応中間物を感知することができれば、発電時間の予測や、燃料供給量の制御、発電可能か否かの判断、などを行うことが可能である。

【0096】

燃料電池部10の製造時には、前記の酵素や電子伝達メディエーターに対してインヒビターとなり得る金属イオンや化学物質などが残存または発生する場合がある。これらの金属イオンや化学物質などが発電時に存在すると、発電効率の低下や出力の低下を引き起こす場合がある。そこで、燃料電池部10の製造時に、インヒビターとなり得る金属イオンや化学物質を、影響のない程度まで除去する工程を行うことが好ましい。

【0097】

(3) カソード103

燃料電池部10におけるカソード103では、アノード102で放出され、後述するアノード集電体1021、およびカソード集電体1031を通して送り込まれる電子と、外部から供給される酸素を用いて還元反応が進行する。

【0098】

外部(空気層)とカソード103の間には、フィルターなどの異物除去手段を備えることが好ましい。異物除去手段を備えることで、例えば、微生物などの異物が空気と一緒にカソード103に供給されることを防止することができ、その結果、発電効率や出力値を向上することができる。

【0099】

カソード103に用いる材料も、外部と電氣的に接続可能な素材であれば特に限定されず、公知のあらゆる素材を自由に選択して用いることができる。例えば、Pt、Ag、Au、Ru、Rh、Os、Nb、Mo、In、Ir、Zn、Mn、Fe、Co、Ti、V、Cr、Pd、Re、Ta、W、Zr、Ge、Hfなどの金属、アルメル、真ちゅう、ジュラルミン、青銅、ニッケリン、白金ロジウム、ハイパーコ、パーマロイ、パーメンダー、洋銀、リン青銅などの合金類、ポリアセチレン類などの導電性高分子、グラファイト、カーボンブラックなどの炭素材、HfB<sub>2</sub>、NbB、CrB<sub>2</sub>、B<sub>4</sub>Cなどのホウ化物、TiN、ZrNなどの窒化物、VSi<sub>2</sub>、NbSi<sub>2</sub>、MoSi<sub>2</sub>、TaSi<sub>2</sub>などのケイ化物、及びこれらの合材等を用いることができる。

【0100】

カソード103には、必要に応じて酵素を固定しても良い。カソード103に固定し得る酵素としては、酸素を反応基質とするオキシダーゼ活性を有する酵素であれば、その種類は特に限定されず、必要に応じて自由に選択することが可能である。例えば、ラッカーゼ、ピリルピンオキシダーゼ、アスコルビン酸オキシダーゼ等を用いることができる。

【0101】

また、カソード103には、上記の酵素に加え、電子伝達メディエーターを固定してもよい。アノード102で発生し、アノード集電体1021およびカソード集電体1031を通して送り込まれる電子の受け取りをスムーズにするためである。カソード103に固定し得る電子伝達メディエーターの種類は、アノードに用いる電子伝達メディエーターと比べ酸化還元電位が高ければよく必要に応じて自由に選択することができる。例えば、A B T S (2,2'-azinobis(3-ethylbenzoline-6-sulfonate))、K<sub>3</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>]、RuO<sub>4</sub><sup>0/1-</sup>、[Os(trpy)<sub>3</sub>]<sup>3+/2+</sup>、[Rh(CN)<sub>6</sub>]<sup>3-/4-</sup>、[Os(trpy)(dpy)(py)]<sup>3+/2+</sup>、IrCl<sub>6</sub><sup>2-/3-</sup>、[Ru(CN)<sub>6</sub>]<sup>3-/4-</sup>、OsCl<sub>6</sub><sup>2-/3-</sup>、[Os(py)<sub>2</sub>(dpy)<sub>2</sub>]<sup>3+/2+</sup>、[Os(dpy)<sub>3</sub>]<sup>3+/2+</sup>、Cu<sup>111/11</sup>(H<sub>2</sub>A<sub>3</sub>)<sup>0/1-</sup>、[Os(dpy)(py)<sub>4</sub>]<sup>3+/2+</sup>、IrBr<sub>6</sub><sup>2-/3-</sup>、[Os(trpy)(py)<sub>3</sub>]<sup>3+/2+</sup>、[Mo(CN)<sub>8</sub>]<sup>3-/4-</sup>、[Fe(dpy)]<sup>3+/2+</sup>、[Mo(CN)<sub>8</sub>]<sup>3-/4-</sup>、Cu<sup>111/11</sup>(H<sub>2</sub>G<sub>3</sub>a)<sup>0/1-</sup>、[Os(4,4'-Me<sub>2</sub>-dpy)<sub>3</sub>]<sup>3+/2+</sup>、[Os(CN)<sub>6</sub>]<sup>3-/4-</sup>、RuO<sub>4</sub><sup>1-/2-</sup>、[Co(ox)<sub>3</sub>]<sup>3-/4-</sup>、[Os(trpy)(dpy)Cl]<sup>2+/1+</sup>、I<sub>3</sub><sup>-/1-</sup>、[W(CN)<sub>8</sub>]<sup>3-/4-</sup>、[Os(2-Me-Im)<sub>2</sub>(dpy)<sub>2</sub>]<sup>3+/2+</sup>、ferrocene carboxylic acid、[Os(Im)<sub>2</sub>(dpy)<sub>2</sub>]<sup>3+/2+</sup>、[Os(4-Me-Im)<sub>2</sub>(dpy)<sub>2</sub>]<sup>3+/2+</sup>、OsBr<sub>6</sub><sup>2-/3-</sup>、[Fe(CN)<sub>6</sub>]<sup>3-/4-</sup>、ferrocene ethanol、[Os(Im)<sub>2</sub>(4,4'-Me<sub>2</sub>-dpy)<sub>2</sub>]<sup>3+/2+</sup>、[Co(edta)]<sup>1-/2-</sup>、[Co(pdta)]<sup>1-/2-</sup>、[Co(cydtta)]<sup>1-/2-</sup>、[Co(phen)<sub>3</sub>]<sup>3+/2+</sup>、[OsCl(1-Me-Im)(dpy)<sub>2</sub>]<sup>3+/2+</sup>、[OsCl(Im)(dpy)<sub>2</sub>]<sup>3+/2+</sup>、[Co(5-Me-phen)<sub>3</sub>]<sup>3+/2+</sup>、[Co(trdta)]<sup>1-/2-</sup>、[Ru(NH<sub>3</sub>)<sub>5</sub>(py)]<sup>3+/2+</sup>、[Co(dpy)<sub>3</sub>]<sup>2+/3+</sup>、[Ru(NH<sub>3</sub>)<sub>5</sub>(4-thmpy)]<sup>3+/2+</sup>、Fe<sup>3+/2+</sup>、malonate、Fe<sup>3+/2+</sup>、salicylate、[Ru(NH<sub>3</sub>)<sub>5</sub>(4-Me-py)]<sup>3+/2+</sup>、[Co(trpy)<sub>2</sub>

10

20

30

40

50

$]$ <sup>3+/2+</sup>、 $[\text{Co}(4\text{-Me-phen})_3]$ <sup>3+/2+</sup>、 $[\text{Co}(5\text{-NH}_2\text{-phen})_3]$ <sup>3+/2+</sup>、 $[\text{Co}(4,7\text{- (bhm)}_2\text{phen})]$ <sup>3+/2+</sup>、 $[\text{Co}(5,6\text{-Me}_4\text{-phen})_3]$ <sup>3+/2+</sup>、 $\text{trans}(\text{N})\text{-}[\text{Co}(\text{gly})_3]$ <sup>0/1-</sup>、 $[\text{OsCl}(1\text{-Me-Im})(4,4'\text{-Me}_2\text{-dpy})_2]$ <sup>3+/2+</sup>、 $[\text{OsCl}(\text{Im})(4,4'\text{-Me}_2\text{-dpy})_2]$ <sup>3+/2+</sup>、 $[\text{Fe}(\text{edta})]$ <sup>1-/2-</sup>、 $[\text{Co}(4,7\text{-Me}_2\text{-phen})_3]$ <sup>3+/2+</sup>、 $[\text{Co}(4,7\text{-Me}_2\text{-phen})_3]$ <sup>3+/2+</sup>、 $[\text{Co}(3,4,7,8\text{-Me}_4\text{-phen})_3]$ <sup>3+/2+</sup>、 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]$ <sup>3+/2+</sup>、 $[\text{Ru}(\text{NH}_3)_6]$ <sup>3+/2+</sup>、 $[\text{Fe}(\text{ox})_3]$ <sup>3-/4-</sup>、promazine (n=1) [ammonium form]、chloramine-T、TM PDA (N,N,N',N'-tetramethylphenylenediamine)、porphyraxide、syringaldazine、o-tolidine、bacteriochlorophyll a、dopamine、2,5-dihydroxy-1,4-benzoquinone、p-amin o-dimethylaniline、o-quinone/1,2-hydroxybenzene (catechol)、p-aminophenoltetrahydroxy-p-benzoquinone、2,5-dichloro-p-benzoquinone、1,4-benzoquinone、diaminodurene、2,5-dihydroxyphenylacetic acid、2,6,2'-trichloroindophenol、indophenol、o-tolidine blue、DCPIP (2,6-dichlorophenolindophenol)、2,6-dibromo-indophenol、phenol blue、3-amino-thiazine、1,2-naphthoquinone-4-sulfonate、2,6-dimethyl-p-benzoquinone、2,6-dibromo-2'-methoxy-indophenol、2,3-dimethoxy-5-methyl-1,4-benzoquinone、2,5-dimethyl-p-benzoquinone、1,4-dihydroxy-naphthoic acid、2,6-dimethyl-indophenol、5-isopropyl-2-methyl-p-benzoquinone、1,2-naphthoquinone、1-naphthol-2-sulfonate indophenol、toluylene blue、TTQ (tryptophan tryptophylquinone) model (3-methyl-4-(3'-methylindol-2'-yl)indol-6,7-dione)、ubiquinone (coenzyme Q)、PMS (N-methylphenazinium methosulfate)、TPQ (topa quinone or 6-hydroxydopa quinone)、PQQ (pyrroloquinolinequinone)、thionine、thionine-tetrasulfonate、ascorbic acid、PES (phenazine ethosulphate)、cresyl blue、1,4-naphthoquinone、toluidine blue、thiazine blue、gallocyanine、thioindigo disulfonate、methylene blue、vitamin K3 (2-methyl-1,4-naphthoquinone)、などを用いることができる。なお、化学式中、dpyは、2,2'-dipyridineを、phenは1,10-phenanthrolineを、Trisは、tris(hydroxymethyl)aminomethaneを、trpyは2,2':6',2''-terpyridineを、Imは、imidazoleを、pyはpyridineを、thmpyは4-(tris(hydroxymethyl)methyl)pyridineを、bhmはbis(bis(hydroxymethyl)methyl)を、G3aは triglycineamideを、A3はtrialanineを、oxはoxalate dianionを、edtaはethylenediaminetetraacetate tetraanionを、glyはglycinate anionを、pdtaはpropylenediaminetetraacetate tetraanionを、trdtaはtrimethylenediaminetetraacetate tetraanionを、cydtaは、1,2-cyclohexanediaminetetraacetate tetraanionをそれぞれ示す。

10

20

30

#### 【0102】

酵素、補酵素、電子伝達メディエーターなどをカソード103に固定化する場合、その固定化方法としては、前記アノード102での固定化方法と同様に、様々な方法を自由に選択して用いることができる。例えば、架橋剤にグルタルアルデヒドとポリ-L-リシンとを用いた固定化担体を使用する方法、アクリルアミドなどのようなプロトン伝導性のあるポリマーを使用する方法、などを用いることができる。

#### 【0103】

カソード103およびその周辺には、還元反応の際発生する反応中間物を感知するセンサーを設置することが好ましい。反応中間物を感知することができれば、発電時間の予測や、燃料供給量の制御、発電可能か否かの判断、などを行うことが可能である。

40

#### 【0104】

燃料電池部10の製造時には、前記の酵素や電子伝達メディエーターに対してインヒビターとなり得る金属イオンや化学物質などが残存または発生する場合がある。これらの金属イオンや化学物質などが発電時に存在すると、発電効率の低下や出力の低下を引き起こす場合がある。そこで、燃料電池部10の製造時に、インヒビターとなり得る金属イオンや化学物質を、影響のない程度まで除去する工程を行うことが好ましい。

#### 【0105】

##### (4) プロトン伝導体104

以上説明したアノード102及びカソード103は、プロトン伝導可能な状態で接続する。接続方法は特に限定されないが、例えば、図8の実施形態に示すように、燃料電池部

50

10内に、アノード102とカソード103が、プロトン伝導体104を介して対向するように配設することで、アノード102とカソード103とをプロトン伝導可能な状態で接続することが可能である。

#### 【0106】

プロトン伝導体104に用いる材料は、電子伝導性がなく、且つ、 $H^+$ の輸送が可能な電解質であれば特に限定されず、公知のあらゆる材料を選択して用いることができる。例えば、緩衝物質を含む電解質を用いることができる。緩衝物質としては、リン酸二水素ナトリウム( $NaH_2PO_4$ )やリン酸二水素カリウム( $KH_2PO_4$ )などが生成するリン酸二水素イオン( $H_2PO_4^-$ )、2-アミノ-2-ヒドロキシメチル-1,3-プロパンジオール(略称トリス)、2-(N-モルホリノ)エタンスルホン酸(MES)、カコジル酸、炭酸( $H_2CO_3$ )、クエン酸水素イオン、N-(2-アセトアミド)イミノ二酢酸(ADA)、ピペラジン-N,N'-ビス(2-エタンスルホン酸)(PIPES)、N-(2-アセトアミド)-2-アミノエタンスルホン酸(ACES)、3-(N-モルホリノ)プロパンスルホン酸(MOPS)、N-2-ヒドロキシエチルピペラジン-N'-2-エタンスルホン酸(HEPES)、N-2-ヒドロキシエチルピペラジン-N'-3-プロパンスルホン酸(HEPPS)、N-[トリス(ヒドロキシメチル)メチル]グリシン(略称トリシン)、グリシルグリシン、N,N-ビス(2-ヒドロキシエチル)グリシン(略称ピシン)、イミダゾール、トリアゾール、ピリジン誘導体、ピピリジン誘導体、イミダゾール誘導体(ヒスチジン、1-メチルイミダゾール、2-メチルイミダゾール、4-メチルイミダゾール、2-エチルイミダゾール、イミダゾール-2-カルボン酸エチル、イミダゾール-2-カルボキシアルデヒド、イミダゾール-4-カルボン酸、イミダゾール-4,5-ジカルボン酸、イミダゾール-1-イル-酢酸、2-アセチルベンズイミダゾール、1-アセチルイミダゾール、N-アセチルイミダゾール、2-アミノベンズイミダゾール、N-(3-アミノプロピル)イミダゾール、5-アミノ-2-(トリフルオロメチル)ベンズイミダゾール、4-アザベンズイミダゾール、4-アザ-2-メルカプトベンズイミダゾール、ベンズイミダゾール、1-ベンジルイミダゾール、1-ブチルイミダゾール)などのイミダゾール環を含む化合物などを挙げることができる。また、固体電解質であるナフィオン類等も用いることができる。

10

20

#### 【0107】

(5)アノード集電体1021、カソード集電体1031

30

アノード集電体1021及びカソード集電体1031は、それぞれ外部回路に接続され、アノード102で放出された電子を、アノード集電体1021から外部回路を通じてカソード集電体1031へ移動させ、カソード103へ送り込む役割を担う。

#### 【0108】

本実施形態では、アノード集電体1021及びカソード集電体1031でプロトン伝導体104を挟み込むように配設しているが、これに限定されない。例えば、アノード集電体1021を二次燃料が透過可能に形成し、アノード102のプロトン伝導体104の積層面と逆面側に配設することも可能である。また、カソード集電体1031を酸素が透過可能に形成し、カソード103のプロトン伝導体104の積層面と逆面側に配設することも可能である。更に、アノード集電体1021及びカソード集電体1031を、それぞれ、アノード102とカソード103の内部を貫通させるように配設することも可能である。

40

#### 【0109】

アノード集電体1021及びカソード集電体1031に用いる材料も、外部と電氣的に接続可能な素材であれば特に限定されず、公知のあらゆる素材を自由に選択して用いることができる。例えば、Pt、Ag、Au、Ru、Rh、Os、Nb、Mo、In、Ir、Zn、Mn、Fe、Co、Ti、V、Cr、Pd、Re、Ta、W、Zr、Ge、Hfなどの金属、アルメル、真ちゅう、ジュラルミン、青銅、ニッケリン、白金ロジウム、ハイパーコ、パーマロイ、パーメンダー、洋銀、リン青銅などの合金類、ポリアセチレン類などの導電性高分子、グラファイト、カーボンブラックなどの炭素材、 $HfB_2$ 、 $NbB$ 、 $CrB_2$ 、 $B_4C$ などのホウ化物、 $TiN$ 、 $ZrN$ などの窒化物、 $VSi_2$ 、

50

NbSi<sub>2</sub>、MoSi<sub>2</sub>、TaSi<sub>2</sub>などのケイ化物、及びこれらの合材等を用いることができる。

【0110】

以上説明した燃料電池部10には、温度制御機能、湿度制御機能などを備えることが好ましい。これらの制御機能を備えることで、用いる酵素の最適温度や最適湿度に制御し、発電効率や出力を向上させることができる。用いる制御方法としては、公知のあらゆる方法を自由に用いることが可能であるが、例えば、ペルチェ素子を用いた温度制御方法、除湿剤（シリカゲルなど）を用いた方法、などを挙げることができる。また、用いる電子機器からの発熱、太陽光、生体の体温、摩擦熱、などを利用できる構成に工夫し、用いる酵素の最適温度に保つことにより、発電効率や出力を向上させることもできる。

【0111】

本発明に係る発電装置100の燃料電池部10は、酵素を用いて起電させるバイオ燃料電池であるため、生体（動植物を含む）が生産する酵素を用いることができるような構成に工夫することも可能である。例えば、生体の体内または表面から燃料を供給し、生体の表面から酸素を供給し、生体内の酵素を用いて起電させる構成（半体内埋め込み型燃料電池部10）とすることで、高出力を得ることが可能である。

【0112】

<電子機器>

本発明に係る発電装置100は、日常生活において摂取する飲食料や化粧品等、あるいは生ゴミ等を燃料として、効率的な発電が可能であるため、公知のあらゆる電子機器に好適に用いることができる。

【0113】

本発明に係る発電装置100を電子機器に接続または内包させる場合には、発電装置100における燃料電池部10と電子機器との間に、必要に応じて昇圧および降圧回路を設けることが好ましい。用いる昇圧および降圧回路の種類は特に限定されず、バイオ燃料電池に利用可能な公知の回路を自由に選択して用いることができる。

【0114】

本発明に係る発電装置100を用いて起動させる電子機器は、構造、機能等は特に限定されず、電気的に作動する機器を全て含有する。例えば、携帯電話、モバイル機器、ロボット、パーソナルコンピューター、ゲーム機器、車載機器、家庭電気製品、工業製品等の電子機器、自動車、二輪車、航空機、ロケット、宇宙船等の移動体、検査機器、ペースメーカー用の電源、バイオセンサーを含む生体内機器の電源等の医療機器、生ごみを分解し電気エネルギーを発電させるシステム等の発電システムおよびコジェネレーションシステム、等を挙げることができる。

【0115】

本発明に係る発電装置100は、前述のとおり、様々な形態に形成することができるため、これを用いる電子機器の形態も、自由に設計することができる。前記の既存の電子機器以外にも、例えば、細胞、生体（動植物を含む）、地球、などをイメージした筐体に形成することもできる。

【0116】

本発明に係る電子機器には、生分解性を有する材料を用いることにより、自然環境への負担を軽減することも可能である。また、製造段階や出荷段階、あるいは動作や廃棄段階において、電子機器に用いる各部材を、殺菌または抗菌処理することが好ましい。殺菌または抗菌の方法としては、通常用いられている方法を自由に選択して用いることができるが、例えば、加圧処理、加熱処理、超低温処理、光学的処理、薬剤処理、表面コーティング、防腐剤添加などの方法を挙げることができる。

【0117】

本発明に係る電子機器は、前記燃料電池部10を備えるが、電力供給に通常用いられるバイオ電池以外の電池も同時に用いることができるように、ハイブリットに構成することも可能である。この際用いる電池としては、通常、電子機器に用いることができる電池を1種または2種以上、自由に選択して用いることができるが、例えば、リチウムイオン電

10

20

30

40

50

池、燃料電池、乾電池、太陽電池、などを挙げることができる。

【0118】

本発明に係る電子機器には、燃料電池部10や他の電池（ハイブリットの場合）の残容量や発電状態を表示する手段を備えることが好ましい。例えば、燃料電池部10の残容量を確認しながら燃料供給量を制御したり、燃料電池部10の残容量に応じて、他の電池からの電力供給に切り替えたりすることが可能となるからである。

【0119】

また、電子機器に機械エネルギーを与えることで起電させ、これを燃料電池部10や他の電池に充電し、充電した電気エネルギーを再び機械エネルギーに変換することで、電子機器に動力を与えるように構成することも可能である。一例としては、手回しラジオ、ダイエット機能付き電動自転車などが挙げられる。

10

【0120】

本発明では、電子機器の各部（燃料改質部1、燃料電池部10における燃料タンク部101、アノード102、カソード103、他の電池）を、必要に応じて取り換えることができる構成とすることが好ましい。例えば、燃料電池部10の特性が低下した場合に、ユーザーが対価を支払って交換する方法などが挙げられる。また、ユーザーが対価を支払って精神的または身体的な向上のために機械エネルギーを発生させて、電子機器に充電し、この電子機器を回収することで、電気エネルギーを他に利用することも可能である。

【0121】

また、燃料使用量、発電量、二酸化炭素量、などから炭素量を計算し、これを本発明の電子機器に表示することで、環境への貢献度を視覚的に表示することもできる。

20

【0122】

以上説明した燃料改質器1、発電装置100、電子機器には、以下のセンサーを設置することが好ましい。

【0123】

(a) 燃料センサー

本発明において、燃料センサーとは、燃料の量、濃度、種類などを感知可能なセンサーである。例えば、燃料改質器1における一次燃料導入部11、二次燃料供給部12、燃料電池部10における燃料タンク部101、アノード102およびその周辺、カソードおよびその周辺、などに設置することが好ましい。これらの情報を取得することで、発電時間の予測や、燃料供給量の制御、発電可能か否かの判断、などを行うことが可能である。また、アノード102およびその周辺で、燃料の有無を確認できれば、発電効率や出力の低下を防止することが可能である。

30

【0124】

(b) 温度センサー

本発明において、温度センサーとは、所定の場所の温度を測定可能なセンサーである。例えば、燃料電池部10およびその周辺、電子機器内部または表面、などに設置することが好ましい。これらの場所の温度を感知することにより、発電に最適な温度制御を行うことが可能である。

【0125】

40

(c) 酸素センサー

本発明において、酸素センサーとは、酸素の量、濃度などを感知可能なセンサーである。例えば、燃料電池部10およびその周辺、電子機器内部または表面、燃料電池部10におけるカソード103およびその周辺、などに設置することが好ましい。これらの場所の酸素の有無または濃度を感知することにより、酸素供給量の制御、発電可能か否かの判断、などを行うことが可能である。なお、酸素センサーとして光センサーを用いることで、酸素の有無を確認することも可能である。

【0126】

(d) 二酸化炭素センサー

本発明において、二酸化炭素センサーとは、二酸化炭素の量、濃度などを感知可能なセ

50

ンサーである。例えば、燃料改質器 1 における一次燃料導入部 1 1、二次燃料供給部 1 2、燃料電池部 1 0 における燃料タンク部 1 0 1、アノード 1 0 2 およびその周辺、カソードおよびその周辺、などに設置することが好ましい。これらの場所の二酸化炭素の有無または濃度を感知することにより、発電時間の予測や、燃料供給量の制御、発電可能か否かの判断、などを行うことが可能である。

【0127】

(e) 重心センサー

本発明において、重心センサーとは、燃料の移動などによる重心の変化を感知するセンサーである。例えば、燃料電池部 1 0、燃料電池部 1 0 における燃料タンク部 1 0 1、電子機器、などに設置することが好ましい。これらの場所の重心を感知することで、燃料の逆流や対流、燃料もれなどを感知し、発電特性へのフィードバックを行うことが可能である。

10

【0128】

(f) 液体センサー

本発明において、液体センサーとは、所定の場所の液体の浸入の有無、水圧などを感知するセンサーである。例えば、燃料電池部 1 0、燃料電池部 1 0 におけるカソード 1 0 2 およびその周辺、電子機器内部または表面、などに設置することが好ましい。例えば、電子機器等を水中に落とした場合や、水場で使用する場合など、外部から液体が浸入した場合に、その浸入経路を遮断して、発電への影響を抑えることが可能である。

20

【実施例 1】

【0129】

実施例 1 では、本発明に係る燃料改質器および発電装置において、一次燃料としてセルロースを用いた場合に、発電が可能であるかを検討した。セルロースの一例として市販のトイレットペーパーを用いた。

【0130】

(1) 燃料の改質

まず、細かく切断した市販のトイレットペーパー 80 mg を準備した。このトイレットペーパーに、セルラーゼ溶液 4000  $\mu$ L を加え、室温または 50 以下にて、1 日、2 日、3 日放置した。

【0131】

(2) CV 測定

1 日、2 日、3 日間放置した後の溶液 50  $\mu$ L を、本発明に係る発電装置の燃料電池部へ供給し、CV 測定を行った。なお、燃料電池部の電極にはカーボンフェルト電極、酸化酵素としてグルコースデヒドロゲナーゼ (GDH) およびジアフォルゼ (DI)、補酵素として NAD<sup>+</sup>、電子伝達メディエーターとして ANQ を用いた。

30

【0132】

(3) 結果

結果を図 10 に示す。図 10 に示すとおり、セルラーゼ溶液による処理時間が長くなるに従って、触媒電流が増加することが分かった。即ち、トイレットペーパーの主成分であるセルロースが、図 11 のように、セルラーゼを含む複数の酵素によってグルコースに分解 (改質) されることにより、発電が可能になることが分かった。

40

【0133】

以上より、本発明に係る燃料改質器を用いれば、市販のトイレットペーパーのような紙を一次燃料として用いた場合でも、発電することが可能であることが証明できた。

【符号の説明】

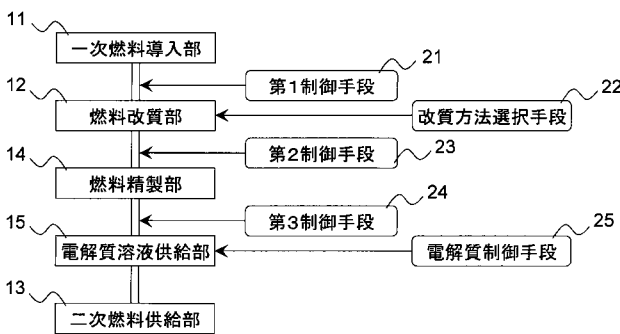
【0134】

- 1 燃料改質器
- 1 1 一次燃料導入部
- 1 2 燃料改質部
- 1 3 二次燃料供給部

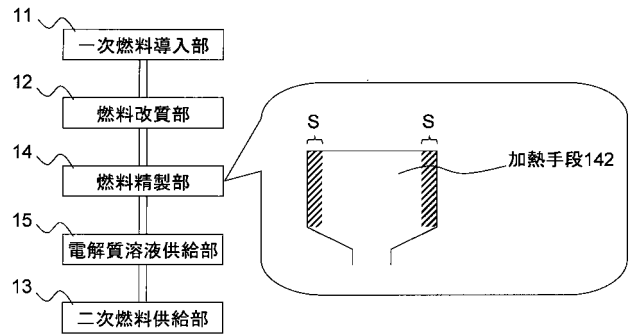
50

- 1 4 燃料精製部
- 1 4 1 フィルター
- 1 4 2 加熱手段
- 1 4 3 イオン交換樹脂層
- 1 4 3 1 カチオン性イオン交換樹脂層
- 1 4 3 2 アニオン性イオン交換樹脂層
- 1 4 4 ゲル濾過カラム
- 1 5 電解質溶液供給部
- 2 0 制御部
- 2 1 第 1 制御手段
- 2 2 改質方法選択手段
- 2 3 第 2 制御手段
- 2 4 第 3 制御手段
- 2 5 電解質制御手段
- 2 1 1、2 2 1、2 3 1、2 4 1、2 5 1 センサー
- 2 1 2、2 3 2、2 4 2 シャッター
- 2 2 2 分解酵素貯蔵部
- 2 5 2 ポンプ
- 2 5 3 電解質溶液貯蔵部

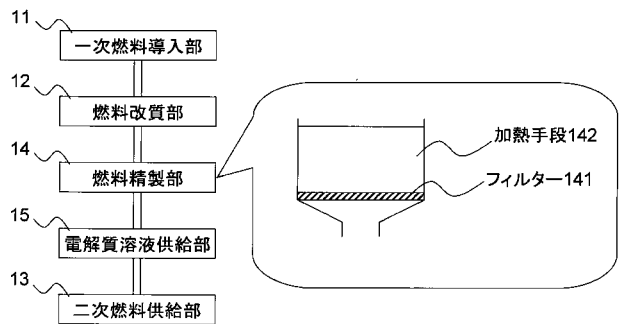
【 図 1 】



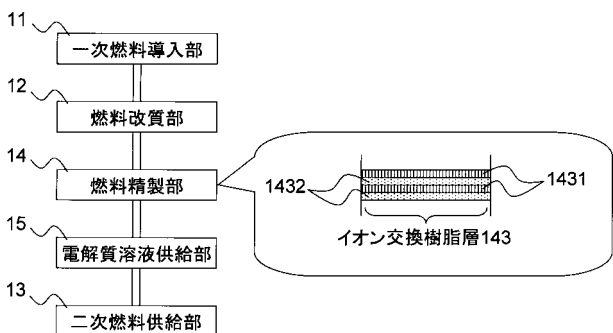
【 図 3 】



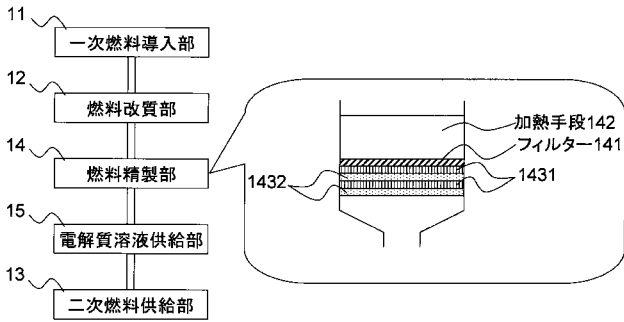
【 図 2 】



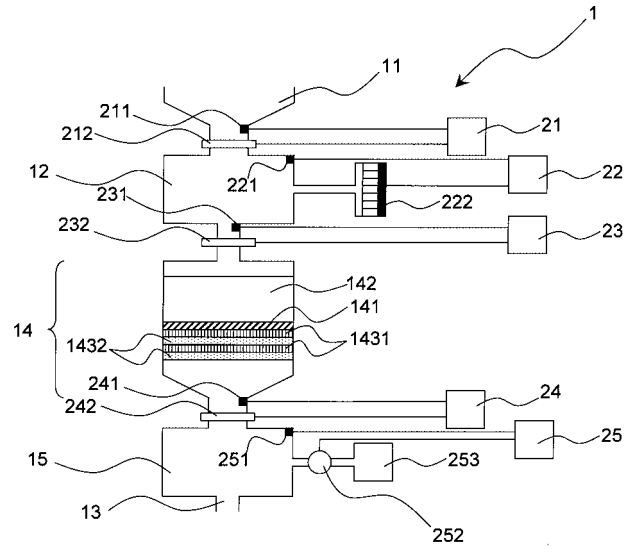
【 図 4 】



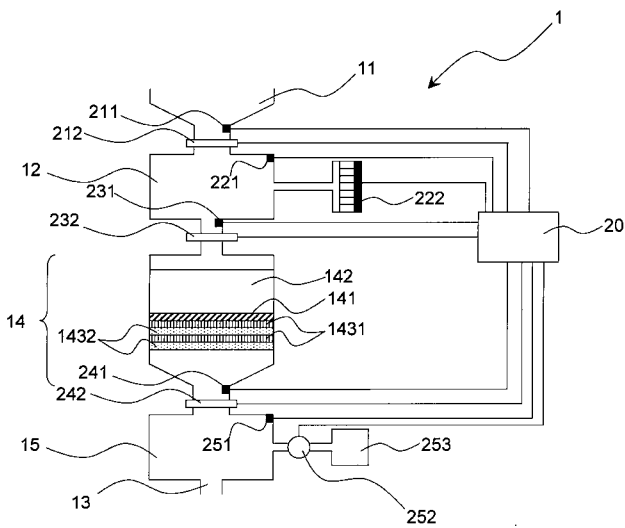
【図5】



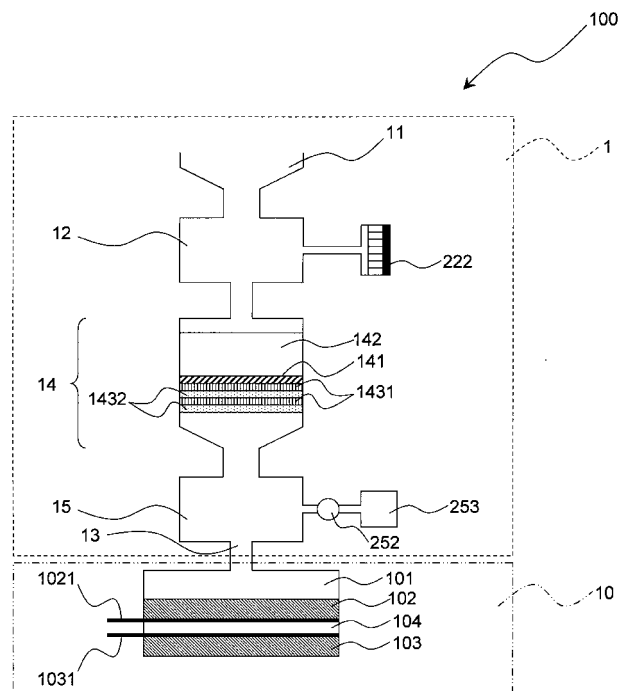
【図6】



【図7】

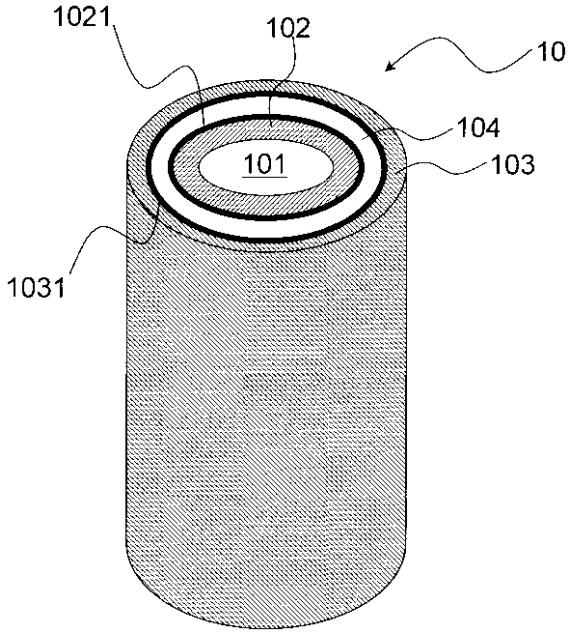


【図8】

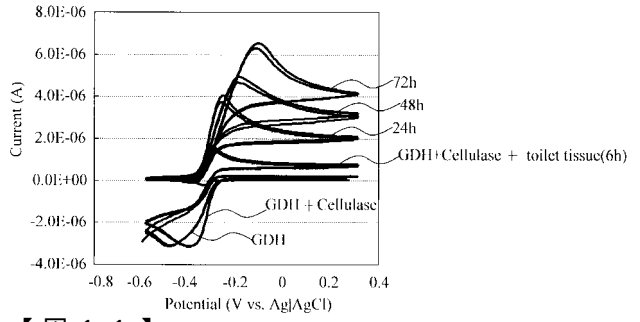




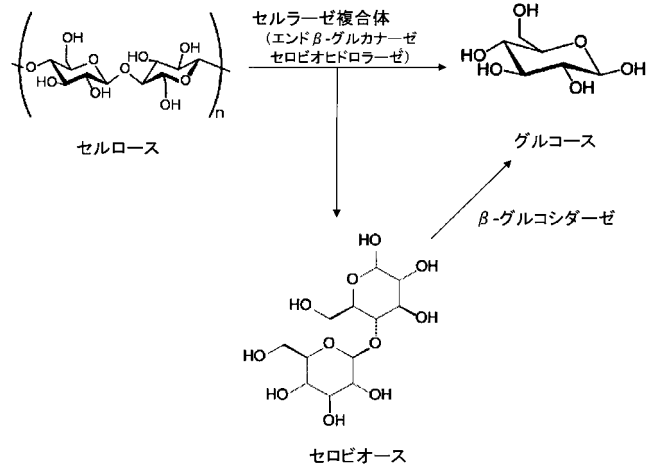
【図9】



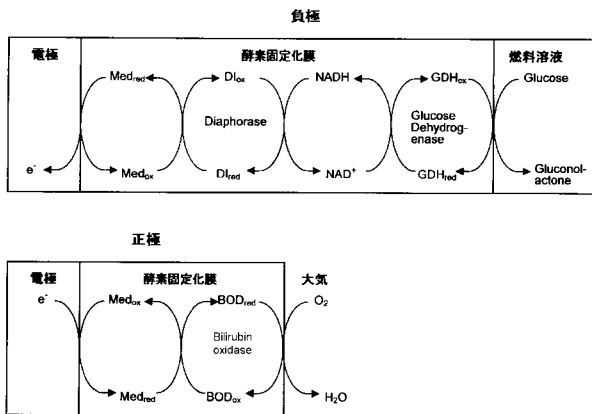
【図10】



【図11】



【図12】



---

フロントページの続き

(72)発明者 汲田 英之  
東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内

(72)発明者 角田 正也  
東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内

(72)発明者 中川 貴晶  
東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内

Fターム(参考) 4B029 AA27 BB16 CC03 DF10 DG06 DG10  
5H027 AA08 BA01 BA13 BA16 DD00 KK21 KK42 MM08 MM12