

(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2007-66723  
(P2007-66723A)

(43) 公開日 平成19年3月15日(2007.3.15)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 M 8/24 (2006.01)	HO 1 M 8/24 E	5HO26
HO 1 M 8/02 (2006.01)	HO 1 M 8/02 E	
HO 1 M 8/10 (2006.01)	HO 1 M 8/02 Y	
	HO 1 M 8/02 Z	
	HO 1 M 8/10	
審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 27 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2005-252000 (P2005-252000)	(71) 出願人	000003207 トヨタ自動車株式会社 愛知県豊田市トヨタ町1番地
(22) 出願日	平成17年8月31日 (2005.8.31)	(74) 代理人	100104499 弁理士 岸本 達人
		(74) 代理人	100108800 弁理士 星野 哲郎
		(74) 代理人	100101203 弁理士 山下 昭彦
		(72) 発明者	村田 成亮 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
		(72) 発明者	中西 治通 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
		最終頁に続く	

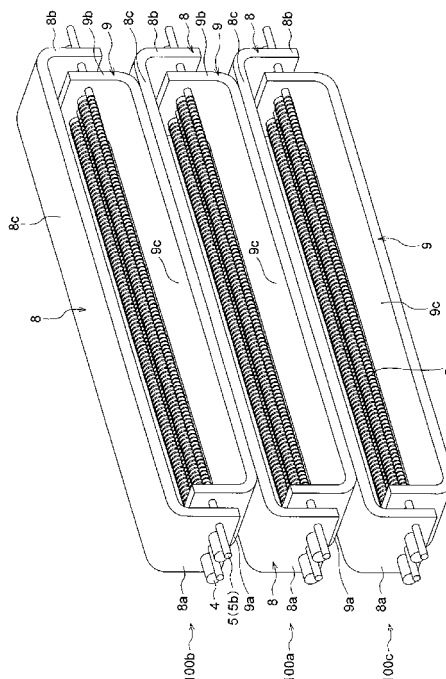
(54) 【発明の名称】 燃料電池

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 複数の中空型セルを並列接続したモジュールを2個以上直列接続した燃料電池において、各中空型セルから効率良く電流を取り出し、発電効率を高めることのできる燃料電池を提供する。

【解決手段】 中空型セルを2個以上並列接続させたモジュールを、2個以上直列接続した燃料電池であって、前記各モジュールは、各中空型セルのアノード側集電材に接続するか又は各中空型セルのアノード側集電材が相互に接続した接続網に接続して電流を集約するアノード側モジュール接続部と、同様に電流を集約するカソード側モジュール接続部を備えており、隣接しあうモジュール間は、直列接続されており、集電材又はそれらを相互に接続した接続網とモジュール接続部は、該集電材又は接続網に対する接続位置が分散配置された2つ以上の電流引出し部を介して接続されていることを特徴とする、燃料電池。

【選択図】 図6



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

中空電解質膜、該中空電解質膜の内面及び外面に設けられた一对の電極、および該一对の電極にそれぞれ接続する集電材を有し、且つ、少なくとも一方の端部が開放された中空型セルを 2 個以上並列接続させたモジュールを、2 個以上直列接続した燃料電池であって、

前記各モジュールは、各中空型セルのアノード側集電材に接続するか又は各中空型セルのアノード側集電材が相互に接続した接続網に接続して電流を集約するアノード側モジュール接続部と、各中空型セルのカソード側集電材に接続するか又は各中空型セルのカソード側集電材が相互に接続した接続網に接続して電流を集約するカソード側モジュール接続部を備えており、

隣接しあうモジュール間は、一方のモジュールのアノード側モジュール接続部と他方のモジュールのカソード側モジュール接続部とが接続して直列接続されており、

少なくとも一つの前記モジュールにおいて、各中空型セルのアノード側及びカソード側のうち少なくとも一方の集電材又はそれらを相互に接続した接続網とモジュール接続部は、該集電材又は接続網に対する接続位置が分散配置された 2 つ以上の電流引出し部を介して接続されていることを特徴とする、燃料電池。

10

## 【請求項 2】

全ての前記モジュールにおいて、各中空型セルのアノード側及びカソード側のうち少なくとも一方の集電材又はそれらを相互に接続した接続網とモジュール接続部は、前記分散配置された各電流引出し部を介して接続されている、請求項 1 に記載の燃料電池。

20

## 【請求項 3】

分散配置された前記各電流引出し部のモジュール接続部に対する接続位置は、モジュール接続部上の 2 箇所以上に分散配置されている、請求項 1 又は 2 に記載の燃料電池。

## 【請求項 4】

前記モジュール接続部は、前記各電流引出し部と、該各電流引出し部を電氣的に連通する連通部とが一体的に形成された構造を有する、請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の燃料電池。

## 【請求項 5】

隣接しあって直列接続される前記モジュール同士が、一方のモジュールが有するアノード側モジュール接続部の前記連通部と、他方のモジュールが有するカソード側モジュール接続部の前記連通部とが、面接触して直列に接続されており、

2 つの連通部の接触面は、当該連通部に集約された電流が当該連通部と接続する隣接するモジュールの前記連通部へと流れる方向に対して直角である、請求項 4 に記載の燃料電池。

30

## 【請求項 6】

前記モジュール接続部は、板状の前記連通部の両端に板状の 2 つの前記電流引出し部が配置されるように板状の導電性材料をコの字型に成形した形状を有し、前記連通部が前記中空型セルの長手方向に対して平行となるように配設され、前記電流取り出し部が前記中空型セルの側面方向から該中空型セルの集電材に接近し、接続している、請求項 5 に記載の燃料電池。

40

## 【請求項 7】

前記アノード側集電材及び前記カソード側集電材のうち、前記中空電解質膜の外面に設けられた電極に接続する集電材が、前記中空型セルと平行に配置された棒状集電材と、前記複数の中空型セル及び該複数の中空型セルに備えられた棒状集電材を編み込む網状集電材とからなり、

前記各中空型セルの各棒状集電材上に、2 つ以上の前記電流引出し部が分散配置されている、請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載の燃料電池。

## 【請求項 8】

前記各中空型セルの棒状集電材上に分散配置された前記各電流引出し部のうち最も遠い

50

位置関係にあるもの同士は、前記棒状集電材の中空型セル長手方向における全長の二分の一以上の間隔を持って配置されている、請求項 7 に記載の燃料電池。

【請求項 9】

前記電流引出し部のうち最も遠い位置関係にあるもの同士は、前記棒状集電材の中空型セル長手方向における両端に設けられている、請求項 8 に記載の燃料電池。

【請求項 10】

前記アノード側集電材及び前記カソード側集電材のうち、前記中空電解質膜の外面に設けられた電極に接続する集電材が、前記複数の中空型セルを編み込む網状集電材からなる接続網であり、前記網状集電材からなる接続網上に、2 つ以上の前記電流引出し部が分散配置されている、請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の燃料電池。

10

【請求項 11】

前記分散配置された各電流引出し部の前記集電材又は接続網に対する接続位置は、該各電流引出し部によって電流を引き出される該集電材又は該接続網の各領域が電流を集電する電極の各領域における発電電流量と、該集電材又は該接続網の電流容量とを比較したときに、前記発電電流量が前記電流容量以下となる位置である、請求項 1 乃至 10 のいずれかに記載の燃料電池。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、中空形状の電解質膜を有する中空型セルが 2 個以上並列接続したモジュールを 2 個以上、直列接続した燃料電池に関する。

20

【背景技術】

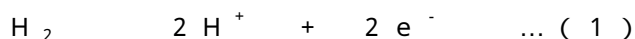
【0002】

燃料電池は、燃料と酸化剤を電気的に接続された 2 つの電極に供給し、電気化学的に燃料の酸化を起こさせることで、化学エネルギーを直接電気エネルギーに変換する。火力発電とは異なり、燃料電池はカルノーサイクルの制約を受けないので、高いエネルギー変換効率を示す。電解質として固体高分子電解質を用いる固体高分子電解質型燃料電池は、小型化が容易であること、低い温度で作動すること、などの利点があることから、特に携帯用、移動体用電源として注目されている。

【0003】

固体高分子電解質型燃料電池では、水素を燃料とした場合、アノードでは (1) 式の反応が進行する。

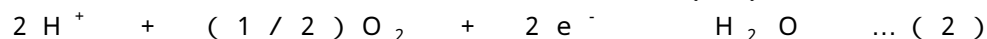
30



(1) 式で生じる電子は、外部回路を經由し、外部の負荷で仕事をした後、カソードに到達する。そして、(1) 式で生じたプロトンは、水と水和した状態で、固体高分子電解質膜内をアノード側からカソード側に、電気浸透により移動する。

【0004】

また、酸素を酸化剤とした場合、カソードでは (2) 式の反応が進行する。



カソードで生成した水は、主としてガス拡散層を通り、外部へと排出される。

40

このように、燃料電池では、水以外の排出物がなく、クリーンな発電装置である。

【0005】

従来、固体高分子電解質型燃料電池としては主に、平面状の固体高分子電解質膜の一面にアノード及び他面にカソードとなる触媒層を設けるとともに、得られた平面状の膜・電極接合体の両側にさらにそれぞれガス拡散層を設け、さらに平面状のセパレータで挟んだ平型の単セルが開発されてきた。このような平型の単セルは、複数積層して燃料電池スタックとし用いられる。

固体高分子電解質型燃料電池の出力密度向上のため、固体高分子電解質膜としては非常に膜厚の薄いプロトン伝導性高分子膜が用いられている。この膜厚はすでに 100 μm 以下のものが主流であり、さらなる出力密度向上のためにさらに薄い電解質膜を用いたとし

50

ても、単セルの厚みを現在のものより劇的に薄くすることはできない。同様に、触媒層、ガス拡散層及びセパレータ等についてもそれぞれ薄膜化が進んでいるが、それらすべての部材の薄膜化によっても、単位体積当たりの出力密度の向上には限界がある。従って、小型化の要求に対しても、今後充分に応えられなくなることが予想される。

【0006】

また、前記セパレータには、通常、腐食性に優れたシート状のカーボン材料が用いられている。セパレータは、このカーボン材料自体が高価である上に、平面状の膜・電極接合体の面全体に均一に燃料ガス及び酸化剤ガスを行き渡らせるためのガス流路溝を、微細加工により形成するため、非常に高価なものとなっている。その結果、燃料電池の製造原価を押し上げていた。

10

以上の問題の他にも、平型の単セルには、前記ガス流路から燃料ガス及び酸化剤ガスが漏れ出さないように幾層にもスタックされた単セルの周縁を確実にシールすることが技術的に難しいこと、平面状の膜・電極接合体のたわみや変形に起因して発電効率が低下してしまうことがあることなど、多くの問題がある。

【0007】

近年、中空状の電解質膜の内面側と外面側にそれぞれ電極を設けた中空型セルを基本的な発電単位とする固体高分子電解質型燃料電池が開発されている（例えば、特許文献1等）。

このような中空型セルを有する燃料電池は、その中空内をガス流路とするため、平型で使用されるセパレータに相当する部材が必要ない。そして、その内面と外面とにそれぞれ異なった種類のガスを供給して発電するので、特別にガス流路を形成する必要もない。従って、その製造においては、コストの低減が見込まれる。さらに、セルが3次元形状であるので、平型の単セルに比べて体積に対する比表面積が大きくとれ、体積当たりの発電出力密度の向上が見込める。

20

【0008】

【特許文献1】特表2004-505417号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

中空型セルを備える燃料電池では、通常、大きな電圧を得るために、まず、複数の中空型セルを並列に接続する。そして、大きな電流を得るために、中空型セルが並列に接続された複数の中空型セル群（モジュール）を、さらに直列に接続する。

30

中空型セルは、中空電解質膜の内面及び外面に設けられた電極にそれぞれ接続する集電材（アノード側集電材、カソード側集電材）を有しており、ここから各セルの電流が取り出される。複数の中空型セルを並列に接続する場合には、各セルのアノード側集電材と接続して複数のセルの電流を集約するアノード側モジュール接続部と、各セルのカソード側集電材と接続して複数のセルの電流を集約するカソード側モジュール接続部とが設けられる。これらモジュール接続部は、通常、複数のモジュールを直列接続する際の接続部（端子）として働く。

【0010】

40

従来の中空型セルを備える燃料電池は、並列接続された複数の中空型セルを含む中空型セル群の一方の端部側にアノード側モジュール接続部を、他方の端部側にカソード側モジュール接続部を有し、これらのモジュール接続部により隣接するモジュール同士が直列接続した構造を有するものが一般的である（特許文献1参照）。

【0011】

このように、中空型セルの一端にアノード側モジュール接続部、他端にカソード側モジュール接続部を設けた場合、モジュール接続部が設けられた一端とは反対側の端部側に位置する電極領域は、モジュール接続部までの経路が長いために、電流が取り出しにくく、集電効率の低下を招いていた。

【0012】

50

このとき、集電効率は、中空型セルの長手方向の長さが長ければ長いほど低下する。中空型セルが長くなると、モジュール接続部が設けられた端部とは反対側の端部側に位置する電極領域と該モジュール接続部との距離が広がり、集電経路が長くなるからである。

また、中空型セルの長さを長くする場合、各中空型セルの電極面積が拡大し、1つのセルの発電量が大きくなるので、モジュール接続部と各中空型セルとの接触面積を大きくすることが望まれる。

【0013】

本発明は上記実情を鑑みて成し遂げられたものであり、複数の中空型セルを並列接続したモジュールを2個以上直列接続した燃料電池において、各中空型セルから効率良く電流を取り出し、燃料電池の発電効率を高めることを目的とする。

10

【課題を解決するための手段】

【0014】

本発明の燃料電池は、中空電解質膜、該中空電解質膜の内面及び外面に設けられた一対の電極、および該一対の電極にそれぞれ接続する集電材を有し、且つ、少なくとも一方の端部が開放された中空型セルを2個以上並列接続させたモジュールを、2個以上直列接続した燃料電池であって、前記各モジュールは、各中空型セルのアノード側集電材に接続するか又は各中空型セルのアノード側集電材が相互に接続した接続網に接続して電流を集約するアノード側モジュール接続部と、各中空型セルのカソード側集電材に接続するか又は各中空型セルのカソード側集電材が相互に接続した接続網に接続して電流を集約するカソード側モジュール接続部を備えており、隣接しあうモジュール間は、一方のモジュールのアノード側モジュール接続部と他方のモジュールのカソード側モジュール接続部とが接続して直列接続されており、少なくとも一つの前記モジュールにおいて、各中空型セルのアノード側及びカソード側のうち少なくとも一方の集電材又はそれらを相互に接続した接続網とモジュール接続部は、該集電材又は接続網に対する接続位置が分散配置された2つ以上の電流引出し部を介して接続されていることを特徴とするものである。

20

【0015】

本発明の燃料電池は、アノード側及び/又はカソード側の前記各集電材或いは接続網の電流を、前記2箇所以上の電流引出し部から取り出してモジュール接続部に集約することによって、集電材からモジュール接続部に至る集電経路を短縮し、集電材等による抵抗などに起因する集電効率の低下を抑制することができる。

30

【0016】

集電効率の向上の観点から、全ての前記モジュールにおいて、各中空型セルのアノード側及びカソード側のうち少なくとも一方の集電材又はそれらを相互に接続した接続網とモジュール接続部が、前記分散配置された各電流引出し部を介して接続されていることが好ましい。

【0017】

分散配置された前記各電流引出し部のモジュール接続部に対する接続位置も、通常は、モジュール接続部上の2箇所以上に分散配置させることが好ましい。

【0018】

前記電流引出し部の構成は特に限定されず、例えば、前記電流引出し部と前記モジュール接続部とが一体的構造を有していてもよい。具体的には、前記モジュール接続部が前記各電流引出し部と、該各電流引出し部を電氣的に連通する連通部とが一体的に形成された構造を有する形態が挙げられる。

40

このとき、隣接しあって直列接続される前記モジュール同士は、一方のモジュールが有するアノード側モジュール接続部の前記連通部と、他方のモジュールが有するカソード側モジュール接続部の前記連通部とが、面接触して直列に接続されており、2つの連通部の接触面が当該連通部に集約された電流が当該連通部と接続する隣接するモジュールの前記連通部へと流れる方向に対して直角であることが好ましい。具体的には、前記モジュール接続部が、板状の前記連通部の両端に板状の2つの前記電流引出し部が配置されるように板状の導電性材料をコの字型に成形した形状を有し、前記連通部が前記中空型セルの長手

50

方向に対して平行となるように配設され、前記電流取り出し部が前記中空型セルの側面方向から該中空型セルの集電材に接近し、接続していることが好ましい。

【0019】

前記アノード側集電材及び前記カソード側集電材の構造と各集電材に対する前記電流引出し部の配置は特に限定されないが、例えば、前記アノード側集電材及び前記カソード側集電材のうち、前記中空電解質膜の外面に設けられた電極に接続する集電材が、前記中空型セルと平行に配置された棒状集電材と、前記複数の中空型セル及び該複数の中空型セルに備えられた棒状集電材を編み込む網状集電材とからなる場合、前記各中空型セルの棒状集電材上に、2つ以上の前記電流引出し部を分散配置する形態が挙げられる。

【0020】

このとき、前記各中空型セルの棒状集電材上に分散配置された前記各電流引出し部のうち最も遠い位置関係にあるもの同士は、前記棒状集電材の中空型セル長手方向における全長の二分の一以上の間隔を持って配置することができる。さらに、前記電流引出し部のうち最も遠い位置関係にあるもの同士を、前記棒状集電材の中空型セル長手方向における両端に設けることもできる。

【0021】

一方、前記アノード側集電材及び前記カソード側集電材のうち、前記中空電解質膜の外面に設けられた電極に接続する集電材が、前記複数の中空型セルを編み込む網状集電材からなる接続網である場合、前記網状集電材からなる接続網上に、2つ以上の前記電流引出し部を分散配置することができる。

前記分散配置された各電流引出し部の前記集電材又は接続網に対する接続位置は、該各電流引出し部によって電流を引き出される該集電材又は該接続網の各領域が電流を集電する電極の各領域における発電電流量と、該集電材又は該接続網の電流容量とを比較したときに、前記発電電流量が前記電流容量以下となる位置であることが好ましい。電流引出し部をこのように分散配置することによって、発電電流量が大きい中空型セル（例えば、セル長の長い中空型セルなど）を用いる場合や、集電する中空型セルに対して電流容量の小さい集電材又は接続網を用いる場合でも、効率よく集電することができる。

【発明の効果】

【0022】

本発明によれば、複数の中空型セルを並列接続したモジュールを備える燃料電池において、モジュール内の各中空型セルの集電材又は各中空型セルの集電材が相互に接続した接続網と、これら集電材又は接続網の電流を集約するモジュール接続部とを、前記集電材に対する接続位置が分散配置された2箇所以上の電流引出し部を介して接続することによって、各中空型セルから効率良く電流を取り出すことができるため、集電効率に優れ、発電効率の高い燃料電池を提供することが可能である。

また、このように分散配置された2箇所以上の電流引出し部を設け、効率の良い電流の取り出しを可能とすることによって、中空型セルのセル長を長くする（具体的には、例えば、600mm以上）ことが可能となる。このとき、セル長の長い中空型セルを用いることによって各中空型セルの発電電流が増加するが、複数の電流引出し部を備えているため、各集電材又は各接続網と電流引出し部全体との接触面積を確保しやすく、また、電流引き出し部全体の断面積（隣接するモジュールとの電氣的な接続部分となる部分へと電流が流れる方向に対して直角な断面積）を発電電流を十分流し得るように確保することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0023】

本発明の燃料電池は、中空電解質膜、該中空電解質膜の内面及び外面に設けられた一对の電極、および該一对の電極にそれぞれ接続する集電材を有し、且つ、少なくとも一方の端部が開放された中空型セルを2個以上並列接続させたモジュールを、2個以上直列接続した燃料電池であって、前記各モジュールは、各中空型セルのアノード側集電材に接続するか又は各中空型セルのアノード側集電材が相互に接続した接続網に接続して電流を集約

10

20

30

40

50

するアノード側モジュール接続部と、各中空型セルのカソード側集電材に接続するか又は各中空型セルのカソード側集電材が相互に接続した接続網に接続して電流を集約するカソード側モジュール接続部を備えており、隣接しあうモジュール間は、一方のモジュールのアノード側モジュール接続部と他方のモジュールのカソード側モジュール接続部とが接続して直列接続されており、少なくとも一つの前記モジュールにおいて、各中空型セルのアノード側及びカソード側のうち少なくとも一方の集電材又はそれらを相互に接続した接続網とモジュール接続部は、該集電材又は接続網に対する接続位置が分散配置された2つ以上の電流引出し部を介して接続されていることを特徴とするものである。

#### 【0024】

以下、図1～11を用いて本発明の燃料電池の一実施形態について説明する。なお、下記の実施形態においては、燃料として水素ガス、酸化剤として空気（酸素）を用いた固体高分子型燃料電池を中心に説明するが、本発明は下記の実施形態に限定されるものではない。また、これら図1～図11は、便宜上その構造を一部省略している。

10

#### 【0025】

（中空型セル）

図1は、本発明の燃料電池において、並列接続されてモジュールを構成する中空型セルの一形態例を示す概略図、図2は、図1の中空型セルの断面図である。図1及び図2において、中空型セル6はチューブ状の固体高分子電解質膜（パーフルオロカーボンスルホン酸樹脂膜）1、固体高分子電解質膜1の内面側に設けられたアノード（本実施形態では燃料極）2及び外面側に設けられたカソード（本実施形態では空気極）3を有している。さらに、アノード2の表面には、アノード側集電材4として柱状集電材が配置され、カソード3の表面には、カソード集電材5として、金属ワイヤからなる網状（ネット状）集電材5aと棒状集電材5bが配置されている。

20

このような構造を有する中空型セルの中空内面（実質的には、アノード側集電材4の外面に設けた溝4aによって形成された内面側ガス流路に露出した部分）に水素ガス、外面に空気を流通させることで、アノード及びカソードに燃料又は酸化剤が供給され、発電する。

#### 【0026】

図1の中空型セル6は、その両端において中空部が開放されているものであって、燃料ガスは一端から中空内へと流入し、他端から流出するようになっているが、本発明における中空型セル6は、中空電解質膜の内面側に反応ガスを十分に供給できるものであるならば、中空部の一端のみが開放され、もう一端は封止されていてもよい。特に、本実施形態のように、内面側の電極として、水素を燃料とする燃料極を設ける場合、非反応性成分をほとんど含まない水素ガスを燃料ガスとして中空型セルの中空内に供給できること、また、水素分子の拡散性が高いことから、中空内に供給された反応ガスを消費しきることが可能であるため、一端を封鎖した中空部内であっても反応ガスを十分に供給することができる。中空型セルの一端を封鎖する方法としては、樹脂等を中空の一端に注入する方法が例示できるが、特に限定されるものではない。

30

#### 【0027】

図1において、中空型セル6はチューブ状の電解質膜を有するものであるが、本発明における中空電解質膜はチューブ状に限られず、中空部を有し、当該中空部に燃料や酸化剤を流入させることで、中空内部に設けられた電極に電気化学反応に必要な反応成分を供給することができるものであればよい。

40

#### 【0028】

チューブ状の固体高分子電解質膜1の内径及び外径、長さ等は特に限定されるものではないが、チューブ状電解質膜の外径は0.01～10mmであることが好ましく、0.1～1mmであることがさらに好ましく、0.1～0.5mmであることが特に好ましい。チューブ状電解質膜の外径が0.01mm未満のものは現時点では、技術的な問題で製造することが難しく、一方、その外径が10mmを超えるものでは、占有体積に対する表面積があまり大きくなりなれないため、得られる中空型セルの単位体積当たりの出力が十分に得

50

られないおそれがある。

パーフルオロカーボンスルホン酸樹脂膜は、プロトン伝導性の向上の点からは薄いほうが好ましいが、あまりに薄すぎるとガスを隔離する機能が低下し、非プロトン水素の透過量が増大してしまう。しかしながら、従来の平型の燃料電池用単セルを積層した燃料電池と比べると、中空形状を有するセルを多数集めることにより作製された燃料電池では電極面積が大きくとれるので、やや厚みのある膜を用いた場合でも、十分な出力が得られる。かかる観点から、パーフルオロカーボンスルホン酸樹脂膜の厚みは、10～100 μmであり、より好ましくは50～60 μmであり、さらに好ましくは50～55 μmである。

また、上記の外径と膜厚との好ましい範囲から、内径の好ましい範囲は0.01～1.0 mmであり、より好ましくは0.1～1 mmであり、さらに好ましくは0.1～0.5 mmである。

10

#### 【0029】

本発明の燃料電池は、中空型セルを有するため、平型のセルを有する燃料電池と比べて単位体積当たりの電極面積を大きくとることができることから、固体高分子電解質膜として、パーフルオロカーボンスルホン酸樹脂膜ほど高いプロトン伝導性を有していない電解質膜を用いても、単位体積当たりの出力密度の高い燃料電池を得ることができる。固体高分子電解質膜としては、パーフルオロカーボンスルホン酸樹脂の他、固体高分子型燃料電池の電解質膜に用いられているような材料を使用することができ、例えば、パーフルオロカーボンスルホン酸樹脂以外のフッ素系イオン交換樹脂、スルホン酸基を有するポリスチレン系陽イオン交換膜などのポリオレフィンのような炭化水素を骨格として少なくともスルホン酸基、ホスホン酸基、及び、リン酸基等のプロトン交換基のうちから一種を有するもの、特表平11-503262号公報などに開示されている、ポリベンズイミダゾール、ポリピリミジン、ポリベンゾオキサゾールなどの塩基性高分子に強酸をドーブした塩基性高分子と強酸との複合体からなる固体ポリマー電解質等の高分子電解質が挙げられる。このような電解質を用いた固体高分子電解質膜は、フィブリル状、織布状、不織布状、多孔質シートのパーフルオロカーボン重合体で補強することや、膜表面に無機酸化物あるいは金属をコーティングすることにより補強することもできる。また、パーフルオロカーボンスルホン酸樹脂膜としては、例えばデュポン社製ナフィオンや旭硝子社製フレミオン等の市販品もある。

20

#### 【0030】

また、本実施形態では電解質膜として、プロトン伝導膜の一種であり、固体高分子電解質膜の一つであるパーフルオロカーボンスルホン酸樹脂膜を用いて説明しているが、本発明の燃料電池において用いられる電解質膜は特に限定されるものではなく、プロトン伝導性のものであっても、水酸化物イオンや酸化物イオン( $O^{2-}$ )等その他のイオン伝導性のものであってもよい。プロトン伝導性の電解質膜としては、上記したような固体高分子電解質膜に限られず、リン酸水溶液を多孔質の電解質板に含浸させたものや、多孔質性ガラスからなるプロトン伝導体、ハイドロゲル化したリン酸塩ガラス、ナノ細孔を有する多孔質硝子の表面及び細孔内にプロトン伝導性官能基を導入した有機-無機ハイブリットプロトン伝導膜、無機金属繊維強化電解質ポリマー等を用いることができる。また、燃料電池の構成によっては、例えば、本発明を固体酸化物燃料電池に適用した場合や、水酸化物イオンを電荷担体とする固体高分子型燃料電池に適用した場合などでは、酸素イオンや水酸化物イオンなどの他の電荷担体となるイオンを伝導する固体電解質膜でもよい。

30

40

#### 【0031】

電解質膜(パーフルオロカーボンスルホン酸樹脂膜)1の内面及び外面に設けられる各電極2,3は、固体高分子型燃料電池に用いられているような電極材料を用いて形成することができる。通常は、電解質膜側から順に触媒層とガス拡散層とを積層して構成された電極が用いられる。

触媒層は触媒粒を含み、さらに触媒粒の利用効率を高めるためのプロトン伝導性物質を含んでいてもよく、プロトン伝導性物質としては上記電解質膜の材料として用いられるものを用いることができる。触媒粒としては、触媒成分を炭素質粒子、炭素質繊維のような

50



炭素材料等の導電性材料に担持させた触媒粒が好適に用いられる。本発明の燃料電池は、中空型セルを有するため、平型のセルを有する燃料電池と比べて単位体積当たりの電極面積を大きくとることができることから、白金ほど触媒作用が大きい触媒成分を用いても、単位体積当たりの出力密度が高い燃料電池を得ることができる。触媒成分としては、アノードにおける水素の酸化反応、カソードにおける酸素の還元反応に対して触媒作用を有するものであれば特に限定されず、例えば、白金(Pt)、ルテニウム(Ru)、イリジウム(Ir)、ロジウム(Rh)、パラジウム(Pd)、オスニウム(Os)、タングステン(W)、鉛(Pb)、鉄(Fe)、クロム(Cr)、コバルト(Co)、ニッケル(Ni)、マンガン(Mn)、バナジウム(V)、モリブデン(Mo)、ガリウム(Ga)、アルミニウム(Al)等の金属、又はそれらの合金から選択することができる。好ましくは、Pt、及びPtと例えばRuなど他の金属とからなる合金である。 10

#### 【0032】

ガス拡散層としては、炭素質粒子及び/又は炭素質繊維等の炭素材料を主成分とする多孔質導電性材料を用いることができる。炭素質粒子及び炭素質繊維の大きさは、ガス拡散層を製造する際の溶液中における分散性や得られるガス拡散層の排水性を考慮して適宜最適なものを選択すればよい。ガス拡散層は、生成水など水分の排水性を高める点から、例えば、ポリテトラフルオロエチレン、ポリフッ化ビニリデン(PVDF)、ポリテトラフルオロエチレン、パーフルオロカーボンアルコキシアリカン、エチレン-テトラフルオロエチレンポリマー、又はこれらの混合物等を含浸させたり、或いはこれらの物質を用いて撥水層を形成するなどして撥水加工することが好ましい。 20

尚、中空電解質膜の内面及び外面に設けられる各電極の構成、電極に用いられる材料等は、同じであってもよく、また、異なってもよい。

#### 【0033】

チューブ状の電解質膜の内面及び外面に一对の電極を設ける方法は、特に限定されるものではない。例えば、まず、チューブ状の電解質膜を準備する。チューブ状の電解質膜を準備する方法は特に限定されず、市販品のチューブ状に形成された電解質膜を用いることもできる。そして、当該チューブ状電解質膜の内面及び外面に、電解質及び触媒粒を含む溶液を塗布・乾燥して触媒層を形成し、当該二つの触媒層上に炭素質粒子及び/又は炭素質繊維を含む溶液を塗布・乾燥してガス拡散層を形成する方法が挙げられる。このとき、電解質膜の内面側に形成したガス拡散層の内面に中空部が存在するように触媒層とガス拡散層を形成する。 30

或いは、まず、炭素質粒子及び/又は炭素質繊維等の炭素材料を含み、チューブ状に形成されたもの(チューブ状炭素質)を内面側電極(アノード)のガス拡散層として用い、当該ガス拡散層の外面に電解質及び触媒粒を含む溶液を塗布・乾燥して内面側電極の触媒層を形成して内面側電極を作製し、次に、当該触媒層の外面に電解質を含む溶液を塗布・乾燥して電解質膜層、さらに当該電解質膜層の外面に外面側電極(カソード)の触媒層を形成し、当該触媒層の外面に炭素材料を含む溶液を塗布・乾燥して外面側電極のガス拡散層を形成する方法も挙げられる。チューブ状炭素質としては、例えば、炭素質粒子等の炭素材料とエポキシ及び/又はフェノール系樹脂を溶媒に分散させてチューブ状に成形し、熱硬化後、焼成することにより得られる。 40

#### 【0034】

尚、電解質膜、触媒層、ガス拡散層を形成する際に使用する溶媒は、分散及び/又は溶解する材料に応じて適宜選択すればよく、また、各層を形成する際の塗布方法についても、スプレー法、スクリーン印刷法等種々の方法から適宜選択することができる。

本発明の燃料電池に用いられる中空型セルは、上記にて例示した構成に限られず、中空型セルの機能を高めることを目的として触媒層及びガス拡散層以外の層を設けても良い。また、本実施形態においては、中空電解質膜の内側にアノード、外側にカソードを設けているが、内側にカソード、外側にアノードを設けても良い。

#### 【0035】

アノード側集電材(本実施形態においては内面側電極表面に配置される内部集電材) 4 50

は中空型セルの内周面と接する外径を有する柱状集電材であり、その外周面には、中空型セルの軸方向（長手方向）に延びる溝4 aが形成されている。この溝と内面側電極2との隙間が水素ガスを供給するための中空内ガス流路となる。溝4 aとしては、中空型セルの軸方向（長手方向）に延びる溝が少なくとも一本必要であり、必要に応じて、中空型セルの外周面に様々なパターン又は方向性を有する溝が形成される。

【0036】

カソード側集電材（本実施形態においては、外面側電極表面に配置される外部集電材）5の一部である網状集電材5 aは、中空型セルと棒状集電材5 bを平行にして交互に並べ、これら両者の外周面を被覆するように金属ワイヤを編みこむことで製造できる（図7参照）。棒状集電材5 bを、流体やガスが流通できるような中空部5 cを有するチューブ形状とし、この棒状集電材の中空部5 cにセルを冷却するための冷却剤を流通させてもよい（図1参照）。

10

【0037】

図7において、金属ワイヤからなる網状集電材5 aは、複数の中空型セル6と各中空型セルの棒状集電材5 bとを一体化するように、且つ、各中空型セルのカソード（外面側電極）及び各棒状集電材5 bに接触するように、金属ワイヤが編み込まれており、網状集電材5 aは複数の中空型セルで共有されている。このとき、各中空型セルのカソード側集電材（5 a、5 b）は相互に電氣的に接続された接続網を形成している。

尚、網状集電材を用いる形態は上記の場合に限定されず、1つの中空型セルと1つの棒状集電材を一体化するように金属ワイヤを編み込んだ形態（接続網形成せず）でもよく、或いは、複数の中空型セルと1本の棒状集電材を一体化するように金属ワイヤを編み込み、複数の中空型セルの電流が網状集電材の金属ワイヤを経て1本の棒状集電材に集まるように形成された接続網を形成していてもよい。

20

【0038】

また、図3のように、外部集電材としては、上記棒状集電材5 bを用いずに、金属ワイヤからなる網状集電材5 aのみでもよい。このとき、複数の中空型セルを一体化するように金属ワイヤを編み込み、各中空型セルがこの網状集電材を共有する（各集電材が相互に接続する）接続網としてもよい。

【0039】

上記カソード側又はアノード側集電材として使用される金属としては、例えば、Al、Cu、Fe、Ni、Cr、Ta、Ti、Zr、Sm、In等の中から選ばれる少なくとも1種以上の金属、又はステンレス鋼などのそれらの合金が好ましい。また、その表面がAu、Pt、導電性樹脂等によりコーティングされていても良い。特に耐蝕性に優れることから、中でもステンレスやチタンが好ましい。ワイヤの太さ及び編みこみの密度、棒状集電材の太さ等は、特に制限されるものではない。

30

【0040】

尚、ここでは、柱状の内部集電材（本実施形態ではアノード側集電材）4及び網状の集電材5 aと棒状の集電材5 bからなる外部集電材（本実施形態ではカソード集電材）5を中心に説明したが、集電材4、5は特に限定されず、電気伝導性材料からなるものであればその形状は任意である。集電材は、柱状、ワイヤ状、棒状の他、線状でも、筒形状でもよく、例えば、スプリング状の金属ワイヤや金属箔、金属シート又はカーボンシート等のシート材料からなるもの等も適用できる。また、アノード側（中空型セル内面側）においても、各中空型セルのアノード側集電材が相互に電氣的に接続した接続網を形成していてもよい。

40

これら集電材は、必要に応じて、カーボン系接着剤やAgペーストなどの導電性接着材により電極上に固定される。

【0041】

（モジュール及び燃料電池）

本発明の燃料電池は、上記のような中空型セルを2個以上並列接続させたモジュールを、2個以上直列接続したものである。以下、本発明におけるモジュールについて、図4～

50

図 1 1 を用いて説明する。

図 4 は、本発明を適用した燃料電池に備えられるモジュールの一形態例を示す図である。図 5 は、図 4 のモジュールの一部分解図である。また、図 6 は、図 4 に示すモジュールを直列接続した概略図であり、便宜上、中空型セルの数や各ガス流路等一部省略している。

#### 【 0 0 4 2 】

図 4 及び図 5 に示すモジュール 1 0 0 において、中空型セル 6 は、図 1 及び図 2 に示す構造を有している。すなわち、カソード側集電材（外部集電材）が棒状集電材 5 b と網状集電材 5 a とで構成されており、且つ、アノード側集電材（内部集電材）が柱状集電材 4 で構成されている。また、棒状集電材 5 b 及び柱状集電材 4 は、一つの中空型セルの発電電流をロスなく流すことができる電流容量を有している。

10

複数の中空型セル 6 は、網状集電材 5 a によって、中空型セル 6 と各中空型セルの棒状集電材 5 b とを交互に且つ平行に並べた状態で一体的に編み込まれ、中空型セル群 7 を形成している（図 7 参照）。中空型セル群 7 において、2 個以上の中空型セル 6 は、その長手方向を平行にして、且つ、所定間隔で整列している。

#### 【 0 0 4 3 】

さらに、モジュール 1 0 0 は、各中空型セル 6 のアノード側集電材 4 に電氣的に接続して電流を集約するアノード側モジュール接続部 8 と、各中空型セル 6 のカソード側集電材 5 の棒状集電材 5 b に電氣的に接続して電流を集約するカソード側モジュール接続部 9 を備えており、これらアノード側モジュール接続部 8 及びカソード側モジュール接続部 9 によって、中空型セル群 7 を構成する各中空型セル 6 が並列接続されている。

20

#### 【 0 0 4 4 】

図 4 において、各中空型セル 6 のアノード側集電材 4 は、各中空型セル 6 の両端において外面に露出している。そして、各中空型セル 6 のアノード側集電材 4 とアノード側モジュール接続部 8 は、上記両端におけるアノード側集電材 4 の露出部分と接触するようにそれぞれ配置された櫛状のアノード側電流引出し部 8 a、8 b を介して接続されている。

#### 【 0 0 4 5 】

櫛状のアノード側電流引出し部 8 a、8 b は、複数の溝 1 0 a と歯 1 0 b を有する櫛型構造 1 0 を有しており、各溝 1 0 a に各中空型セル 6 のアノード側集電材 4 が挿入されて、アノード側集電材 4 と各電流引出し部 8 a、8 b とが接続されている。櫛型構造の溝 1 0 a は、溝 1 つあたり複数のアノード側集電材 4 が挿入でき、且つ、挿入された各アノード側集電材 4 が歯 1 0 b と接触して各アノード側集電材 4 と電流引出し部 8 a、8 b とが電氣的に接続されるような間隔で設けられている。

30

また、アノード側電流引出し部 8 a、8 b は、各中空型セル 6 のアノード側集電材 4 との接触面積が充分確保されているとともに、中空型セル群 7 の各中空型セル 6 のアノード側集電材 4 から電流を取り出すのに十分な電流容量を有している。また、アノード側電流引出し部 8 a、8 b は、アノード側モジュール接続部 8 の一部を構成しており、連通部 8 c によって電氣的に集約されている。

このように各中空型セル 6 のアノード側集電材 4 は、その両端に分散配置されて接続された 2 箇所のアノード側電流引出し部 8 a、8 b から電流が引き出され、各電流引出し部 8 a、8 b によって各中空型セル 6 のアノード側集電材 4 から引き出された電流は、アノード側モジュール接続部（連通部 8 c）8 において集約される。

40

#### 【 0 0 4 6 】

本発明のように、集電材又は接続網の複数点から電流の取出しを行う場合、各中空型セルの発電のムラや、集電材又は接続網の電流取出し位置における集電具合のムラ等があるため、モジュール毎に複数の電流取出し部を集約させてから、モジュール同士を接続（直列接続）することが好ましい。

#### 【 0 0 4 7 】

一方、各中空型セル 6 の外面に配置されたカソード側棒状集電材 5 b は、各棒状集電材 5 b の両端にそれぞれ配置された櫛状の電流引出し部 9 a、9 b を介して、カソード側モ

50

ジュール接続部 9 と接続されている。

櫛状の電流引出し部 9 a、9 b は、アノード側同様、複数の溝 1 1 a と歯 1 1 b を有する櫛型構造 1 1 であり、各溝 1 1 b に各中空型セル 6 のカソード側棒状集電材 5 b が挿入されている。櫛型構造の溝 1 1 a は、溝 1 つあたり複数のカソード側棒状集電材 5 b が挿入でき、且つ、挿入された各カソード側棒状集電材 5 b が歯 1 0 b と接触して各カソード側棒状集電材 5 b と電流引出し部 9 a、9 b とが電氣的に接続されるような間隔で設けられている。

また、電流引出し部 9 a、9 b は、各中空型セル 6 のカソード側棒状集電材 5 b との接触面積が充分確保されていると共に、中空型セル群 7 の各中空型セル 6 のカソード側棒状集電材 5 b から電流を取り出すのに十分な電流容量を有している。また、電流引出し部 9 a、9 b は、カソード側モジュール接続部 9 の一部を構成しており、連通部 9 c によって電氣的に集約されている。

#### 【0048】

このように各中空型セル 6 のカソード側集電材 5 は、各棒状集電材 5 b の両端に分散配置されて接続された 2 箇所電流引出し部 9 a、9 b から電流が引き出され、各電流引出し部 9 a、9 b によって各中空型セル 6 のカソード側集電材 5 b から引き出された電流は、カソード側モジュール接続部（本実施形態においては連通部 9 c）において集約される。

#### 【0049】

そして、モジュール内に組み込まれる各中空型セルのアノード側集電材に接続して電流を集約するアノード側モジュール接続部と、各中空型セルのカソード側集電材に接続して電流を集約するカソード側モジュール接続部は、隣接するモジュールとの電氣的な接続部であり、隣り合うモジュールにおいて、一方のモジュールのアノード側モジュール接続部 8 と、他方のモジュールのカソード側モジュール接続部 9 とが接続することによって隣接するモジュール同士が直列接続される（図 6 参照）。このとき、隣接するモジュール間の直列接続を形成する各モジュール接続部（連通部）の接触面は、モジュール内の中空型セルの長手方向に対して平行となるように配設されている。

#### 【0050】

本発明の燃料電池は、アノード側及び/又はカソード側の各集電材或いは各接続網から、2 箇所以上の電流引出し部を介してモジュール接続部に電流を集約する点に大きな特徴を有するものである。各電流引出し部は、各集電材又は接続網に対する接続位置が分散配置されている。

ここで、各集電材又は接続網に対する接続位置が分散配置されている、とは、モジュール内に含まれる各中空型セルの同極側の集電材が、セルごとに電氣的に独立している場合には、各セルの集電材上の 2 箇所以上に上記電流引出し部の接続点が分散配置されていることをいい、或いは、モジュール内に含まれる各中空型セルの同極側の集電材が、全ての又は一部のセル間で電氣的に接続して、1 つ又は複数の接続網を形成している場合には、各接続網上の 2 箇所以上に上記電流引出し部の接続点が分散配置されていることをいう。尚、接続網が形成されている場合であっても、各中空型セルを接続する集電材（この例では網状集電材 5 a）とともに、1 つ又は複数のセルごとに振り分けられた集電材（この例では棒状集電材 5 b）がある場合には、当該振り分けられた各集電材上の 2 箇所以上に上記電流引出し部の接続点が分散配置されることが好ましい。

#### 【0051】

各電流引出し部は、2 箇所以上設けることによって各集電材又は接続網からモジュール接続部に至る集電経路を短縮し、効率良く電流を取り出すことができるような間隔で配置されている。具体的には、本実施形態においては、棒状集電材や柱状集電材等の集電材に分散配置された各電流引出し部のうち最も遠い位置関係にあるもの同士が、該集電材の中空型セル長手方向における全長の二分の一以上の間隔をもって配置される。典型的には、各電流引出し部のうち最も遠い位置関係にあるもの同士が各集電材の中空型セル長手方向の両端に配置される。最も遠い位置関係にある 2 つの電流引出し部の間には、これら 2

10

20

30

40

50

つの電流引出し部間を等分又は非等分するような1つ以上の電流引出し部が配置されてもよい。このように3つ以上の電流引出し部を設ける場合には、最も遠い位置関係にある2つの電流引出し部間を等分又は等分した距離 $\pm 10\%$ の範囲内の間隔があくように電流引出し部を配置することが好ましい。

#### 【0052】

尚、各電流引出し部において、隣接するモジュールとの電氣的な接続部分となる部分（本例では、モジュール接続部8、9の連通部8c、9c）へと電流が流れる方向に対して直角な断面積（以下、単に、導電路の断面積という）は、各集電材又は接続網に分散配置されて接続した全電流引出し部の合計断面積が、該集電材又は該接続網が集電するセルの発電電流を十分に流し得るようになっている。すなわち、全電流引出し部の合計電流容量が、これら電流引出し部が接続する集電材又は接続網が集電するセルの発電電流量以上となっている。

10

#### 【0053】

以上のように、本発明の燃料電池は、各中空型セル6のアノード側集電材（若しくは接続網）及びノ又はカソード側集電材（若しくは接続網）の電流を、当該集電材（接続網）に対する接続位置が分散配置された2箇所以上の電流引出し部から取り出し、モジュール接続部に集約することによって、従来のように各集電材の一端のみから電流を取り出す場合と比較して集電材からモジュール接続部に至る集電経路を短縮し、集電材等による抵抗などに起因する集電効率の低下を抑制することができる。

#### 【0054】

その結果、本発明によれば、従来のように各集電材の一端のみから電流を取り出す燃料電池では集電効率が低くなるため、用いることができなかつた長手方向の長さが長い（具体的には600mm以上）中空型セルを用いることが可能である。しかも、中空型セルの長手方向の長さを長くすることによって各中空型セルの発電電流量が増加するが、電流引出し部を2箇所以上に設けることによって、各集電材又は接続網と電流引出し部との接触面積が確保しやすいため、各集電材又は接続網から効率良く電流を取り出すことができる。また、複数の電流引き出し部を備えることよって、各電流引き出し部の合計断面積をセルの発電電流を十分流し得るよう確保できる。ゆえに、電流引出し部における発熱等による発電効率の低下が起きにくい。

20

また、長手方向の長さが長い中空型セルを用いることによって、短い中空型セルを備える従来の燃料電池と比較して中空型セルの本数を減らしても、電極面積を確保することが可能であり、その結果、各中空型セルの内面に供給されるべき反応ガスを流通させる内面用ガス流路の容積を減らすことが可能となり、燃料電池の小型化が達成可能である。加えて、中空型セルの本数が減ることによって、燃料電池の組立が容易になるという利点もある。

30

#### 【0055】

図4～図7に示す本実施形態においては、電流引出し部（8a、8b、9a、9b）が板状であり、各電流引出し部と各集電材との接触面積は、当該電流引出し部を形成する板の厚みに依存する。すなわち、図4～図6のように電流引出し部を各集電材上の2箇所以上に設ける場合、同等の厚みを有する板状の電流引出し部を各集電材の一端（一箇所）のみに設ける場合と比較して、各集電材と電流引出し部全体との接触面積は2倍以上になる。

40

このとき、電流引出し部の導電路の断面積も、2箇所以上に電流引出し部を設けることによって、単純に2倍以上となっている。すなわち、同等の厚みを有する電流引出し部を一箇所に設ける場合と比較して、電流引出し部全体の電流容量が倍以上となっている。

#### 【0056】

従って、2箇所以上の電流引出し部を設けることによって、集電経路の短縮だけでなく、電流容量を大幅に増やすことも可能となり、各電流引出し部の各集電材からの集電効率を高めることができる。その結果、2倍以上の長さの中空型セルから効率良く電流を取り出すことが可能となる。

50

## 【 0 0 5 7 】

さらに、板状の各電流引出し部の厚みを薄くしても、各集電材との接触面積及び電流量を十分に確保することが可能である。このように板状の電流引出し部の厚さを薄くすることが可能となることによって、例えば、板状の導電性材料を折り曲げ加工によりコの字型に成形し、これを図4～図6のように連通部とその両端に接続された2つの電流引出し部を有するモジュール接続部として用いることができる。

## 【 0 0 5 8 】

このとき、モジュール接続部8、9の連通部8c、9cは、幅の広い平坦面を有する平板状の形状となっている。さらに、これら連通部8cと9cは、2つのモジュールの間に挟まれた状態で対向するように配設されている。そして、各モジュール接続部8、9の連通部8c、9cにおいて、隣接し合うモジュール同士が当接して面接触し、直列接続されている。すなわち、図6に示すようにモジュール100aのアノード側モジュール接続部8の連通部8cと隣接するモジュール100bのカソード側モジュール接続部9の連通部9cとが当接し、モジュール100aのカソード側モジュール接続部9の連通部9cと隣接するモジュール100cのアノード側モジュール接続部8の連通部8cとが当接して、これら3つのモジュール100b、100a、100cとが直列に接続されている。

## 【 0 0 5 9 】

このように隣接するモジュールと当接し、直列接続を形成する部分（上記の例では連通部）が、当該隣接するモジュールとの当接面全体を形成する平板状である場合、隣接し合うモジュール同士の接触面積が大きいので、隣接するモジュール間の導通に優れる。

## 【 0 0 6 0 】

さらに、図4～図6のコの字型モジュール接続部では、各電流引出し部8a、8b（9a、9b）が中空型セル6の側面方向から当該中空型セルの集電材に接近して接続し、該各電流引出し部8a、8b（9a、9b）に対して、連通部8c（9c）の角度が90度変わっているので、連通部8c（9c）は中空型セル6の長手方向に対して平行となっている。このとき、連通部の平面が広がる方向が当該連通部の導電路の方向（隣接するモジュールのモジュール接続部への電流が流れる方向）に対して直角となっているので、連通部の面積が導電路の断面積となる。すなわち、隣接するモジュールとの直列接続を形成する連通部は、導電路の断面積が大きく、電流容量が充分確保されている。しかも、薄い板状の導電性材料で連通部を形成することによって当該連通部での抵抗が小さくなるので、連通部において直列接続されるモジュール同士は、導通性に優れ、集電効率に優れている。

## 【 0 0 6 1 】

具体的には、発電有効長（発電に有効な電極のセル長手方向長さ）が150mm、外径が1mmのチューブ型セル（発電有効面積 $4.71\text{cm}^2$ ）の発電性能を $1\text{cm}^2$ あたり0.6V、0.64Aとすると、このチューブ型セルを125本並列接続して搭載したモジュールの総発電電流は、 $125 \times 0.64\text{A} \times 4.71\text{cm}^2 = \text{約} 377\text{A}$ となる。このとき、厚さ1mm、幅50mmの銅製平板を曲げ加工して、モジュール接続部を図12に示すようなコの字型とした場合に、セル長手方向の長さが150mmの連通部（モジュール間の電氣的接続部となる部分）における導電路の断面積は、 $50\text{mm} \times 150\text{mm} = 7500\text{mm}^2$ となる。銅は、一般的に $1\text{mm}^2$ あたり5Aの電流を流せるとして計算することができる。

## 【 0 0 6 2 】

すなわち、隣接するモジュール同士が連通部にて完全に面接触している場合、連通部は、計算上 $7500\text{mm}^2 \times 5\text{A}/\text{mm}^2 = 37.5\text{kA}$ までの電流を流すことができる。従って、このとき、モジュール間の電氣的接続を形成する連通部同士は電流容量が十分確保されている。

さらに、この例では、2つの電流引出し部における導電路の合計断面積は $1\text{mm} \times 50\text{mm} \times 2 = 100\text{mm}^2$ であり、この2つの電流引出し部で500Aまでの電流を流すことができるため、全電流引出し部における電流容量も十分に確保されている。

尚、上記のような発電性能（ $1\text{ cm}^2$  あたり  $0.6\text{ V}$ 、 $0.64\text{ A}$ ）を有する中空型セルを125本搭載したモジュール1つあたりの発電電力は、 $0.6\text{ V} \times 377\text{ A} = \text{約} 225\text{ W}$ である。このとき、該モジュールの最大電圧が $1\text{ V}$ とすると、このようなモジュールを400個直列接続した燃料電池は、最大 $400\text{ V}$ （ $1\text{ V} \times 400$ ）、 $90\text{ kW}$ （ $225\text{ W} \times 400$ ）の発電性能を示す。

#### 【0063】

ここで、図13のように、複数の電流引出し部を集約する連結部と隣接するモジュールの対極の電流引出し部を集約する連結部とをモジュール接続部にて接続した場合は、図4～図6の形態と異なり、連結部とモジュール接続部内を流れる電流の方向（矢印で表示）と、連結部とモジュール接続部の向きとが同じため、連結部とモジュール接続部が各モジュールの総電流量を流し得るように、各部材の板厚を厚くして導電路の断面積を確保する必要がある。例えば、図13においては、連結部及びモジュール接続部の導電路の断面積（斜線部分）がそれぞれ、各電流引出し部の導電路の断面積（斜線部分）の3倍以上となるように各部材の板厚を厚くする必要がある。

10

#### 【0064】

これと比較して、図4～図6の形態のように、連通部（兼モジュール接続部）の平面が広がる方向が当該連通部の導電路の方向に対して直角となっている場合には、上述したように、連通部が板厚の薄い導電性材料により形成されていても、連通部の導電路の断面積を確保することができ、連通部が集約された電流を流し得るだけの電流容量を有している。しかも、図4～図6の形態では、モジュール接続部が連結部を兼ねている。従って、図13に示す形態と比較して、図4～図6のような形態はモジュール接続部や連結部等の集電部材が占める体積が小さく、モジュール全体の体格を減少させることができる。すなわち、各中空型セルの大きさは同等のまま、燃料電池全体としての小型化が可能であり、発電出力密度が高くなる。また、薄い板状の導電性材料を用いたモジュール接続部は、折り曲げ加工が容易である。

20

#### 【0065】

尚、隣接するモジュール間の直列接続部を形成する部分（上記例では連通部）は、隣接するモジュール同士の接触面積を、電流を効率良く取り出すことができるように確保できれば、平板状に限定されるものではなく、例えば、モジュール同士の当接面の左右方向に対して、幅の狭いものであってもよいし、モジュールの軽量化のために、平板状のものにパンチ孔のような貫通構造を形成したものでもよい。また、上記連通部のように面接触によって隣接するモジュール間の直列接続を形成する場合には、対向しあう接触面同士は平坦面でなくてもよく、互いに隙間なくかみ合う凹凸形状を有していてもよい。この場合、凹凸を平均化した平坦面が電流の流れる方向に対して直角であることが好ましい。

30

#### 【0066】

電流引出し部の具体的な分散配置形態は、電流引出し部を設ける集電材又は接続網の形態（材料、構造等）や、電流引出し部の形態（材料、構造等）、中空型セルの発電量等によって異なってくる。また、電流引出し部を配置する集電材又は接続網が中空型セルの内面に設けられているか又は外面に設けられているかによって形態が制限される場合がある。

40

#### 【0067】

例えば、図4～図6において、棒状集電材5bに接続される電流引出し部は、9a、9bの2箇所であり、棒状集電材5bの両端にそれぞれが配置されている。図7に示すように、中空型セル群7を構成する各中空型セル6各々が、外部集電材（本実施形態においてはカソード側集電材）として棒状集電材5bを有しており、且つ、複数の中空型セル6と棒状集電材5bとが網状集電材5aによって一体的に編み込まれている場合、カソードの表面に接している網状集電材5aによって電流が集められる棒状集電材5bは、この集められた電流を効率良く流すことが可能な導電路断面積を有する構造（網状集電材5aのワイヤと比べて径の太い棒状集電材等）にしやすく、電流容量を確保しやすい。そのため、棒状集電材5b上に配置される2つの電流引出し部は、当該棒状集電材5bの中空型セル

50

長手方向（中空型セルの軸方向）における全長の二分の一以上の間隔をもって配置することによって、当該棒状集電材 5 b から効率良く電流を取り出すことができる。棒状集電材 5 b の中空型セル長手方向における全長の二分の一以上の間隔を空けずに 2 箇所の電流引出し部を設けた場合でも、集電経路を短縮する効果は得られるが、棒状集電材 5 b から効率良く電流を取り出すためには、棒状集電材 5 b のセル長手方向における全長の 2 分の 1 以上の間隔を開けて電流引出し部を分散配置することが好ましい。

**【0068】**

上記のような棒状集電材 5 b 上に 3 箇所以上の電流取り出し部を接続する場合には、そのうち最も遠い位置関係にある 2 つの電流取り出し部が、当該棒状集電材 5 b の中空型セル長手方向における全長の二分の一以上の間隔を持って配置されていればよく、典型的には、当該棒状集電材 5 b の両端を含む 3 箇所以上に等間隔で配置することができる。

10

**【0069】**

また、図 4 ~ 図 6 において、内部集電材であるアノード側集電材 4（柱状集電材）には、その両端の 2 箇所にアノード側電流取り出し部 8 a、8 b が配置されている。本実施形態においては、アノード側集電材として用いられている柱状集電材は、上記棒状集電材 5 b 同様、網状集電材 5 a のワイヤと比べて断面積が大きいので電流容量を確保しやすい。そのため、柱状集電材 4 上に配置される 2 つの電流引出し部は、当該集電材 4 の中空型セル長手方向における全長の二分の一以上の間隔をもって配置することによって、当該集電材 4 から効率良く電流を取り出すことができる。内部集電材は、その表面を外面に露出させた部分に電流引出し部が配置されるため、構造の複雑化の防止等の観点から、通常は、図 4 のようにその両端の 2 箇所にアノード側電流引出し部 8 a、8 b が配置される。

20

但し、図 8 のように、中空型セルの中間部において、内部集電材を外面に露出させて電流引出し部 1 8 を設けてもよい。また、例えば、集電効率のさらなる向上や、中空型セルを長くし、これに伴う発電量の増加に対応するために、電流引出し部は 3 箇所以上設けてもよい。その場合、電流引出し部は、集電ロス低減の観点から、中空型セル長手方向における両端を含む 3 箇所以上に等間隔で設けることが望ましい。

**【0070】**

一方、各電流引出し部のモジュール接続部に対する接続位置、すなわち、電流引出し部のモジュール接続部上の接続点もまた、当該モジュール接続部の 2 箇所以上に分散されていることが好ましい。通常は、各集電材又は接続網に対する電流引出し部の接続位置と同様の分散配置形態で、電流引出し部のモジュール接続部に対する接続位置を分散配置すればよい。具体的には、図 4 ~ 図 6 に示す本実施形態においては、モジュール接続部である連通部の両端に 2 つの電流引出し部が分散して接続されている。

30

**【0071】**

各電流引出し部の構造は特に限定されず、図 5 のような櫛型構造の他、各棒状又は柱状集電材を挿入可能な孔を有し、当該孔に各棒状又は柱状集電材を挿入することで各集電材と電流引出し部とが電氣的に接続されるような構造でもよい。

**【0072】**

また、図 4 ~ 図 6 において、アノード側電流引出し部 8 a、8 b とアノード側モジュール接続部 8、及び、カソード側電流引出し部 9 a、9 b とカソード側モジュール接続部 9 は、導電性材料からなる板の両端を 90 度折り曲げてコの字型に成形した一体的構造を有しているが、電流引出し部は、モジュール接続部と一体的構造を有する構造の他、各集電材又は集電材が相互に接続した接続網の一部であってもよい（図 9、図 10 参照）し、或いは、モジュール接続部及び集電材と別個の部材であって、モジュール接続部と集電材とが当該電流引出し部を介して電氣的に接続されるような処理が施されていてもよい。

40

**【0073】**

各電流引出し部、モジュール接続部を形成する導電性材料としては、特に限定されず、例えば、金属、炭素材料、導電性セラミックス、導電性樹脂等が挙げられる。これら導電性材料は 1 種のみであってもよいし、複数を組み合わせて用いてもよい。具体的な金属材料としては、例えば、Al、Cu、Fe、Ni、Cr、Ta、Ti、Zr、Sm、In 等

50



の中から選ばれる少なくとも1種以上の金属、又はステンレス鋼（SUS）などのそれらの合金が挙げられる。

各電流引出し部、モジュール接続部を形成する導電性材料は、モジュールの構造に応じて、適宜選択すればよく、強度の点からはSUSやTi、軽量化の点からはAl、Ti、導電性の点からはCu、Alが好ましい。また、各電流引出し部やモジュール接続部を形成する材料は、それらが晒される環境に応じて適宜選択することもできる。例えば、水素と接触する場合には、水素の吸着によって金属材料が脆くなる水素脆化に対して耐性を有しているものを選択することが好ましい。また、耐腐食性が要求される場合にはTiやSUS等を用いることが好ましい。

#### 【0074】

10

尚、本実施形態においては、アノード側モジュール接続部とアノード側集電材、及び、カソード側モジュール接続部とカソード側集電材の両方が、2箇所以上の引出し部を介して接続されているが、本発明の燃料電池は、中空型セルのアノード側とカソード側のうち、少なくとも一方において、モジュール接続部と集電材又は接続網が2個以上の電流引出し部を介して接続されていればよい。集電効率の向上、及び、集電効率の向上により得られる上記のような効果をさらに高めるには、アノード側及びカソード側の両方が上記のような構造を有していることが好ましい。

また、集電効率の向上及び、集電効率の向上により得られる上記のような効果をさらに高めるには、本発明の燃料電池に組み込まれて直列接続される全モジュールが、各中空型セルのアノード側及び/又はカソード側において、集電材又は接続網とモジュール接続部とが上記2つ以上の電流引出し部によって接続されていることが好ましい。

20

#### 【0075】

また、図4～図6に示す本実施形態において、アノード側電流引出し部8a、8bの櫛型構造10には、アノード側集電材4の他、カソード側棒状集電材5bも挿入されており、適宜、アノード側電流引出し部8a、8bとカソード側棒状集電材5bとの絶縁処理が行われている。同様に、カソード側電流引出し部9a、9bの櫛型構造11には、カソード側棒状集電材5bの他、アノード側集電材4も挿入されており、適宜、カソード側電流引出し部9a、9bとアノード側集電材4との絶縁処理が行われている。

各電流引出し部の櫛型構造の溝部に挿入された各アノード側集電材及びカソード側集電材は、必要に応じて、各モジュール接続部と集電材との電氣的接続を保持しながら、接着剤等を用いて固定してもよい。

30

#### 【0076】

図8～図11は、本発明の他の実施形態を示すものである。図8は本実施形態のモジュールの斜視図であって、便宜上、その一部を切除、省略している。図9は、図8のモジュール内に組み込まれる中空型セル群7の一部と、中空型セル群に接続される各電流引出し部のみを取り出したものを示している。

#### 【0077】

図10は図8における網状集電材（外部集電材、本実施形態においてはカソード側集電材5a）とモジュール接続部（本実施形態においてはカソード側モジュール接続部9）の電流引出し部17による接続状態を説明するための図であって、一部を省略してある。図10（10A）は図8のCC断面図（図9のCC断面図に相当）であり、図10（10B）は図8におけるDD断面図（図9のDD断面図に相当）である。

40

#### 【0078】

また、図11は図8における内部集電材（本実施形態においてはアノード側集電材4）とモジュール接合部（本実施形態においてはアノード側モジュール接続部8）の電流引出し部18による接続状態を説明するための図であって、一部省略してある。図11（11A）は図8のAA断面図であり、図11（11B）は図8におけるBB断面図である。

#### 【0079】

図8に示すモジュールにおいて、各中空型セル6のアノード側集電材（本実施形態においては、内部集電材）4と、アノード側モジュール接続部8は、図8及び図11に示すよ

50

うに、アノード側集電材 4 の両端と、当該両端で挟まれた中間部分をセル長手方向に等分割（4 分割）する 3 箇所計 5 箇所に分散配置されたアノード側電流引出し部 18 を介して接続されている。本実施形態において、各中空型セル 6 は、その両端にてアノード側集電材 4 が露出している上に、中空型セルを 4 等分する中間部の 3 箇所においてもアノード側集電材 4 が露出しており、これら 5 箇所の露出部分にアノード側電流引出し部 18 が配置されている。

そして、当該アノード側集電材 4 上に分散配置されて接続された複数箇所のアノード側電流引出し部 18 によって引き出された電流は、アノード側モジュール接続部 8 において集約される。

#### 【0080】

本実施形態において、アノード側集電材である内部集電材（柱状集電材）4 には、上述したように 5 つの電流引出し部 18 が分散配置されている。このとき、分散配置された各電流引出し部 18 の集電材 4 に対する接続位置は、該各電流引出し部 18 によって電流を引き出される該集電材 4 の各領域が電流を集電する電極の各領域における発電電流量と、該集電材 4 の電流容量とを比較したときに、上記発電電流量が該電流容量以下となる位置にすることが好ましい。

ここで、各電流引出し部によって電流を引き出される該集電材（又は接続網）の各領域が電流を集電する電極の各領域における発電電流量とは、集電材（又は接続網）を介して各電流引出し部によって電流が引き出される電極の各領域ごとの発電電流量である。言い換えれば、個々の電流引出し部が受け持つ領域それぞれの発電電流量である。このとき、各電流引出し部によって電流を引き出される集電材（接続網。例えば、後述する網状集電材 5 a）の各領域は、集電材（接続網）の形態や電流引出し部の形態、セルそのものの発電性能のムラや各電流引出し部の集電具合のムラ等によって異なってくる。そのため、該各領域を一義的に決定することは難しいが、ある電流引出し部によって電流を引き出される集電材（接続網）の領域を、該集電材（接続網）に分散配置された複数の電流引出し部のうち、当該電流引出し部と隣接しあう電流引出し部間の該集電材（該接続網）を等分する領域とみなすことができる場合もある。例えば、本実施形態の内部集電材 4 の例では、内部集電材の中間部に設けられた電流引出し部 18 a は、当該電流引出し部 18 a と隣接しあう 2 つの電流引出し部（18 又は 18 a）夫々との中点に挟まれた内部集電材の領域から電流を引き出すとみなすことができる。

#### 【0081】

具体的には、内部集電材 4 として、直径 1 mm（断面積約  $0.78 \text{ mm}^2$ ）の銅製柱状体を用いる場合、一般的に銅は  $1 \text{ mm}^2$  辺り 5 A の電流を流すことができることから、当該内部集電材 4 の電流容量は約 3.9 A である。このとき、各中空型セルが発電有効長 150 mm、外径 1 mm のチューブ型セル（発電有効面積  $4.71 \text{ cm}^2$ ）であって、発電性能が  $1 \text{ cm}^2$  あたり 0.64 A とすると、中空型セルの発電電流量は約 3 A と求められる。すなわち、このセル長が 150 mm の中空型セルの場合には、内部集電材 4 に 1 箇所の電流引出し部を設けた場合でも、セルの発電電流を十分流し得、さらには、2 箇所以上の電流引出し部を設けることによって、電流経路の短縮化により効率よく集電できることがわかる。

しかしながら、セル長が 4 倍の 600 mm の中空型セルを用いる場合には、中空型セルの発電電流量も 4 倍の 12 A となるため、最低でも 4 つの電流引出し部を、各電流引出し部により内部集電材 4 を介して電流が引き出される電極の各領域における発電電流量が内部集電材 4 の電流容量を超えないように、すなわち 3.9 A 以下となる位置に配設することで、セルの発電電流を無駄なく電流引出し部により引き出すことができる。このとき、発電電流を確実に無駄なく電流引出し部により引き出すには、5 つ以上の電流引出し部を、内部集電材 4 の両端と、当該両端で挟まれた中間部分をセル長手方向に等分割するような位置に設けることが好ましい。

尚、このとき、各電流引出し部は、各電流引出し部が内部集電材 4 から取り出す電流を流しえるだけの電流容量を有している。

10

20

30

40

50

## 【0082】

図8の実施形態において、各アノード側電流引出し部18は、図4に示した実施形態の電流引出し部と同様の櫛型構造10を有しており、溝10a1つあたり複数のアノード側集電材4が挿入されて電氣的に接続されている。溝10aに挿入されたアノード側集電材4は、各電流引出し部18との電氣的接続を保持しながら接着剤等を用いて固定してもよい。このとき、各中空型セル6の中間部において露出した部分のアノード側集電材4と、当該アノード側集電材4の中間部と接続されるアノード側電流引出し部18(18a)との接続部分は、アノードに供給されるべく中空型セルの内面を流通する反応ガスと、カソードに供給されるべく中空型セルの外表面を流通する反応ガスが互いにリークしないよう、ガスシールされている。

10

## 【0083】

一方、図8に示すモジュールにおいて、中空型セル群7を構成する各中空型セル6は、カソード側集電材(外部集電材)として、網状集電材5aのみを備えており(図3参照)、当該網状集電材5aによって複数の中空型セル6が一体的に編みこまれている。すなわち、複数の中空型セル6が網状集電材5aを共有しており、当該網状集電材5aは各中空型セル6のカソード側集電材が電氣的に相互に接続した接続網となっている。

## 【0084】

本実施形態において、カソード側集電材の接続網である網状集電材5aとカソード側モジュール接続部9は、図9及び図10に示すような、分散配置された複数のカソード側電流引出し部17、17、・・・を介して接続されており、各電流引出し部17によってカ

20

ソード側網状集電材5aから引き出された電流は、カソード側モジュール接続部9において集約される。

各カソード側電流引出し部17は、カソード側網状集電材5aによって編み込まれた中空型セル群7の端部に配列している中空型セル6a上に位置するカソード側網状集電材5aの端部であり、複数の中空型セル6に共有されるカソード側集電材として機能する網状集電材5aの複数箇所に分散配置されている。各電流引出し部17は、上述したアノード側集電材である柱状集電材4と比較して、短い間隔で多数配置されている。このとき、各電流引出し部17は、網状集電材5aに集められる各中空型セル6の電流を効率良く取り出すことができるように、カソード側集電材の接続網である網状集電材5aに対する接続位置が分散配置されている。

30

## 【0085】

ここで、網状集電材5aに集められる各中空型セル6の電流を効率良く取り出すことができるように、各電流引出し部17の当該網状集電材5aに対する接続位置は、網状集電材5aの導電路の断面積(網状集電材を構成するワイヤの断面積)や、網状集電材のワイヤの巻き方、網状集電材5aの材料、各中空型セルの発電性能、網状集電材を共有する中空型セルの本数等、様々な要素を考慮することが望ましい。

## 【0086】

具体的には、アノード側と同様、分散配置された各電流引出し部の接続網に対する接続位置は、該各電流引出し部17によって電流を引き出される該接続網(集電材5)の各領域が電流を集電する電極の各領域における発電電流量と、該接続網の電流容量とを比較したときに、上記発電電流量が該電流容量以下となる位置とすることが好ましい。

40

例えば、網状集電材5aを構成するワイヤが直径0.5mm(断面積約0.196mm<sup>2</sup>)の銅線の場合、一般的に銅線は1mm<sup>2</sup>辺り5Aの電流を流すことができることから、この径0.5mmの銅線の電流容量は0.98Aである。このとき、各中空型セルが発電有効長150mm、外径1mmのチューブ型セル(発電有効面積4.71cm<sup>2</sup>)であって、発電性能が1cm<sup>2</sup>あたり0.64Aとすると、各中空型セルの発電電流量は約3Aと求められ、5本の中空型セルの合計発電電流量は15Aとなる。すなわち、上記のような銅線から構成される網状集電材4aが5本の中空型セルによって共有されている場合、銅線の端部である電流引出し部17は、各電流引出し部17により網状集電材5aを介して電流が引き出される電極の各領域における発電電流量が0.98A以下となるように

50

、最低でも16箇所(15A/0.98A 15.3)に配設されることによって、セルの発電電流を無駄なく電流引出し部により引き出すことができる。

【0087】

以上のように、図9のように複数の中空型セル6が網状のカソード側集電材5a(接続網)を共有する場合、中空型セルの数や各セルの発電性能等にもよるが、網状集電材5aはその導電路の断面積が小さく、上記棒状集電材5aや柱状集電材4と比べて電流容量が小さい。そのため、当該網状集電材5aから効率良く電流を取り出すためには、当該網状集電材5aとモジュール接続部との間に介在する電流引出し部は、上記棒状集電材5aや柱状集電材4上に配置される電流引出し部と比較して、短い間隔で多数配置されることが望ましい。

10

【0088】

本実施形態において、カソード側電流引出し部17となる網状集電材5aの端部は、網状集電材5aを構成するワイヤ本来の端部を利用する他、複数の中空型セルを編み込む張力を保持できる範囲内で、適宜、網状集電材のワイヤの中間を切断して端部を形成し、電流引出し部としてもよい。

網状集電材の端部である電流引出し部をモジュール接続部に接続する方法は、特に限定されない。例えば、網状集電材のワイヤの端部である電流引出し部を、はんだ付け等によってモジュール接続部に固定、接続する方法や、モジュール接続部に網状集電材のワイヤの端部が挿入可能な孔を設け、当該孔にワイヤの端部を挿入する方法等がある。

【0089】

以上のように、本実施形態においては、アノード側モジュール接続部とアノード側集電材、カソード側モジュール接続部とカソード側集電材(接続網)をそれぞれ接続する電流引出し部を多数配置することによって、中空型セルに接続する集電材からモジュール接続に至る集電経路を短縮し、集電効率が高められている。また、カソード側集電材として網状集電材5aのみを用い、棒状集電材を用いていない本実施形態の燃料電池は、カソード側集電材として棒状集電材5bと網状集電材5aとを併用した上記実施形態と比較して、集電材による占有容積が棒状集電材の分だけ小さくすることができるという利点を有している。

20

【0090】

さらに、分散配置された各電流引出し部の接続網に対する接続位置を、該各電流引出し部によって電流を引き出される集電材又は接続網の各領域が電流を集電する電極の各領域における発電電流量と、該集電材又は接続網の電流容量とを比較した時に、該発電電流量が該電流容量以下となる位置にする場合には、セル長が長い中空型セルを用いる場合や、集電する中空型セルに対して電流容量の小さい集電材又は接続網を用いる場合でも、損失なく集電することが可能である。このように発電電流量を考慮して電流引出し部を分散配置させる方法は、セル長が長い中空型セルを用いる場合や、集電する中空型セルに対して電流容量の小さい集電材又は接続網を用いる場合に高い効果を発揮し、好適に適用することができる。この分散配置方法は、本実施形態以外の形態、例えば、図4~図6に示した実施形態にも適用できる。

30

【0091】

尚、本実施形態において、網状集電材と接続される電流引出し部の分散配置形態は図8~図10に示すものに限定されず、上述した集電効率の他、モジュールの構造等を考慮して、適宜設計することができる。

40

また、図8において、中空型セル群7内において、2段目及び3段目に配置された中空型セル6を編み込む網状集電材に電流引出し部を配置する場合には、当該電流引出し部となるワイヤを2段目及び3段目の中空型セル6の位置からモジュール接続部9まで伸ばして当該モジュール接続部9に接続させる。

【0092】

本実施形態では、アノード側モジュール接続部8及びカソード側モジュール接続部9は、それぞれ、箱状のモジュールの対向する上下面を形成しており、隣接するモジュール間

50

は、一方のモジュールのアノード側モジュール接続部 8 と、他方のモジュールのカソード側モジュール接続部 9 とを当接させて、面接触させることによって、直列に接続される。

尚、1つのモジュール内では、アノード側電流引出し部 18 及びアノード側モジュール接続部 8 と、カソード側電流引出し部 17 及びカソード側モジュール接続部 9 とは、電氣的に絶縁されるような構造となっている。

#### 【0093】

本発明の燃料電池において、各中空型セルの内面側及び外面側に反応ガスを供給する方法等は、特に限定されるものではない。

例えば、図 4 及び図 5 においては、中空型セル群 7 の両端側に各中空型セル 6 の内面に反応ガス（本実施形態においては水素ガス）を流通させる内面用ガス流路 12（12a、12b）が設けられている。また、中空型セル群 7 の各中空型セル 6 の胴部側には、各中空型セル 6 の外面側に反応ガス（本実施形態においては、空気）を流通させる該面用ガス流路 13 が設けられている。これら 2 つの内面用ガス流路 12a、12b と外面用ガス流路 13 は、中空型セル群 7 の各中空型セル 6 の両端と胴部との間で中空型セル 6 の外面側の空間を仕切っている隔壁（図示せず）によって、ガスシール性が確保されている。

10

#### 【0094】

内面用ガス流路 12a、12b のうち一方は中空型セルの中空内に水素ガスを供給する供給路（上流）、他方は中空型セルの中空内から水素ガス（一部の水素が消費された未反応の水素ガス）が排出される排出路（下流）であり、ガス圧差によりどちらが上流で、どちらが下流かが決まる。中空型セル 6 は一方の開放端を内面用ガス流路 12 の供給路に、他方の開放端を内面用ガス流路 12 の排出路に接続されて、中空内に水素ガスが流通するようになっている。

20

また、隣接して直列接続されるモジュール 100 同士の内面用ガス流路 12a、12b は、モジュール 100 同士が当接する面に設けられた内面用ガス流路接続部 15a、15b において、接続されている。

#### 【0095】

図 4 及び図 5 に示すモジュール 100 において、外面用ガス流路 13 は、モジュール 100 の幅が狭い側面部に開口部 13a を有し、当該開口部 13a からモジュール 100 内に反応ガスを供給、排出できるようになっている。また、モジュール 100 は、隣接するモジュールとの当接面が平板状のモジュール接続部 8、9 の連通部 8c、9c となっているため、幅が狭い側面部から反応ガスの供給と排出が行われるが、隣接するモジュールとの当接面に各モジュール 100 の外面用ガス流路用接続部（図示せず）を設け、隣接するモジュールの外面用ガス流路を連通してもよい。

30

#### 【0096】

また、本実施形態においては、中空型セル 6 の外面に供給する反応ガスとして空気を用いているため、外面用ガス流路 13 は、モジュール 100 の外部から空気が自由に出入りする開放された空間であってもよいし、空気供給源及び排出路と連通する閉鎖された空間であってもよい。

#### 【0097】

図 4 及び図 5 に示すモジュール 100 は、2 つの内面用ガス流路 12a、12b の外側に、さらに、外部集電材（本実施形態においてはカソード側集電材）5 の棒状集電材 5b の中空内 5c に冷却水を流通させるための冷却水流路 14a、14b を有している。冷却水流路 14a、14b のうち、一方は、棒状集電材 5b の中空内 5c に冷却水を供給する供給路（上流）、他方は棒状集電材 5b の中空内から冷却水が排出される排出路（下流）である。棒状集電材 5b は一方の開放端を冷却水流路 14 の供給路に、他方の開放端を冷却水流路 14 の排出路に接続されて、中空内 5c に冷却水が流通するようになっている。冷却水は、モジュール内の温度を所定の温度に保つため及び / 又は温度が過度に上昇するのを防止するために流通させる。

40

また、隣接して直列接続されるモジュール 100 同士の冷却水流路 14a、14b は、モジュール 100 同士が当接する面に設けられた冷却水流路接続部 16a、16b におい

50

て、接続されている。

【0098】

図8に示すモジュールにおいては、外面用ガス流路13は、モジュールの幅が狭い側面部に開口部13aを有し、当該開口部13aからモジュール内に反応ガスを供給、排出できるようにになっている。内面用ガス流路については省略した。

【0099】

尚、中空型セル群7は、中空型セル6が、所定間隔、すなわちある規則性を持った間隔で整列され、通常は、一定間隔（等間隔）を持って整列される。中空型セルが等間隔で配置されていないと、中空型セルの外面側電極に供給される反応ガスの流れが均一にならないため、各中空型セルへの反応ガス供給量に差が生じ、燃料電池の発電効率が低下してしまうからである。特に、中空型セル外面側に供給する反応ガスを流す方向に対して直角方向の中空型セル間の間隔が一定でない場合には、反応ガスの流れに大きな偏りが生じやすいため、少なくとも中空型セル外面側に供給する反応ガスを流す方向に対して直角方向の中空型セル間の間隔が一定となるように、中空型セルを整列させることが好ましい。

また、中空型セルが一端のみにおいて中空内を開放したデッドエンドタイプの場合には、内面用ガス流路は当該開放端から反応ガスを中空内に供給するための供給路のみからなり、当該供給路に開放端が接続される。

【図面の簡単な説明】

【0100】

【図1】本発明に用いられる中空型（チューブ状）セルの一形態例を示す斜視図である。

【図2】図1に示すチューブ状セルの断面図である。

【図3】本発明に用いられるチューブ状セルの一形態例を示す斜視図である。

【図4】本発明の燃料電池に備えられるモジュールの一形態例を示す図である。

【図5】図4のモジュールの一部分解図である。

【図6】図4に示すモジュールを直列接続した状態を示す概略図である。

【図7】図4のモジュールに備えられるチューブ状セル群を示す図である。

【図8】本発明の燃料電池に備えられるモジュールの一形態例を示す図である。

【図9】図8のモジュールに備えられる中空型セル群と、中空型セル群に接続される各電流引出し部の一部を示す図である。

【図10】図9における網状集電材（外部集電材、本実施形態においてはカソード側集電材）とモジュール接合部の電流引出し部による接続状態を説明するための図であって、図10（10A）は図8のCC断面図であり、図10（10B）は図8におけるDD断面図である。

【図11】図8における内部集電材（本実施形態においてはアノード側集電材）とモジュール接合部の電流引出し部による接続状態を説明するための図であって、図11（11A）は図8のAA断面図であり、図11（11B）は図8におけるBB断面図である。

【図12】コの字型のセルモジュール接続部における連通部の電流容量と、電流引出し部の電流容量を説明する図である。

【図13】電流取出し部から隣接するモジュールへ電流の流れる方向と、連結部及びモジュール接続部の断面積（板厚）との関係を説明するための概念図である。

【符号の説明】

【0101】

1 ... 中空電解質膜（パーフルオロカーボンスルホン酸膜）

2 ... アノード（内面側電極）

3 ... カソード（外面側電極）

4 ... アノード側集電材（内部集電材）

5 ... カソード側集電材（外部集電材）

6 ... 中空型セル

7 ... 中空型セル群

8 ... アノード側モジュール接続部

10

20

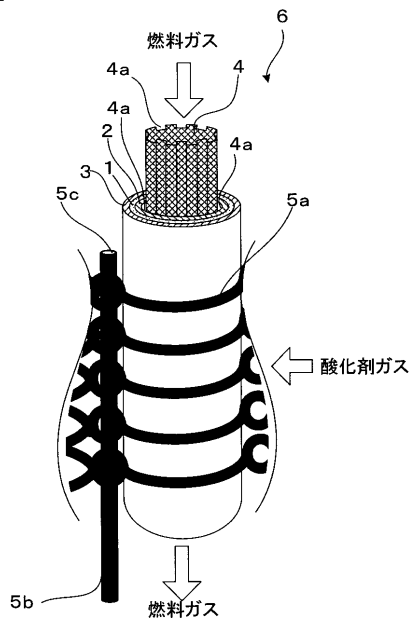
30

40

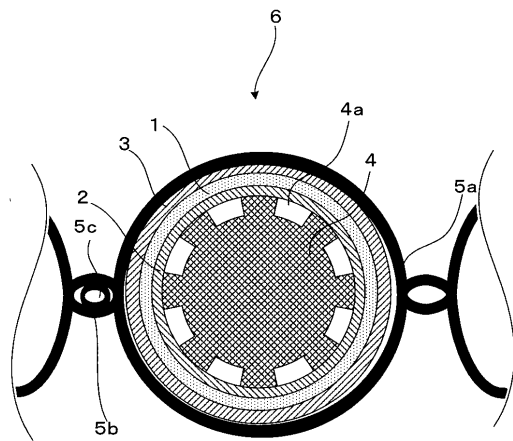
50

- 8 a、8 b ... アノード側電流引出し部
- 8 c ... 連通部
- 9 ... カソード側モジュール接続部
- 9 a、9 b ... カソード側電流引出し部
- 9 c ... 連通部
- 10 ... 櫛型構造 (10 a : 溝、10 b : 歯)
- 11 ... 櫛型構造 (11 a : 溝、11 b : 歯)
- 12 (12 a、12 b) ... 内面用ガス流路
- 13 ... 外面用ガス流路
- 13 a ... 開口部
- 14 (14 a、14 b) ... 冷却水流路
- 15 (15 a、15 b) ... 内面用ガス流路接続部
- 16 (16 a、16 b) ... 冷却水ガス流路接続部
- 17 ... カソード側電流引出し部
- 18 ... アノード側電流引出し部
- 100 (100 a、100 b、100 c) ... モジュール

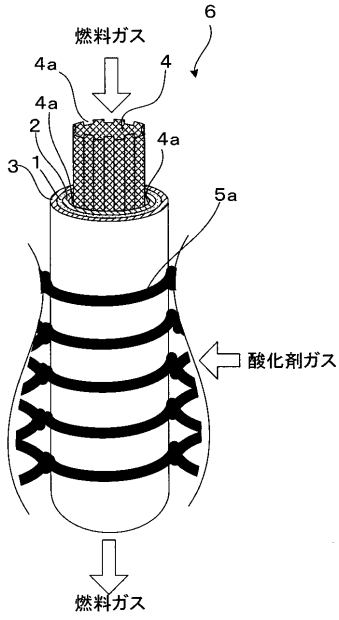
【図1】



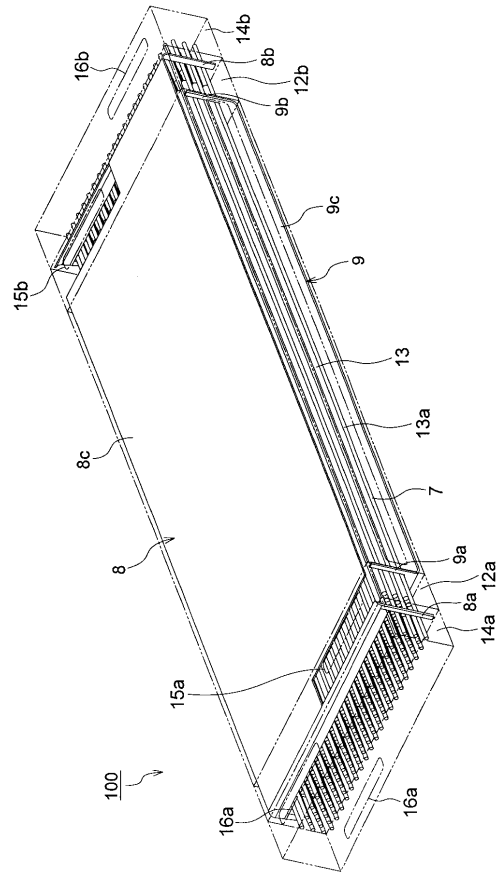
【図2】



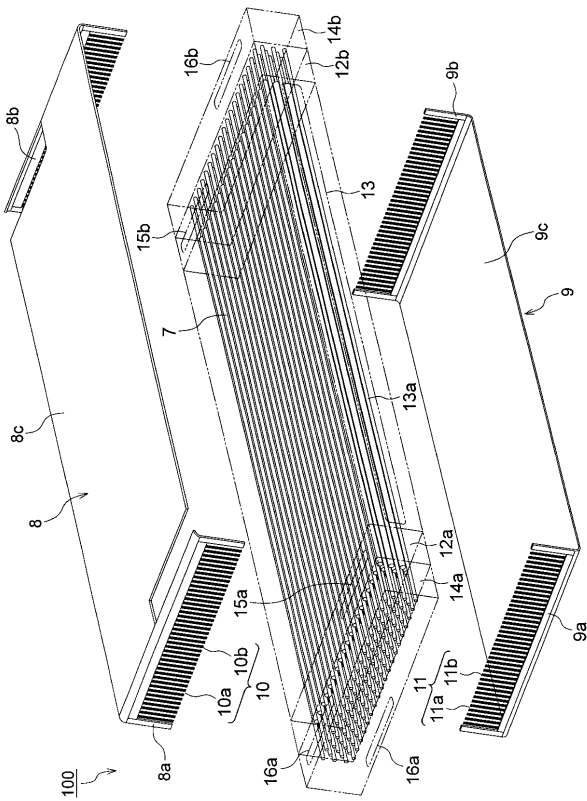
【 図 3 】



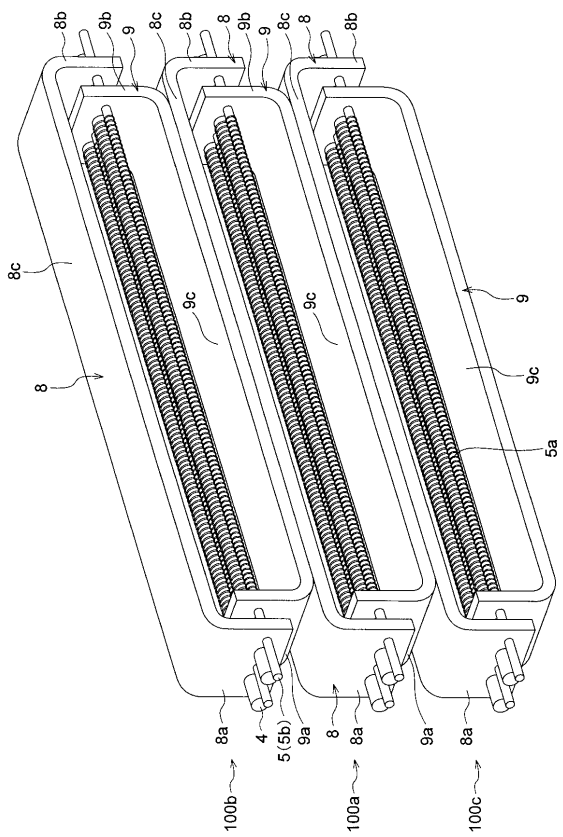
【 図 4 】



【 図 5 】

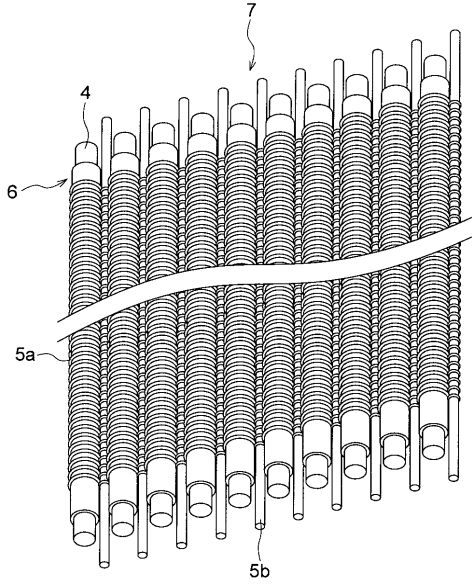


【 図 6 】

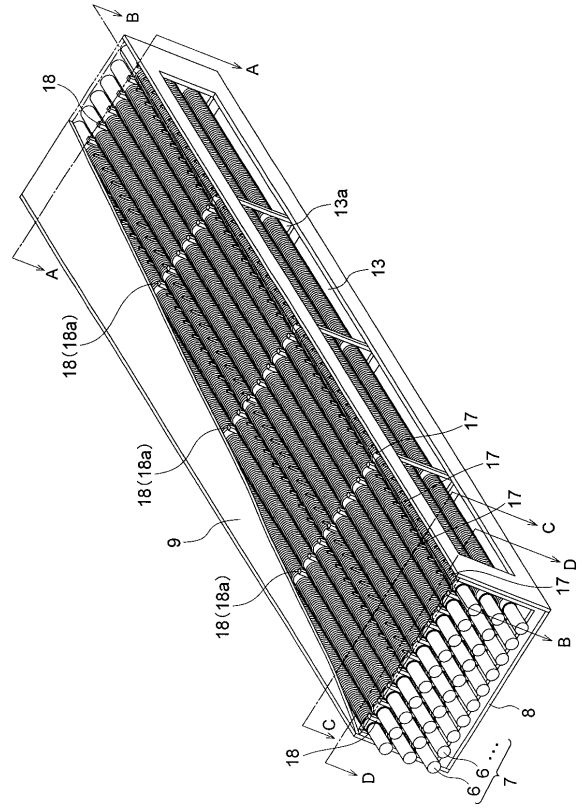




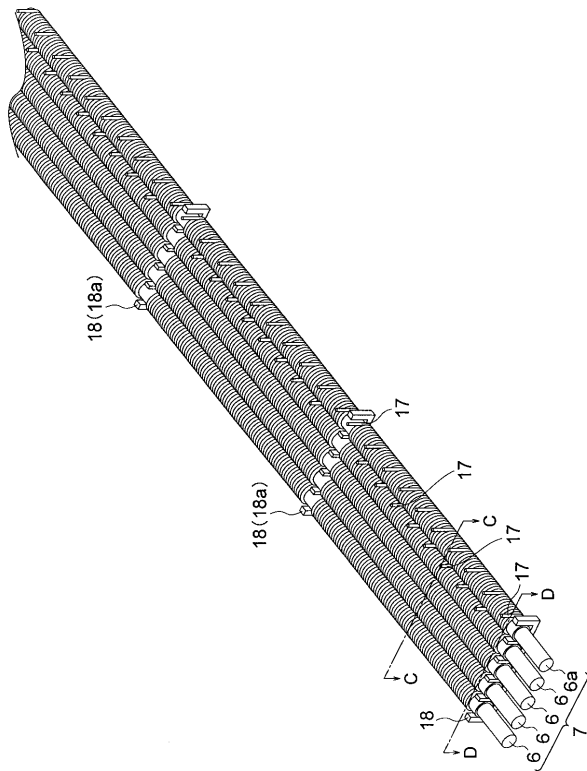
【 図 7 】



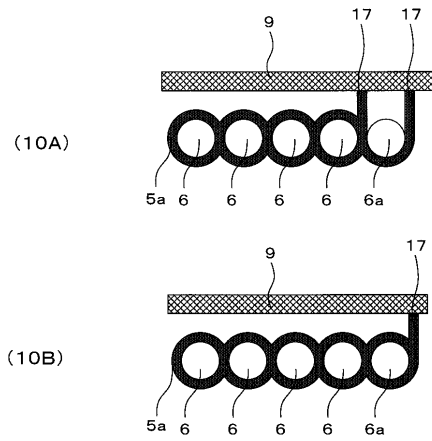
【 図 8 】



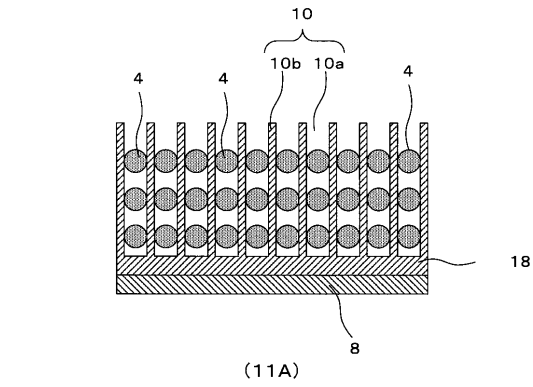
【 図 9 】



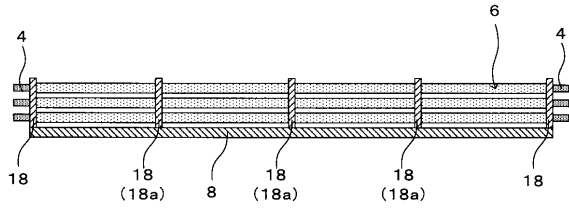
【 図 10 】



【図 1 1】

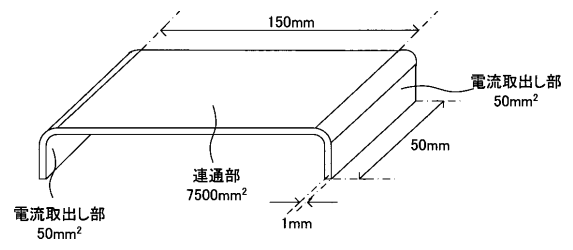


(11A)

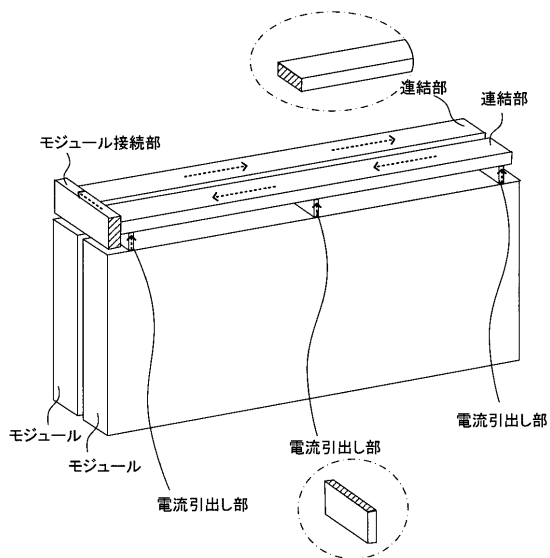


(11B)

【図 1 2】



【図 1 3】



## フロントページの続き

(51) Int.Cl. F I テーマコード(参考)  
H 0 1 M 8/24 Z

(72)発明者 今西 雅弘  
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72)発明者 松本 信一  
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72)発明者 田村 佳久  
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

Fターム(参考) 5H026 AA06 CC01 CV03 CV05 CX09