

明 細 書

発明の名称：微生物発電方法及び微生物発電装置

技術分野

[0001] 本発明は、微生物の代謝反応を利用する発電方法及び装置に関する。本発明は特に、有機物を微生物に酸化分解させる際に得られる還元力を電気エネルギーとして取り出す微生物発電方法及びその装置に関する。

背景技術

[0002] 近年、地球環境に配慮した発電方法へのニーズが高まり、微生物発電の技術開発も進められている。微生物発電は、微生物が有機物を資化する際に得られる電気エネルギーを取り出すことにより発電する方法である。

[0003] 一般的に、微生物発電では負極が配置された負極室内に、微生物、微生物に資化される有機物、及び電子伝達媒体（電子メディエータ）を共存させる。電子メディエータは微生物体内に入り、微生物が有機物を酸化して発生する電子を受け取って負極に渡す。負極は外部抵抗（負荷）を介して正極と電氣的に導通しており、負極に渡された電子は外部抵抗（負荷）を介して正極に移動し、正極と接する電子受容体に渡される。このような電子の移動により正極と負極との間に電流が流れる。

[0004] 微生物発電では、電子メディエータが微生物体から直接、電子を取り出すため、理論上のエネルギー変換効率は高い。しかし、実際のエネルギー変換効率は低く、発電効率の向上が求められている。そこで、発電効率を高めるため、電極の材料や構造、電子メディエータの種類、及び微生物種を選択等について様々な検討及び開発が行われている（例えば特許文献 1、特許文献 2）。

[0005] 特許文献 1 には、正極室と負極室とを固体電解質よりなるアルカリイオン導電体で隔て、正極室内及び負極室内をリン酸緩衝液（バッファ）で pH 7 とし、正極室内のリン酸緩衝液（カソード液）に空気を吹き込んで発電を行うことが記載されている。

- [0006] 特許文献2には、正極室と負極室とを区画する電解質膜に接するように、正極板として多孔質体を設置し、正極室に空気を流通させ、多孔質体の空隙中で空気と液とを接触させることが記載されている。以下、このように正極室内に空気を流通させ、空気中の酸素を電子受容体として利用する正極を「エアーカソード」と称す場合がある。
- [0007] エアーカソードを用いる微生物発電装置であれば、カソード液が不要で、また、正極室に単に空気を流通させるのみで良く、カソード液中への曝気の必要がないといった利点がある。
- [0008] また、特許文献3には、汚泥返流水中の有機物を微生物発電の燃料源として利用することが記載され、この汚泥返流水を固液分離槽で固液分離して固形物を除去した後、微生物発電装置の負極室に導入することが記載されている。この特許文献3には、微生物発電装置の排出水に凝集剤を添加して凝集汚泥を除去することが記載されているが、微生物発電装置の負極室に導入する汚泥返流水については、重力沈殿池で固液分離するのみであり、凝集処理する旨の記載はない。
- [0009] 従来、このような微生物発電装置における発電効率の向上を目的として、
- 1) 負極のメディエーター（例えば特許文献4）
 - 2) 負極室のpH調整
 - 3) 正極触媒の種類や触媒活性成分の担持方法
 - 4) 正極の形状
- などについての検討がなされている。

先行技術文献

特許文献

- [0010] 特許文献1：特開2000-133326号公報
特許文献2：特開2004-342412号公報
特許文献3：特開2006-81963号公報
特許文献4：特開2006-331706号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0011] 従来の微生物発電装置では、発電効率が小さく、実用化のためには、更なる発電効率の向上が望まれている。
- [0012] 特に、特許文献3のように、汚泥返流水のような有機性廃水を負極室に供給して廃水中の有機物をエネルギー源として用いることは、コスト面でも有利であるが、この場合においては、発電効率が非常に小さいものとなり、実用化のためには更なる改善が望まれる。
- [0013] 本発明は、簡易かつ安価な手段で微生物発電装置の発電効率を向上させることができる微生物発電方法及び微生物発電装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

- [0014] 第1態様の微生物発電方法は、負極を有し、微生物及び電子供与体を含む液を保持する負極室と、該負極室に対しイオン透過性非導電性膜を介して隔てられており、該イオン透過性非導電性膜に接する正極を有する正極室とを備えた微生物発電装置の該正極室に酸素含有ガスを供給すると共に、該負極室に有機物含有水を供給して発電を行う微生物発電方法において、該負極室に供給される有機物含有水を凝集処理して該負極室に導入される微生物量を低減することを特徴とする。
- [0015] 第2態様の微生物発電方法は、第1態様において、該有機物含有水を凝集沈殿処理した後、該負極室に供給することを特徴とする。
- [0016] 第3態様の微生物発電方法は、第1態様又は第2態様において、該有機物含有水が有機性排水又は有機性廃棄物の抽出液であることを特徴とする。
- [0017] 第4態様の微生物発電方法は、第1～3態様のいずれかにおいて、該負極室に導入される有機物含有水のSS濃度が50mg/L以下であることを特徴とする。
- [0018] 第5態様の微生物発電装置は、負極を有し、微生物及び電子供与体を含む液を保持する負極室と、該負極室に対しイオン透過性非導電性膜を介して隔てられており、該イオン透過性非導電性膜に接する正極を有する正極室と、

該正極室に酸素含有ガスを供給する手段と、該負極室に有機物含有水を供給する手段とを備えた微生物発電装置において、該負極室に供給される有機物含有水を凝集処理して、該負極室に導入される微生物量を低減する手段を設けたことを特徴とする。

[0019] 第6態様の微生物発電装置は、第5態様において、該負極室に導入される微生物量を低減する手段が凝集沈殿装置であることを特徴とする。

[0020] 第7態様の微生物発電装置は、第5態様又は第6態様において、該有機物含有水が有機性廃水又は有機性廃棄物の抽出液であることを特徴とする。

[0021] 第8態様の微生物発電装置は、第5～7態様のいずれかにおいて、該負極室に導入される有機物含有水のSS濃度が50mg/L以下であることを特徴とする。

発明の効果

[0022] 本発明においては、負極室に供給する有機物含有水を凝集処理して負極室に導入される有機物含有水由来の微生物量を低減することにより、微生物発電装置内で発電微生物を効率的に増殖させて、発電効率を良好に高めることができる。これは以下の理由による。

[0023] 微生物発電装置の発電効率の向上のためには、

- 1) 負極室内微生物の負極への電子の伝達
- 2) 有機物の分解の際生成されるプロトン等のイオンの正極室への透過を効率良く行うことが重要である。

[0024] 通常、負極室には、グラファイトフェルトやグラファイトクロス、グラファイトペレット、グラファイト成形物等を負極材として充填し、これに微生物を付着させることによって、発電微生物を負極内に維持し、かつ電子の移動を行わせている。

[0025] しかし、この負極室に、外部から発電微生物以外の微生物（以下「外来微生物」と称す。）が流入すると、この外来微生物が負極の充填剤に付着し、増殖の遅い発電微生物に代わって、外来微生物が増殖し、負極室内の微生物の多くは、外来微生物となってしまう。即ち、発電微生物は、微生物の電子

伝達系の中間から電子を負極に伝達するため、多くの有機物を分解するにもかかわらず、十分なエネルギーが得られず、分解有機物あたりの菌体生成率が極めて低い。つまり増殖が遅い。

本発明者の検討結果では、例えば、酢酸をエネルギー源とした場合、酢酸 1 g あたり、発電微生物は 0.001 ~ 0.005 g、グルコースの場合においても、1 g あたり、発電微生物は 0.01 ~ 0.05 g しか増殖できないことが判明した。このように、発電微生物の増殖量は極めて小さいため、負極室に大量の外来微生物が流入すると、負極中の発電微生物量はごくわずかになってしまい、結果として発電効率の低下につながる。

[0026] 通常、上述のような負極充填材を用いた場合の微生物保持量は、最大でも 20 g/L 程度であり、それ以上の微生物は洗浄、その他の操作で負極から取り除く必要がある。

例えば、負極室に供給する有機物含有水中に 100 mg/L の外来微生物が存在すると、酢酸 1000 mg/L を含む有機物含有水であっても、その 95 ~ 99 % は外来微生物に変換されてしまう。これに対して、負極室に供給する有機物含有水を凝集処理して、好ましくは凝集分離により外来微生物を除去することにより、負極室内で発電微生物が効率的に増殖し、発電微生物量は、有機物含有水の凝集処理を行わない場合に比べて 20 ~ 100 倍にも増殖することになる。

[0027] 本発明では、このように、外来微生物の負極室内への流入を阻止することで、発電微生物を効率的に増殖させて、発電効率を高めることができる。

[0028] なお、前述の特許文献 3 では、微生物発電装置の負極室に供給する汚泥返流水を固液分離しているが、単なる固液分離では外来微生物を十分に除去することはできず、外来微生物の流入を阻止するためには、凝集剤を添加して凝集処理し、これを固液分離する必要がある。

[0029] 従って、本発明において、凝集処理は凝集分離処理、特に凝集沈殿処理であることが好ましい。

図面の簡単な説明

[0030] [図1]本発明の一実施形態に係る微生物発電装置の断面模式図である。

[図2]本発明の一実施形態に係る微生物発電装置の断面模式図である。

発明を実施するための形態

[0031] 以下、図面を参照して本発明の微生物発電方法及び微生物発電装置の実施の形態を詳細に説明する。

[0032] 第2図は本発明の微生物発電方法及び装置の概略的な構成を示す模式的断面図である。

[0033] 第2図の微生物発電装置にあっては、槽体1内がイオン透過性非導電性膜2によって正極室3と負極室4とに区画されている。正極室3内には、イオン透過性非導電性膜2に接するように正極5が配置されている。

[0034] 負極室4内には、導電性多孔質材料よりなる負極6が配置されている。この負極6は、イオン透過性非導電性膜2に直に、又は1～2層程度の微生物の膜を介して接しており、イオン透過性非導電性膜2がカチオン透過膜であれば、負極6からイオン透過性非導電性膜2にプロトン(H^+)が受け渡し可能となっている。

[0035] 正極室3内は、空室であり、ガス流入口7から空気などの酸素含有ガスが導入され、ガス流出口8から排出配管25を経て排ガスが流出する。23は、正極室3に酸素含有ガスを供給する配管である。

[0036] 正極室3と負極室4とを仕切るイオン透過性非導電性膜2としては、後述する通り、カチオン透過膜が好適であるが、その他のものであっても良い。

[0037] 多孔質材料よりなる負極6に微生物が担持されている。負極室4には流入口4aから負極溶液Lを導入し、流出口4bから廃液を排出させる。負極室4内は嫌気性とされる。

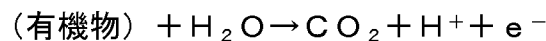
[0038] 負極室4内の負極溶液Lは循環往口9、循環配管10、循環用ポンプ11及び循環戻口12を介して循環される。この循環配管10には、負極室4から流出してきた液のpHを測定するpH計14が設けられると共に、水酸化ナトリウム水溶液などのアルカリ添加用配管13が接続され、負極溶液LのpHが7～9となるように、必要に応じてアルカリが添加される。

[0039] 本発明においては、この負極溶液Lとして、有機物含有水、特に、有機性廃水又は有機性廃棄物の抽出液を、凝集処理、好ましくは凝集分離処理、より好ましくは凝集沈殿処理した処理水を導入する。この凝集処理については後述する。

[0040] 正極室3内で生じた凝縮水は、図示しない凝縮水流出口から排水される。

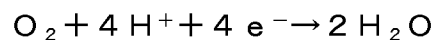
[0041] 正極5と負極6との間に生じた起電力により、端子20、22を介して外部抵抗21に電流が流れる。

[0042] 正極室3に酸素含有ガスを通気すると共に、必要に応じポンプ11を作動させて負極溶液Lを循環させることにより、負極室4内では、



なる反応が進行する。この電子 e^- が負極6、端子22、外部抵抗21、端子20を経て正極5へ流れる。

[0043] 上記反応で生じたプロトン H^+ は、イオン透過性非導電性膜5Aのカチオン透過膜を通して正極5に移動する。正極5では、



なる反応が進行する。この正極反応で生成した H_2O は凝縮して凝縮水が生じる。この凝縮水には、イオン透過性非導電性膜2のカチオン透過膜を透過してきた K^+ 、 Na^+ などが溶け込み、これにより凝縮水が $\text{pH} 9.5 \sim 12.5$ 程度の高アルカリ性となる。従って、この高アルカリ性の凝縮水を前述の負極溶液Lの pH 調整に利用しても良い。

[0044] 負極室4では、微生物による水の分解反応により CO_2 が生成することにより、 pH が低下しようとする。そこで、 pH 計14の検出 pH が好ましくは7～9となるようにアルカリが負極溶液Lに添加される。このアルカリは、負極室6に直接に添加されてもよいが、循環水に添加することにより、負極室6内の全域を部分的な偏りなしに $\text{pH} 7 \sim 9$ に保つことができる。

[0045] 第1図は本発明の特に好ましい形態に係る微生物発電装置の概略的な断面図である。

[0046] 第1図の微生物発電装置にあっては、略直方体形状の槽体30内に2枚の

板状のイオン透過性非導電性膜 3 1, 3 1 が互いに平行に配置されることにより、該イオン透過性非導電性膜 3 1, 3 1 同士の間には負極室 3 2 が形成され、該負極室 3 2 とそれぞれ該イオン透過性非導電性膜 3 1 を隔てて 2 個の正極室 3 3, 3 3 が形成されている。

[0047] 負極室 3 2 内には、各イオン透過性非導電性膜 3 1 と直に、又は 1 層～ 2 層程度の生物膜を介して接するように、多孔質材料よりなる負極 3 4 が配置されている。負極 3 4 は、イオン透過性非導電性膜 3 1, 3 1 に対し軽く、例えば 0.1 kg/cm^2 以下の圧力で、押し付けられるのが好ましい。

[0048] 正極室 3 3 内には、イオン透過性非導電性膜 3 1 と接して正極 3 5 が配置されている。この正極 3 5 は、パッキン 3 6 に押圧されてイオン透過性非導電性膜 3 1 に押し付けられている。正極 3 5 とイオン透過性非導電性膜 3 1 との密着性を高めるために、両者を溶着したり、接着剤で接着してもよい。

[0049] 正極 3 5 と槽体 3 0 の側壁との間は、酸素含有ガスの流通スペースとなっている。

[0050] この正極 3 5 及び負極 3 4 は、端子 3 7, 3 9 を介して外部抵抗 3 8 に接続されている。

[0051] 負極室 3 2 には、流入口 3 2 a から負極溶液 L が導入され、流出口 3 2 b から廃液が流出する。負極室 3 2 内は嫌気性とされる。

[0052] 負極室 3 2 内の負極溶液は、循環往口 4 1、循環配管 4 2、循環ポンプ 4 3 及び循環戻口 4 4 を介して循環される。各正極室 3 3 には、配管 6 1 からの酸素含有ガスがガス流入口 5 1 から流入し、排ガスがガス流出口 5 2 から配管 6 3 を経て流出する。

[0053] 負極溶液の循環配管 4 2 に、pH 計 4 7 が設けられると共に、アルカリ添加用配管 4 5 が接続されている。負極室 3 2 から流出する負極溶液の pH を pH 計 4 7 で検出し、この pH が好ましくは 7～9 となるように水酸化ナトリウム水溶液などのアルカリが添加される。

[0054] この第 1 図の微生物発電装置においても、正極室 3 3 に酸素含有ガスを流通させ、負極室 3 2 に負極溶液を流通させ、好ましくは負極溶液を循環させ

ることにより、正極 3 5 と負極 3 4 との間に電位差が生じ、外部抵抗 3 8 に電流が流れる。

[0055] 次に、この微生物発電装置の微生物、負極溶液などのほか、酸素含有ガスや、イオン透過性非導電性膜、負極及び正極の好適な材料等について説明する。

[0056] 発電微生物は、電子供与体としての機能を有するものであれば特に制限されない。例えば、*Saccharomyces*、*Hansenula*、*Candida*、*Micrococcus*、*Staphylococcus*、*Streptococcus*、*Leuconostoa*、*Lactobacillus*、*Corynebacterium*、*Arthrobacter*、*Bacillus*、*Clostridium*、*Neisseria*、*Escherichia*、*Enterobacter*、*Serratia*、*Achromobacter*、*Alcaligenes*、*Flavobacterium*、*Acetobacter*、*Moraxella*、*Nitrosomonas*、*Nitrobacter*、*Thiobacillus*、*Gluconobacter*、*Pseudomonas*、*Xanthomonas*、*Vibrio*、*Comamonas*及び*Proteus* (*Proteus vulgaris*) の各属に属する細菌、糸状菌、酵母などを挙げることができる。このような微生物を含む汚泥として下水等の有機物含有水を処理する生物処理槽から得られる活性汚泥、下水の最初沈澱池からの流出水に含まれる微生物、嫌気性消化汚泥等を植種として負極室に供給し、微生物を負極に保持させることができる。発電効率を高くするためには、負極室内に保持される微生物量は高濃度であることが好ましく、例えば微生物濃度は 1 ~ 50 g / L であることが好ましい。

[0057] 負極溶液 L としての有機物含有水としては、微生物又は細胞を保持し、かつ発電に必要な組成を有する溶液が用いられる。例えば、呼吸系の発電を行う場合は、負極側の溶液としては、ブイヨン培地、M9 培地、L 培地、Malt Extract、MY 培地、硝化菌選択培地などの呼吸系の代謝を行うのに必要なエネルギー源や栄養素などの組成を有する培地が利用できる。また、下水、有機性産業排水、生ごみ等の有機性廃棄物を用いることができる。

[0058] 負極溶液 L 中には、微生物又は細胞からの電子の引き抜きをより容易とするために電子メディエーターを含有させてもよい。この電子メディエーターとしては、例えば、チオニン、ジメチルジスルホン化チオニン、ニューメチ

レンブルー、トルイジンブルー[○]等のチオニン骨格を有する化合物、2-ヒドロキシー-1, 4-ナフトキノン等の2-ヒドロキシー-1, 4-ナフトキノン骨格を有する化合物、ブリリアントクレジルブルー、ガロシアニン、レスルフィン、アリザリンブリリアントブルー、フェノチアジノン、フェナジンエソスルフェート、サフラニン[○]、ジクロロフェノールインドフェノール、フェロセン、ベンゾキノン、フタロシアニン、あるいはベンジルビオローゲン及びこれらの誘導体などを挙げることができる。

[0059] さらに、微生物の発電機能を増大させるような材料、例えばビタミンCのような抗酸化剤や、微生物中の特定の電子伝達系や物質伝達系のみを働かせる機能増大材料を溶解すると、さらに効率よく電力を得ることができるので好ましい。

[0060] 負極溶液Lは、必要に応じ、リン酸バッファを含有していてもよい。

[0061] 負極溶液Lとしての有機物含有水中の有機物としては、微生物によって分解されるものであれば特に制限はないが、水溶性の有機物であることが好ましい。負極溶液Lとしての有機物含有水中の有機物濃度は、発電効率を高くするために100～10000mg/L程度の高濃度であることが好ましい。

[0062] 本発明においては、この負極溶液Lとして負極室に供給する有機物含有水として、好ましくは食品系有機廃水、飲料廃水、醸造廃水等の有機性廃水又は有機性廃棄物の抽出液を用い、この有機物含有水を凝集処理、好ましくは凝集分離、より好ましくは凝集沈澱処理した後負極室に供給する。

[0063] ここで用いる凝集剤としては特に制限はなく、有機性廃水の処理に一般的に用いられる無機凝集剤や高分子凝集剤を用いることができる。例えば、無機凝集剤として、PAC（ポリ塩化アルミニウム）、塩化第二鉄、ポリ硫酸第二鉄、硫酸第一鉄等、カチオン性高分子凝集剤として、ポリジメチルジアリルアンモニウムクロライド、ポリアルキレンポリアミン等、アニオン性高分子凝集剤として、2-アクリルアミド-2-メチルプロパンスルホン酸単位を有するポリマー等、ノニオン性高分子凝集剤として、ポリエチレンイミ

ン、ジシアンジアミドーホルマリン縮合物等、従来公知の凝集剤をいずれも好適に用いることができる。これらの凝集剤は１種を単独で用いても良く、２種以上を併用しても良い。

[0064] 凝集剤の添加量は有機物含有水の性状、用いる凝集剤の種類によって異なり、一概には言えないが、通常有機物含有水に対して無機凝集剤では $20 \sim 50 \text{ mg/L}$ 、高分子凝集剤では $0.5 \sim 10 \text{ mg/L}$ 程度である。

なお、凝集処理に際しては、用いる凝集剤に応じて、好適pHにpH調整することが好ましい。

[0065] 凝集処理水を固液分離する固液分離手段としては、装置が簡単で運転が容易であることにより、沈殿槽が好適に用いられるが、膜分離装置であっても良い。また、沈殿槽の後段に更に濾過装置を設けて外来微生物を高度に除去しても良い。

[0066] 本発明では、このような凝集処理、好ましくは凝集分離、より好ましくは凝集沈澱処理を行うことにより、負極室に導入される有機物含有水中の外来微生物がSS濃度として 50 mg/L 以下、特に 20 mg/L 以下となるように十分に低減することが好ましい。

[0067] 正極室に流通させる酸素含有ガスとしては、空気が好適であるが、純酸素や、酸素を富化させた空気を用いることもできる。

この正極室からの排ガスは、必要に応じ脱酸素処理した後、負極室に通気し、負極溶液Lからの溶存酸素のパージに用いてもよい。

[0068] イオン透過性非導電性膜としては、非導電性でイオン透過性のあるカチオン透過膜又はアニオン透過膜等のイオン透過膜であれば良く、各種イオン交換膜や逆浸透膜等を用いることができる。イオン交換膜としては、プロトン選択性の高いカチオン交換膜、又はアニオン交換膜を好適に使用でき、例えばカチオン交換膜としてはデュポン株式会社製ナフィオン（登録商標）、株式会社アストム製のカチオン交換膜であるCMB膜等が使用できる。また、アニオン交換膜としては、アストム製アニオン交換膜やトクヤマ製アニオン型電解質膜などが好適である。イオン透過性非導電性膜は、薄くて丈夫であ

ることが好ましく、通常、その膜厚は30～300 μm 、特に30～200 μm 程度であることが好ましい。

[0069] 負極は、多くの微生物を保持できるよう、表面積が大きく空隙が多く形成され通水性を有する多孔体が好ましい。具体的には、少なくとも表面が粗とされた導電性物質のシートや導電性物質をフェルト状その他の多孔性シートにした多孔性導電体（例えばグラファイトフェルト、発泡チタン、発泡ステンレス等）が挙げられる。

[0070] このような多孔質の負極を直接に又は微生物層を介してイオン透過性非導電性膜に当接させた場合、電子メディエータを用いることなく、微生物反応で生じた電子が負極に渡るようになり、電子メディエータを不要とすることができる。

[0071] 複数のシート状導電体を積層して負極としてもよい。この場合、同種の導電体シートを積層してもよく、異なる種類の導電体シート同士（例えばグラファイトフェルトと粗面を有するグラファイトシート）を積層してもよい。

[0072] 負極は全体の厚さが3mm以上40mm以下、特に5～20mm程度であることが好ましい。積層シートによって負極を構成した場合、シート同士の合わせ面（積層面）に沿って液が流れるように、積層面を液の流入口と流出口とを結ぶ方向に配向させるのが好ましい。

[0073] 本発明では、負極室を複数の分室に分割し、各分室を直列接続することで各分室でのpH低下を抑制した上で負極室内の液のpHを調整するようにしてもよい。負極室を分割すれば、各分室での有機物分解量が小さくなる結果、炭酸ガスの生成量も小さくなるため、各分室でのpH低下を少なくできる。

[0074] 正極は、導電性基材と、該導電性基材に担持された酸素還元触媒とを有することが好ましい。

[0075] 導電性基材としては、導電性が高く、耐食性が高く、厚みが薄くても十分な導電性と耐食性、更には導電性基材としての機械的強度を有するものであれば良く、特に制限はないが、グラファイトペーパー、グラファイトフェル

ト、グラファイトクロス、ステンレスメッシュ、チタンメッシュ等を用いることができ、これらのうち、特に耐久性と加工のしやすさ等の点から、グラファイトペーパー、グラファイトフェルト、グラファイトクロス等のグラファイト系基材が好ましく、とりわけグラファイトペーパーが好ましい。なお、これらのグラファイト系基材はポリテトラフルオロエチレン（PTFE）等のフッ素樹脂によって疎水化されたものであっても良い。

[0076] 正極の導電性基材の厚さは、厚過ぎると酸素の透過が悪くなり、薄過ぎると、基材に必要な強度等の要求特性を満たすことができないことから、20～3000 μm 程度であることが好ましい。

[0077] 酸素還元触媒としては、白金等の貴金属のほか、安価で且つ触媒活性が良好であるところから、二酸化マンガン等の金属酸化物が好適であり、その担持量は、0.01～2.0 mg/cm^2 程度とすることが好ましい。

[0078] なお、以上の説明では、正極室に空気等の酸素含有ガスを導入するエアーカーソードを用いた微生物発電装置を例示したが、本発明の微生物発電装置は何らエアーカーソードのものに限定されず、正極室内のリン酸緩衝液（カソード液）に空気を吹き込んで発電を行う形式のものであっても良い。

実施例

[0079] 以下、実施例及び比較例を挙げて、本発明をより具体的に説明する。

説明の便宜上まず比較例を挙げる。

[0080] [比較例1]

7 $\text{cm} \times 25 \text{ cm} \times 2 \text{ cm}$ （厚さ）の負極室に、厚さ1 cm のグラファイトフェルトを2枚重ねて充填して負極を形成した。この負極に対して、イオン透過性非導電性膜としてカチオン交換膜（デュポン株式会社製 商品名（登録商標）「ナフィオン115」）を介して正極室を形成した。正極室は7 $\text{cm} \times 25 \text{ cm} \times 0.5 \text{ cm}$ （厚さ）であり、田中貴金属社製Pt触媒（Pt担持カーボンブラック，Pt含有量50重量%）を、5重量%ナフィオン（登録商標）溶液（デュポン社製）に分散させた液を、PTFEで撥水処理した厚さ160 μm のカーボンペーパー（東洋カーボン社製）に、Pt付着

量が 0.4 mg/cm^2 となるように塗布し、 50°C で乾燥させて得られたものを正極として、上記カチオン交換膜と密着させた。

負極のグラファイトフェルトと正極のカーボンペーパーには、ステンレス線を導電性ペーストで接着して電気引出し線とし、 $2\ \Omega$ の抵抗で接続した。

[0081] 負極室には、下水に酢酸を 1000 mg/L 添加し、 pH を 7.5 に維持した、負極溶液を通液した。この負極溶液は予め、別水槽で 35°C に加温し、この水槽で加温した液を負極室へ 10 mL/min で通液することにより、負極室の温度を 35°C に加温した。なお、負極溶液の通液に先立って、他の微生物発電装置の流出液を植菌として通液した。

正極室には、常温の空気を 1.0 L/min の流量で通気した。

その結果、負極溶液の通液開始から3日後には発電量はほぼ一定となり、負極 1 m^3 あたりの発電量は 12 W （発電効率 12 W/m^3 ）となった。

[0082] [比較例2]

比較例1において、酢酸を添加し、 pH を 7.5 に維持した下水を30分間静置して自然沈降分離により固液分離した上澄水を負極室に通液したこと以外は同様にして発電を行ったところ、発電効率 41 W/m^3 となった。

[0083] [実施例1]

比較例2において、酢酸を添加し、 pH を 7.5 に維持した下水に、凝集剤として塩化第二鉄を Fe として 25 mg/L 添加した後、沈殿槽で固液分離し、上澄水を負極室に通液したこと以外は同様にして発電を行ったところ、発電効率は 140 W/m^3 となった。

[0084] なお、比較例1、2及び実施例1において、負極室に負極溶液として通液された下水（酢酸添加、 $\text{pH } 7.5$ ）中の SS 濃度と発電効率との関係を表1に示す。

[0085]

[表1]

	SS濃度 (mg/L)	発電効率 (W/m ³)
比較例1	121	12
比較例2	52	41
実施例1	13	140

[0086] 表1より本発明によれば、下水中の微生物を高度に凝集分離して除去することにより、下水等の有機物含有水をエネルギー源として利用する微生物発電装置の発電効率を格段に高めることができることが分かる。

[0087] 本発明を特定の態様を用いて詳細に説明したが、本発明の意図と範囲を離れることなく様々な変更が可能であることは当業者に明らかである。

なお、本出願は、2008年12月17日付で出願された日本特許出願（特願2008-321003）に基づいており、その全体が引用により援用される。

符号の説明

- [0088] 1, 30 槽体
2, 31 イオン透過性非導電性膜
3, 33 正極室
4, 32 負極室
5, 35 正極
6, 34 負極

請求の範囲

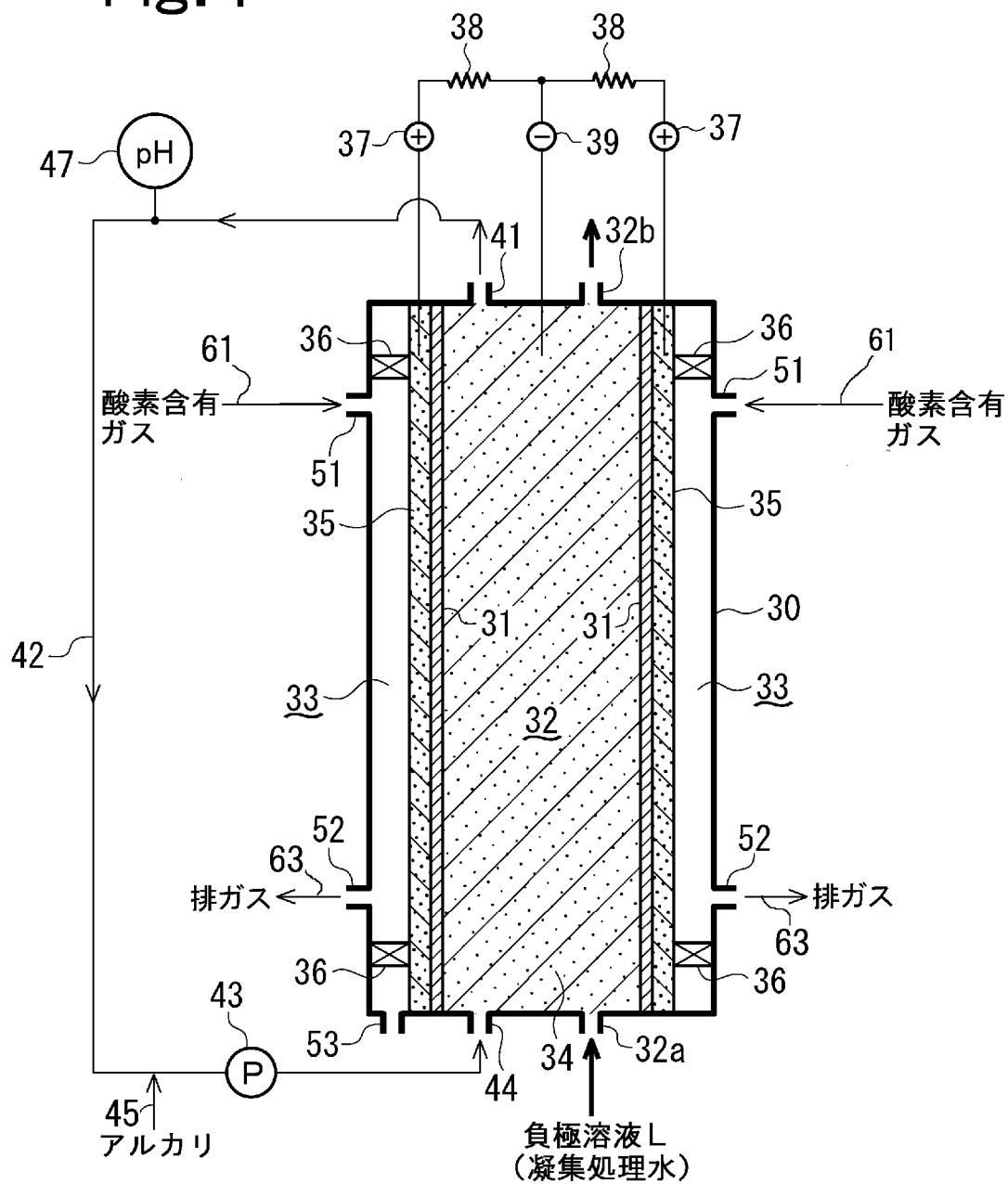
- [請求項1] 負極を有し、微生物及び電子供与体を含む液を保持する負極室と、
該負極室に対しイオン透過性非導電性膜を介して隔てられており、
該イオン透過性非導電性膜に接する正極を有する正極室と
を備えた微生物発電装置の該正極室に酸素含有ガスを供給すると共に、
該負極室に有機物含有水を供給して発電を行う微生物発電方法において、
該負極室に供給される有機物含有水を凝集処理して該負極室に導入
される微生物量を低減することを特徴とする微生物発電方法。
- [請求項2] 請求項1において、該有機物含有水を凝集沈殿処理した後、該負極
室に供給することを特徴とする微生物発電方法。
- [請求項3] 請求項1又は2において、該有機物含有水が有機性排水又は有機性
廃棄物の抽出液であることを特徴とする微生物発電方法。
- [請求項4] 請求項1ないし3のいずれか1項において、該負極室に導入される
有機物含有水のSS濃度が50mg/L以下であることを特徴とする
微生物発電方法。
- [請求項5] 負極を有し、微生物及び電子供与体を含む液を保持する負極室と、
該負極室に対しイオン透過性非導電性膜を介して隔てられており、
該イオン透過性非導電性膜に接する正極を有する正極室と、
該正極室に酸素含有ガスを供給する手段と、
該負極室に有機物含有水を供給する手段と
を備えた微生物発電装置において、
該負極室に供給される有機物含有水を凝集処理して、該負極室に導
入される微生物量を低減する手段を設けたことを特徴とする微生物発
電装置。
- [請求項6] 請求項5において、該負極室に導入される微生物量を低減する手段
が凝集沈殿装置であることを特徴とする微生物発電装置。
- [請求項7] 請求項5又は6において、該有機物含有水が有機性廃水又は有機性

廃棄物の抽出液であることを特徴とする微生物発電装置。

[請求項8] 請求項5ないし7のいずれか1項において、該負極室に導入される有機物含有水のSS濃度が50mg/L以下であることを特徴とする微生物発電装置。

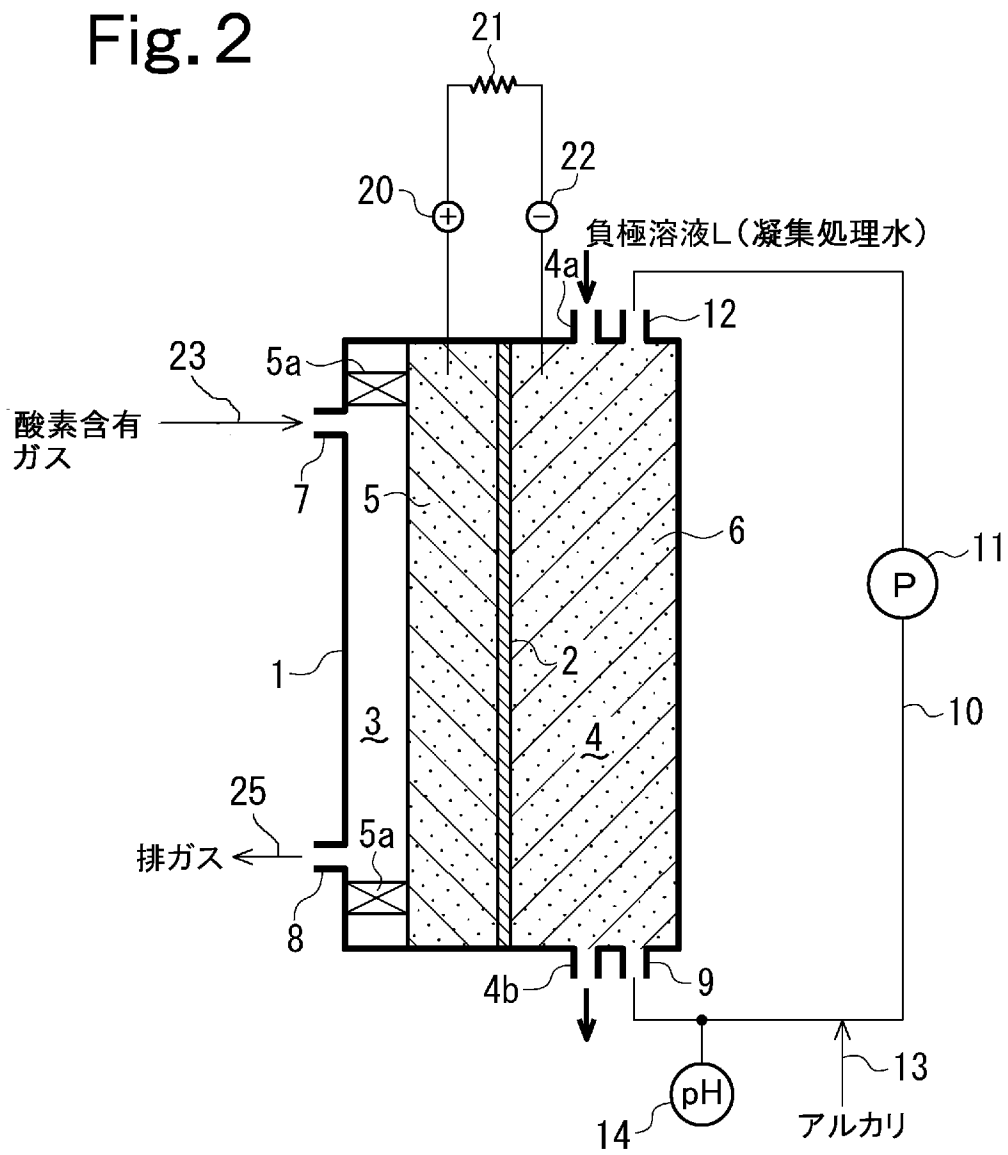
[図1]

Fig. 1



[図2]

Fig. 2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/070591

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01M8/16(2006.01)i, H01M8/04(2006.01)i, H01M8/10(2006.01)i, C12M1/00(2006.01)n

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01M8/16, H01M8/04, H01M8/10, C12M1/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2007/037261 A1 (Ebara Corp.), 05 April 2007 (05.04.2007), entire text & JP 2007-90232 A & US 2009/142627 A & EP 1939968 A1	1-8
Y	JP 2003-135089 A (Takuma Co., Ltd. et al.), 13 May 2003 (13.05.2003), entire text (Family: none)	1-8
Y	JP 2005-224772 A (Sanyo Electric Co., Ltd.), 25 August 2005 (25.08.2005), entire text (Family: none)	1-8

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
08 March, 2010 (08.03.10)

Date of mailing of the international search report
16 March, 2010 (16.03.10)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/070591

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2004-65143 A (Kabushiki Kaisha Kuraudo) , 04 March 2004 (04.03.2004) , entire text (Family: none)	1-8
Y	JP 4-349995 A (Fujita Corp.) , 04 December 1992 (04.12.1992) , entire text (Family: none)	1-8

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H01M8/16(2006.01)i, H01M8/04(2006.01)i, H01M8/10(2006.01)i, C12M1/00(2006.01)n

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H01M8/16, H01M8/04, H01M8/10, C12M1/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 0 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 0 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 0 年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	WO 2007/037261 A1 (株式会社荏原製作所) 2007.04.05, 全文 &JP 2007-90232 A&US 2009/142627 A&EP 1939968 A1	1-8
Y	JP 2003-135089 A (株式会社タクマ 外1名) 2003.05.13, 全文 (ファミリーなし)	1-8
Y	JP 2005-224772 A (三洋電機株式会社) 2005.08.25, 全文 (ファミリーなし)	1-8

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

0 8 . 0 3 . 2 0 1 0

国際調査報告の発送日

1 6 . 0 3 . 2 0 1 0

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

原 賢一

4 X

9 0 6 2

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 7 7

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2004-65143 A (株式会社クラウド) 2004.03.04, 全文 (ファミリーなし)	1-8
Y	JP 4-349995 A (株式会社フジタ) 1992.12.04, 全文 (ファミリーなし)	1-8