

(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2007-200675
(P2007-200675A)

(43) 公開日 平成19年8月9日(2007.8.9)

(51) Int. Cl.			F I			テーマコード (参考)	
HO 1 M	8/04	(2006.01)	HO 1 M	8/04	K	5HO26	
HO 1 M	8/06	(2006.01)	HO 1 M	8/06	W	5HO27	
HO 1 M	8/10	(2006.01)	HO 1 M	8/10			
			HO 1 M	8/04	J		
審査請求 未請求 請求項の数 14 O L (全 16 頁)							
(21) 出願番号	特願2006-17028 (P2006-17028)		(71) 出願人	000003207			
(22) 出願日	平成18年1月26日 (2006.1.26)			トヨタ自動車株式会社			
				愛知県豊田市トヨタ町1番地			
			(74) 代理人	100083091			
				弁理士 田淵 経雄			
			(72) 発明者	濱田 成孝			
				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	近藤 政彰			
				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 CX09 HH06			
				5H027 AA06 BA20 BC20 KK31 KK52			
				MM04 MM09 MM26			

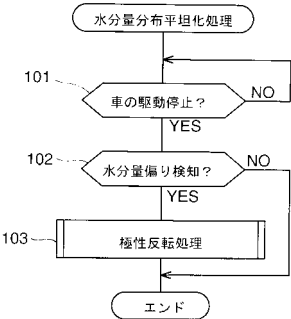
(54) 【発明の名称】 燃料電池スタックの運転方法とその装置

(57) 【要約】

【課題】 燃料電池スタックのセル積層方向の水分量分布を平坦化でき、安定した発電を可能にする燃料電池スタックの運転方法とその装置の提供。

【解決手段】 (1) 燃料電池スタックのセル積層方向での水分量分布の偏りが検知された場合に、セル積層方向の燃料電池スタックの総極性を反転させる燃料電池スタックの運転方法。(2) 燃料電池スタックの総極性の反転を、燃料電池スタックのセル積層方向の端部のうち水分が多い側の端部が総プラスになるように反転させる。(3) 燃料電池スタックの総極性の反転を、アノードガスとカソードガスを入替えることにより行う。(4) 入替え前にアノードガスの流路とカソードガスの流路をパージする。(5) イオン交換体を介して対向するガス流路の形状を同じにした。(6) 燃料電池スタックの総極性の反転を外部電源または回生電圧の印加により行う。(7) 燃料電池スタックの総極性の反転処理を、非発電状態の下で行う。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

燃料電池スタックのセル積層方向での水分量分布の偏りが検知された場合に、セル積層方向の燃料電池スタックの総極性を反転させる燃料電池スタックの運転方法。

【請求項 2】

前記燃料電池スタックの総極性の反転を、燃料電池スタックのセル積層方向の端部のうち水分が多い側の端部が総プラスになるように反転させる請求項 1 記載の燃料電池スタックの運転方法。

【請求項 3】

前記燃料電池スタックの総極性の反転を、アノードガスとカソードガスを入替えることにより行う請求項 1 または請求項 2 記載の燃料電池スタックの運転方法。 10

【請求項 4】

前記アノードガスとカソードガスを入替え前にアノードガスの流路とカソードガスの流路をバージする請求項 3 記載の燃料電池スタックの運転方法。

【請求項 5】

イオン交換体を介して対向するガス流路の形状を同じにした請求項 3 または請求項 4 記載の燃料電池スタックの運転方法。

【請求項 6】

前記燃料電池スタックの総極性の反転を、外部電源または回生電圧の印加により行う請求項 1 または請求項 2 記載の燃料電池スタックの運転方法。 20

【請求項 7】

前記燃料電池スタックの総極性の反転処理を、非発電状態の下で行い、反転直前の発電時の極性を基準に反転する請求項 1～請求項 6 の何れか一項記載の燃料電池スタックの運転方法。

【請求項 8】

前記燃料電池スタックのセル積層方向端部と端部付近に、セル積層方向中央部より排水性の高いセルを配置し、極性とセル排水性の両方で、燃料電池スタックのセル積層方向端部の排水を促進させる請求項 1～請求項 7 の何れか一項記載の燃料電池スタックの運転方法。

【請求項 9】

燃料電池スタックのセル積層方向での水分量分布の偏りを検知する検知装置と、
前記検知装置により燃料電池スタックのセル積層方向での水分量分布の偏りを検知された場合に、セル積層方向の燃料電池スタックの総極性を反転させる極性反転装置と、
を備えた燃料電池スタックの運転装置。 30

【請求項 10】

前記極性反転装置が、アノードガスとカソードガスのスタックへの供給を切替える装置からなる請求項 9 記載の燃料電池スタックの運転装置。

【請求項 11】

前記極性反転装置が、
燃料電池スタックとアノードガス供給源とを接続する第 1 の通路と、 40
燃料電池スタックとカソードガス供給源とを接続する第 2 の通路と、
第 1 の通路上に設けられた第 1 の切替弁と、
第 2 の通路上に設けられた第 2 の切替弁と、
第 1 の切替弁と第 2 の切替弁より下流側の第 2 の通路上の点とを連通する第 1 の切替通路と、
第 2 の切替弁と第 1 の切替弁より下流側の第 1 の通路上の点とを連通する第 2 の切替通路と、
第 1 の切替弁と第 2 の切替弁との切替えを指示する制御装置と、
を備えている請求項 9 記載の燃料電池スタックの運転装置。

【請求項 12】

前記極性反転装置が、アノードガスとカソードガスのスタックへの供給経路に接続されて該供給経路に不活性ガスのパージガスを供給するパージガス供給経路を備えている請求項 9 記載の燃料電池スタックの運転装置。

【請求項 13】

前記極性反転装置が、スタックに印加される極性を反転させる装置からなる請求項 9 記載の燃料電池スタックの運転装置。

【請求項 14】

前記極性反転装置が、
外部電源および該外部電源の第 1 の端子および第 2 の端子と、
燃料電池スタックのセル積層方向の一端の第 1 のターミナルおよび他端の第 2 のターミナルの前記外部電源の第 1 の端子との接続を切替える第 1 の切替スイッチと、
燃料電池スタックのセル積層方向の一端の第 1 のターミナルおよび他端の第 2 のターミナルの前記外部電源の第 2 の端子との接続を切替える第 2 の切替スイッチと、
第 1 の切替スイッチおよび第 2 の切替スイッチの切替えを指示する制御装置と、
を備えている請求項 9 記載の燃料電池スタックの運転装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、燃料電池スタックの運転方法とその装置に関し、とくに安定した燃料電池スタックの発電を可能にする燃料電池スタックの運転方法とその装置に関する。

【背景技術】

【0002】

燃料電池、たとえば固体高分子電解質型燃料電池は、膜－電極アッセンブリ（Membrane-Electrode Assembly、MEA）をセパレータで挟んだものから構成される。少なくとも 1 つの単位燃料電池からモジュールを構成し、モジュールを複数積層して（積層方向は任意）燃料電池スタックが構成される。

モジュールの一侧のセパレータの中央部には燃料ガス流路が形成され、他側のセパレータの中央部には酸化ガス流路が形成される。セパレータの外周部には、入口側および出口側の燃料および酸化ガスマニホールドが形成される。入口側の燃料ガスマニホールドから供給された燃料ガス（水素）は燃料ガス流路に流入して一部が発電に消費され、残りは燃料ガス流路から出口側の燃料ガスマニホールドに流出する。同様に、入口側の酸化ガスマニホールドから供給された酸化ガス（酸素、通常、空気）は酸化ガス流路に流入して一部が発電に消費され、残りは酸化ガス流路から出口側の酸化ガスマニホールドに流出する。セルの中央部は発電領域であり、発電の際に、カソード側に水が生成し、水分の一部は電解質膜を湿潤させ、アノード側に移動する。カソード側で生成した水は、ガス流に乗って酸化ガスマニホールドに排出されるが、排出が不十分であると、セル内でフラッディングを生じ、酸化ガスのカソードへの供給が阻害されて発電出力、電位が低下する。

燃料電池スタックの発電運転において、セル積層方向に偏った水分量分布が発生する。この対策として、特開 2004-179061 号公報は、水分の溜まりがちな部位のみに選択的に水はけのよいセルを配置することを提案している。また、特開 2004-179061 号公報では、水はけのよいセルを配置する部位は、スタックのガス供給側と反対側の端部とその近傍のセルとしている。

【特許文献 1】特開 2004-179061 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

しかし、従来の構成には、つぎの問題がある。

水分の溜まりがちな部位に選択的に水はけのよいセルを配置した場合、水分の溜まりを抑制することはできても、水分量分布を完全に平坦にするまでには至らず、水分量分布の平坦化には限界がある。

また、スタックのガス供給側端の反対側端が水分の溜まりがちな部位とは限らず、その場合には、スタックのガス供給側端の反対側端に水はけのよいセルを配置しても、水分量分布の平坦化にはほとんど効果がない。

【0004】

本発明の目的は、燃料電池スタックのセル積層方向の水分量分布を平坦化する（平坦に近づける）ことができ、安定した燃料電池スタックの発電を可能にする燃料電池スタックの運転方法とその装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0005】

上記目的を達成する本発明は、燃料電池スタックのセル積層方向での水分量分布の偏りが検知された場合に、セル積層方向の燃料電池スタックの総極性を反転させる燃料電池スタックの運転方法からなる。 10

望ましくは、燃料電池スタックの総極性の反転を、燃料電池スタックのセル積層方向の端部のうち水分が多い側の端部が総プラスになるように反転させる。

望ましくは、燃料電池スタックの総極性の反転を、アノードガスとカソードガスを入替えることにより行ってもよい。

望ましくは、アノードガスとカソードガスを入替え前にアノードガスの流路とカソードガスの流路をパージする。

望ましくは、イオン交換体を介して対向するガス流路の形状を同じにした。

望ましくは、燃料電池スタックの総極性の反転を、外部電源または回生電圧の印加により行ってもよい。 20

望ましくは、燃料電池スタックの総極性の反転処理を、非発電状態の下で行い、反転直前の発電時の極性を基準に反転する。

望ましくは、燃料電池スタックのセル積層方向端部と端部付近に、セル積層方向中央部より排水性の高いセルを配置し、極性とセル排水性との両方で、燃料電池スタックのセル積層方向端部の排水を促進させる。

運転方法。

上記目的を達成する本発明は、燃料電池スタックのセル積層方向での水分量分布の偏りを検知する検知装置と、

前記検知装置により燃料電池スタックのセル積層方向での水分量分布の偏りを検知された場合に、セル積層方向の燃料電池スタックの総極性を反転させる極性反転装置と、を備えた燃料電池スタックの運転装置からなる。 30

望ましくは、極性反転装置が、アノードガスとカソードガスのスタックへの供給を切替える装置からなる。

望ましくは、極性反転装置が、

燃料電池スタックとアノードガス供給源とを接続する第1の通路と、

燃料電池スタックとカソードガス供給源とを接続する第2の通路と、

第1の通路上に設けられた第1の切替弁と、

第2の通路上に設けられた第2の切替弁と、

第1の切替弁と第2の切替弁より下流側の第2の通路上の点とを連通する第1の切替通路と、 40

第2の切替弁と第1の切替弁より下流側の第1の通路上の点とを連通する第2の切替通路と、

第1の切替弁と第2の切替弁との切替えを指示する制御装置と、を備えている。

望ましくは、極性反転装置が、アノードガスとカソードガスのスタックへの供給経路に接続されて該供給経路に不活性ガスのパージガスを供給するパージガス供給経路を備えている。

望ましくは、極性反転装置が、スタックに印加される極性を反転させる装置からなる。

望ましくは、極性反転装置が、

外部電源および該外部電源の第1の端子および第2の端子と、
燃料電池スタックのセル積層方向の一端の第1のターミナルおよび他端の第2のターミナルの前記外部電源の第1の端子との接続を切替える第1の切替スイッチと、
燃料電池スタックのセル積層方向の一端の第1のターミナルおよび他端の第2のターミナルの前記外部電源の第2の端子との接続を切替える第2の切替スイッチと、
第1の切替スイッチおよび第2の切替スイッチの切替えを指示する制御装置と、
を備えている。

【発明の効果】

【0006】

セル積層方向における、燃料電池スタックの水分の溜まりは、スタックのセル積層方向の一端部の10枚程度のセル（顕著にあらわれるのは端部の5枚程度のセル）に見られ、スタックのセル積層方向の他端部とその近傍のセルはドライとなることが本発明者により確認された。

また、スタックの2つの端部のうちどちらの端部（とその近傍セル）に水が溜まるかは、スタックへのガスの供給方向と関係があるのではなく、スタックの総プラス、総マイナスと関係があり、スタックの総マイナス側の端部に水が溜まり、総プラスがドライになることも、本発明者により発見された。

【0007】

上記確認と発見のもとに、上記の燃料電池スタックの運転方法、または上記の燃料電池スタックの運転装置によれば、燃料電池スタックのセル積層方向での水分量分布の偏りが検知された場合に、セル積層方向の燃料電池スタックの総極性を反転させるので、総極性の反転前に総マイナスであった側のスタック端部の数セルは、総極性の反転後に総プラスになり、極性反転前の総マイナス時に溜まった水分は、極性反転後の総プラスになった時に時間の経過とともにドライになっていく。逆に、総極性の反転前に総プラスであった側のスタック端部の数セルは、総極性の反転後に総マイナスになり、総プラス時にドライとなった部分は、極性反転後の総マイナスになった時に時間の経過とともにウェットになっていく。その結果、燃料電池スタックのセル積層方向の水分量分布が平坦化する（平坦に近づく）ことができ、フラッディングによる電圧低下が生じることなく、安定した燃料電池スタックの発電が可能になる。

また、燃料電池スタックの総極性の反転を、燃料電池スタックのセル積層方向の端部のうち水分が多い側の端部が総プラスになるように反転させた場合は、極性反転前に水分が多かった端部は、極性反転後にドライになっていき、水分量分布が平坦なスタック中央部の水分量に近づいていき、フラッディングによる電圧低下が生じることなく、安定した燃料電池スタックの発電が可能になる。

【0008】

上記の燃料電池スタックの運転方法、または上記の燃料電池スタックの運転装置によれば、アノードガスとカソードガスの導入を反転させることにより、燃料電池スタックの総極性を反転させることができる。

アノードガスとカソードガスの入替え前にアノードガスの流路とカソードガスの流路をパージした場合は、アノードガスとカソードガスの混合と、該混合による膜の損傷を抑制することができる。

イオン交換体を介して対向するガス流路の形状を同じにした場合は、ガスの入替えの前後において、発電性能がほとんど変化せず、ガスの入替えにもかかわらず、安定した発電を継続することができる。

燃料電池スタックの総極性の反転を、外部電源または回生電圧の印加により行った場合は、外部電源電圧の印加の場合はガスの混合がないためガス流路のパージが必要でなく、回生電圧の印加の場合は回生電圧の有効利用をはかることができる。

燃料電池スタックの総極性の反転処理を、車の駆動停止時などの非発電状態の下で行った場合は、再始動時に備えることができる。また、非発電状態の下で行う場合は、極性がないので、反転直前の発電時の極性を基準にする。これによって、反転直前の発電におい

10

20

30

40

50

て、水分過多となった方の端部近傍のセルの水分を低減させることができる。

燃料電池スタックのセル積層方向端部と端部付近に、セル積層方向中央部より排水性の高いセルを配置した場合は、極性反転による端部と端部近傍のセルの水分の低減と排水性が高いことによるセル排水性との両方で、燃料電池スタックのセル積層方向端部とその近傍のセルの排水を促進させることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0009】

以下に、本発明の燃料電池スタックの運転方法とその装置を、図1～図18を参照して説明する。

本発明の燃料電池セパレータが組み付けられる燃料電池10は、低温型燃料電池であり、たとえば、固体高分子電解質型燃料電池10である。該燃料電池10は、たとえば燃料電池自動車に搭載される。ただし、自動車以外に用いられてもよい。

図16～図18に示すように、固体高分子電解質型燃料電池10は、膜－電極アッセンブリ(MEA: Membrane-Electrode Assembly)とセパレータ18との積層体からなる。

膜－電極アッセンブリは、イオン交換膜からなる電解質膜11とこの電解質膜の一面に配置された触媒層からなる電極(アノード、燃料極)14および電解質膜の他面に配置された触媒層からなる電極(カソード、空気極)17とからなる。膜－電極アッセンブリとセパレータ18との間には、アノード側、カソード側にそれぞれ拡散層13、16が設けられる。

【0010】

セパレータ18には、中央部に、アノード14、カソード17に燃料ガス(水素)および酸化ガス(酸素、通常は空気)を供給するための反応ガス流路27、28(燃料ガス流路27、酸化ガス流路28)と、その裏面に冷媒(通常、冷却水)を流すための冷媒流路26が形成されている。

また、セパレータ18には、外周部に、燃料ガス流路27に燃料ガスを供給、排出するための燃料ガスマニホールド30、酸化ガス流路28に酸化ガスを供給、排出するための酸化ガスマニホールド31、冷媒流路26に冷媒を供給、排出するための冷媒マニホールド29が形成されている。

【0011】

膜－電極アッセンブリとセパレータ18を重ねて単位燃料電池(「単セル」ともいう)19を構成し、セルを1つ以上積層してセル積層体とし、セル積層体のセル積層方向両端に、ターミナル20、インシュレータ21、エンドプレート22を配置し、エンドプレート22をセル積層体の外側でセル積層方向に延びる締結部材(たとえば、テンションプレート24)に、ボルト・ナット25により固定し、セル積層体をセル積層方向に締め付け、燃料電池スタック23を構成する。

【0012】

流体流路26、27、28、29、30、31、34をシールするために、ガス側のシール材33および冷媒側のシール32が設けられる。図示例では、ガス側シール材33が接着剤からなり、冷媒側シール材32がゴムガスケットからなる場合を示している。ただし、ガス側シール材33も冷媒側シール材32も、接着剤とゴムガスケットの何れから構成されてもよい。

【0013】

各セル19の、アノード側14では、水素を水素イオン(プロトン)と電子に電離する電離反応が行われ、水素イオンは電解質膜11中をカソード側に移動し、カソード17側では酸素と水素イオンおよび電子(隣りのMEAのアノードで生成した電子がセパレータを通してくる、またはセル積層方向一端のセルのアノードで生成した電子が外部回路を通して他端のセルのカソードにくる)から水を生成する反応が行われ、かくして発電が行われる。

アノード側： $\text{H}_2 \rightarrow 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$

カソード側： $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- + (1/2)\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$

10

20

30

40

50

【0014】

各セル19では、水生成反応が起こるカソード側で水が溜まりやすく、酸化ガス流路28の下流側で水が溜まりやすいが、一部の水が膜11を透過するためアノード側でも水が溜まる。

図1、図2、図11～図13に示すように、通常発電時には、時間の経過とともに、セル19を積層したスタック23では、セル積層方向に、水分量分布が不均一になり、スタック23のセル積層方向一端側の複数セル（約5～10セル）には、他のセルより多くの水分が溜まり、水分過多状態（フラッディング）が生じやすい。スタック23のセル積層方向一端側の複数セルはドライになりやすい。スタックのどちら側の端部にフラッディングが生じるかは、従来、スタックへのガスの供給側か排出側かと相関があるのではないかと考えられていたが、発明者等の試験では、スタックのどちら側の端部にフラッディングが生じるかは、スタックへのガスの供給側か排出側かとは無関係であることが判明している。すなわち、スタックのどちら側の端部にフラッディングが生じるかは、従来、わかっていなかったというのが実情である。

フラッディングが生じると反応ガスの触媒層電極への供給が阻害され、電圧低下が生じ、発電が阻害される。それを解消するため、燃料電池スタック23における、セル積層方向の水分量分布を均一にする方法、装置の開発が臨まれている。

【0015】

本発明者等は、スタックにおける水分量分布がスタックの総極性と相関があるという仮説を立て、その仮説が正しいか否かを試験で検討してみた。試験の結果は、その仮説は正しい、すなわち、スタックにおける水分量分布はスタックの総極性と相関があることを示した。

【0016】

試験で判明したことを説明する。

まず、図11に示すように、各スタックがnセル（nは50～450までの適宜の数字、たとえば200）を積層したスタックを2つ並列配置し、それを電氣的に直列接続して、そこに各スタックの一端側から反応ガスを供給し、スタック他端でUターンさせ、反応ガス供給側と同じ側のスタック端から反応ガスを排出させて、通常発電運転を行い、その時の水分量分布（図12）とセルの電圧低下（図13）を測定した。

図12に示すように、各スタックともに、セル積層方向でマイナス側となる端部で水分量の増大が見られた。そして、図13に示すように、水分量が増大しているセルで、電圧低下の急減が見られた。

【0017】

図6～図9は単一スタックとその通常発電運転での水分量測定結果のデータを示している。

図6において、スタックの総マイナス側となる一端側から水素を導入し総プラス側である反対側端でUターンさせて水素導入側と同じ側から未消費水素を排出した。スタックの水素導入側と同じ側の端部からエアを導入し反対側端でUターンさせてエア導入側と同じ側から未消費エアを排出した。

スタックはNセル（Nは40～300までの適宜の数字、 $N < n$ ）を積層したスタックで試験した。水分量分布は図7に示す通りである。スタック23の総マイナス側端とその近傍セルで水分量が増大している。総プラス側はドライとなった。

【0018】

スタック23の総極性を図6の場合と逆にして運転すると、図8に示すようになり、その時の水分量測定結果のデータを図9に示す。総極性を逆にするために、水素とエアの導入を図6の場合と逆転させた。その時の水分量分布は、図9に示すように、図8で総マイナス側となるスタック端部で水分量が増大し、総プラス側のスタック端部でドライになった。

【0019】

図10は、種々の負荷状態下での、ガスの種々の状態での運転における、mセル（mは

10

20

30

40

50

10～40までの適宜の数字、 $m < N$)を含むスタックのセル積層方向含水量分布の試験結果を示している。図中、(1)は加湿ガスの場合、(2)は無加湿ガスの場合、(3A、3B)は加湿ガスの場合で、負荷取り出しなし(オープンサーキット)の場合(3Aは第1回目、3Bは第2回目)、(4)は燃料ガス流路と酸化ガス流路に窒素を流した場合、をそれぞれ示す。図10からわかることは、ガスを流してだけで負荷の取り出しがなくても水分量の不均一分布が生じること、加湿ガスの場合にもみ水分量の不均一分布が生じること、窒素を流して発電しなくても水分量の不均一分布が生じること、等である。

【0020】

図6～図13により、水分量の増大、減少は、常に、スタックのセル積層方向端部とその近傍の複数セルで起こること、および、スタック端部の水分量の増大、減少はスタックの総マイナス、総プラスと相関があることが判明する。 10

【0021】

上記から、スタックの総極性およびその反転と水分量分布との間には、図2～図5に示す相関があることがわかる。

燃料電池スタック23の通常運転時には、図2、図3に示すように、スタック23の総マイナス側の端部セルとその近傍の複数セル(端部セルを含む複数セル)の含水量が、スタックの中央セルのほぼ均一含水量に比べて多く、かつ、端部セルに近づくほど含水量が多くなる。また、スタック23の総プラス側の端部セルとその近傍の複数セル(端部セルを含む複数セル)の含水量は、スタックの中央セルのほぼ均一含水量に比べて少なく(ドライとなり)、かつ、端部セルに近づくほど含水量が少なくなる。 20

【0022】

燃料電池スタック23の極性を、セル積層方向に、図4に示すように反転すると、その時の水分量分布は、図5に示すように、極性反転前の水分分布不均一が均一化して水分量分布がフラットになる。すなわち、図3で水分量が多いところと図5で水分量が少ないところに対応して水分量が相殺し、図3で水分量が少ないところと図5で水分量が多いところに対応して水分量が相殺し、その結果、水分量分布がセル積層方向にフラット化する(スタックのセル積層方向の中央セルとほぼ同じ水分量となる)。

【0023】

本発明の燃料電池スタックの運転方法およびその装置は、上記知見に基づいてなされたものである。 30

まず、本発明の燃料電池スタックの運転方法を、図1～図13を参照して説明する。

本発明の燃料電池スタックの運転方法は、図1に示す制御ルーチンにしたがって実行される。図1の制御ルーチンは所定時間間隔で割り込まれる。本発明の燃料電池スタックの運転方法は、図1に示すように、燃料電池スタック23のセル積層方向での水分量分布の偏りが検知された場合(ステップ102)に、セル積層方向の燃料電池スタック23の総極性を反転させる方法(ステップ103)からなる。ただし、水分量分布の偏りの検知工程を経ずに、直接ステップ103を所定時間毎に行ってもよい。

本発明の燃料電池スタックの運転方法は、極性反転処理は、再始動時に備えて、車の停止後、停止中に、(ステップ101)に行うことが望ましい。ただし、ステップ101を経ずに直接、ステップ102またはステップ103にエンターしてもよい。たとえば、外部電源電圧の印加で極性反転を行う場合は、燃料電池の発電状態で行ってもよい。 40

【0024】

ステップ103の燃料電池スタック23の総極性の反転処理は、「極性反転を一定時間だけ続ける処理」でもよいし、あるいは、「水分量分布が平坦化したか否かを判定し、平坦化したと判定されるまで極性反転を続ける処理」としてもよい。

スタック23の総マイナス側に水分が溜まった時には、総マイナス側端の極性がプラスに反転され、水分量が平坦化されると元の総マイナスに戻され、続く運転中において再び水分が溜まると極性が再びプラスに反転され、水分量が平坦化されると元の総マイナスに戻されるので、スタック23の端部の極性は、プラスとマイナスとが繰り返されることになる。 50

【0025】

燃料電池スタック23の総極性の反転は、燃料電池スタック23のセル積層方向の端部のうち水分が多い側の端部（反転前に、スタック23の総マイナス側であった端部）が総プラスになるように反転させる。この反転においては、スタックの反対側の端部、すなわち、燃料電池スタック23のセル積層方向の端部のうち水分が少ない側の端部（反転前に、スタック23の総プラス側であった端部）が総マイナスになるように反転される。

【0026】

燃料電池運転の任意の時間において、スタック23における総プラスから総マイナスに向かう方向と、その運転状態における各セル19のプラスからマイナスに向かう方向とは対応する。したがって、スタック23の総プラス、総マイナスが反転されると、各セル19のプラス、マイナスも反転される。

10

【0027】

スタック23は、図2、図4に示すように、単一のスタックから構成されてもよいし、図11に示すように、複数のスタック23（図11では2個のスタック23）を電氣的に直列に接続したものでよい。

たとえば、図2、図4の例では、スタック23の一端から燃料ガス、酸化ガスがスタック23に導入され、スタック23の他端から燃料ガス、酸化ガスの未消費ガスがスタック23から排出される。ただし、燃料ガス、酸化ガスは、スタック23のガス導入側と反対側端でUターンされて、スタック23のガス導入側と同じ側の端部から排出されるようにしてもよい。

20

図11はn個のセル（セル番号1～n）を積層した第1のスタックのマイナス側端を、別のn個のセル（セル番号n+1～2n）を積層した第2のスタックのプラス側端に銅板にて接続したものを示す。直列2スタックの総マイナス側端の電位を0ボルトとすると、1セルが1ボルトとした場合、直列2スタックの総プラス側端の電位は2nボルトとなる。図11の例では、燃料ガス、酸化ガスは、第1、第2のスタックの同じ側の端部から供給され、スタックのガス導入側と反対側端でUターンされて、スタックのガス導入側と同じ側の端部から排出されるようにした場合が示されている。

【0028】

単一スタックの場合も、直列複数スタックの場合も、燃料電池スタック23の総極性の反転は、アノードガス（燃料ガス）とカソードガス（酸化ガス）を入替えることにより行うか、または外部電源または回生電圧の印加により行うことができる。図2、図4、図6～図9は、燃料電池スタック23の総極性の反転を、アノードガス（燃料ガス）とカソードガス（酸化ガス）を入替えて導入することにより行う場合を示している。

30

【0029】

燃料電池スタック23の総極性の反転を、アノードガスとカソードガスを入替えることにより行う場合は、極性反転前は燃料ガスマニホールドであったマニホールドに極性反転後は酸化ガスを供給して酸化ガスマニホールドとして用い、極性反転前は酸化ガスマニホールドであったマニホールドに極性反転後は燃料ガスを供給して燃料ガスマニホールドとして用いる。これにより、極性反転前は燃料ガス流路であったセル内ガス流路に極性反転後は酸化ガスが流して酸化ガス流路として用い、極性反転前は酸化ガス流路であったセル内ガス流路に極性反転後は燃料ガスを流して燃料ガス流路として用いる。その結果、極性反転前の各セルのプラス、マイナスが反転し、極性反転前のスタック23の総プラス、総マイナスが反転する。

40

【0030】

極性反転時の、燃料ガスと酸化ガスとの混合を抑制するために、アノードガスとカソードガスを入替え前に、極性反転前にアノードガス（燃料ガス）が流れていた流路（セル内ガス流路、マニホールド、スタック外の流路を含む）と極性反転前にカソードガス（酸化ガス）が流れていた流路（セル内ガス流路、マニホールド、スタック外の流路を含む）をパージすることが望ましい。その理由は、燃料ガスと酸化ガスが混合すると、燃料ガスが化学燃焼して発熱し、膜11を傷めるから、それを防止するためである。パージガスは窒

50

素などの不活性ガスを用いる。

【0031】

各セルにおいてイオン交換体（電解質膜11）を介して対向するガス流路（燃料ガス流路27、酸化ガス流路28）の形状は、通常は異なり、それぞれ、発電に最適な形状としてあるが、燃料ガスと酸化ガスを入替えても同じ発電性能が得られるようにするには、ガス流路（燃料ガス流路27、酸化ガス流路28）の形状は同じにすればよい。

【0032】

燃料電池スタック23の総極性の反転を、外部電源または回生電圧の印加により行う場合は、極性反転前は総マイナスであったターミナル20に外部電源（または回生電圧）からプラスの電位を印加して総プラスに極性を反転させ、極性反転前は総プラスであったターミナル20に外部電源（または回生電圧）からマイナスの電位を印加して総マイナスに極性を反転させる。反応ガスの流れは反転させず、極性反転前のガスの流れのままを維持してもよい。これによって、反応ガスの流れを反転させることなく、燃料電池スタック23の総極性を外部電源または回生電圧で反転させることにより、スタックの水分量分布を平坦化させることができる。

【0033】

燃料電池スタック23の総極性の反転処理を非発電状態の下で行う場合には、反転直前の発電時の極性を基準に反転する。たとえば、燃料電池スタック23の総極性の反転を導入ガスの入替えで行う場合、ガス流路のバージをするに際していったん反応ガスの供給を止めることになるが、その時は非発電状態かそれに近い状態となる。そして、非発電状態では、スタック23の極性が無くなるので、総マイナスを総プラスにするとした場合の総マイナスが何かということになるが、その場合には、反転直前の発電時の極性を基準にする、すなわち反転直前の発電時に総マイナスであった端部の極性を反転前の総マイナスとするということである。

【0034】

燃料電池スタック23のセル積層方向端部と端部付近に、セル積層方向中央部より排水性の高いセル19（たとえば、拡散層やガス流路溝の撥水性を向上させたセル）を配置して、極性反転とセル排水性の両方で、燃料電池スタックのセル積層方向端部の排水を促進させてもよい。

【0035】

つぎに、本発明の燃料電池スタックの運転装置を、図14、図15を参照して説明する。

本発明の燃料電池スタックの運転装置は、燃料電池スタック23のセル積層方向での水分量分布の偏りを検知する検知装置40と、検知装置40により燃料電池スタック23のセル積層方向での水分量分布の偏りが検知された場合に、セル積層方向の燃料電池スタック23の総極性（総プラス、総マイナス）を反転させる極性反転装置50と、を備えている。

【0036】

燃料電池スタック23のセル積層方向での水分量分布の偏りを検知する検知方法は、つぎの（イ）、（ロ）、（ハ）の何れかによることができる。

（イ）スタック23の各セル19には通常その電圧を計測するセルモニターが取り付けられているが、そのセルモニターを利用してスタック端部またはその近傍のセルの電圧を測定し、スタック端部またはその近傍のセルに電圧低下があった場合に水分の偏りが発生したとする方法。この場合は、セルモニターが検知装置40となる。図11～図13では、セル電圧が、セル番号n、2nのセルとその近傍（各スタック23の総マイナス側の端部）で急低下していることを示している。

（ロ）セルのインピーダンスを検出し、水分の多いセルは抵抗が低くなるので、インピーダンスが低くなったことを計測して、水分の偏りが発生したとする方法。

（ハ）水分が溜まってくると、スタック23全体の質量（重量）が増大するため、スタック23全体の質量を測定して、所定値以上になると、端部セルまたはその近傍に水分の偏

10

20

30

40

50

りが発生したと推定する方法。

【0037】

燃料電池スタック23の総極性の反転は、アノードガス（燃料ガス）とカソードガス（酸化ガス）を入替えることにより行うか、または外部電源または回生電圧の印加により行うことができる。

【0038】

燃料電池スタック23の総極性の反転を、アノードガス（燃料ガス）とカソードガス（酸化ガス）を入替えることにより行う場合は、極性反転装置50は、アノードガスとカソードガスのスタックへの供給を切替える装置からなる。

たとえば、極性反転装置50は、燃料電池スタック23とアノードガス供給源51とを接続する第1の通路53と、燃料電池スタック23とカソードガス供給源52とを接続する第2の通路54と、第1の通路53上に設けられた第1の切替弁55と、第2の通路54上に設けられた第2の切替弁56と、第1の切替弁55と第2の切替弁56より下流側の第2の通路54上の点とを連通する第1の切替通路57と、第2の切替弁56と第1の切替弁55より下流側の第1の通路53上の点とを連通する第2の切替通路58と、第1の切替弁55と第2の切替弁56との切替えを指示する制御装置59（図1の制御フローを実行するルーチンを格納したコンピュータ）と、を備えている。

制御装置59は図1の制御ルーチンにしたがって第1の切替弁55と第2の切替弁56の切替えを指示する。

【0039】

極性反転時（直前）に反応ガスをパージする場合は、極性反転装置50は、アノードガスとカソードガスのスタックへの供給経路（第1の通路、第2の通路）51、52に接続されて供給経路51、52に不活性ガス（たとえば、窒素）のパージガスを供給するパージガス供給経路60と、パージガス供給源61と、パージガス供給経路60上に設けられパージ時に開となるバルブ62を備えている。

【0040】

極性反転装置50が、スタック23に印加される極性を反転させる装置から構成される場合は、極性反転装置50は、たとえば、外部電源70および外部電源70の第1の端子71および第2の端子72と、燃料電池スタック23のセル積層方向の一端の第1のターミナル20Aおよび他端の第2のターミナル20Bの、外部電源70の第1の端子71との接続を切替える第1の切替スイッチ73と、燃料電池スタック23のセル積層方向の一端の第1のターミナル20Aおよび他端の第2のターミナル20Bの、外部電源70の第2の端子72との接続を切替える第2の切替スイッチ74と、第1の切替スイッチ73および第2の切替スイッチ74の切替えを指示する制御装置59（図1の制御フローを実行するルーチンを格納したコンピュータ）と、を備えている。

【0041】

つぎに、本発明の燃料電池スタックの運転方法とその装置の作用・効果を説明する。

本発明の燃料電池スタックの運転方法とその装置では、燃料電池スタック23のセル積層方向での水分量分布の偏りが検知された場合（ステップ102）に、セル積層方向の燃料電池スタック23の総極性を反転させる（ステップ103）ので、総極性の反転前に総マイナスであった側のスタック端部セルとその近傍の数セル（端部セルを含み複数セル）は、総極性の反転後に総プラスになり、極性反転前の総マイナス時に溜まった水分は、極性反転後の総プラスになった時に時間の経過とともに平坦に近づいていき平坦を通り過ぎるとドライになっていく。逆に、総極性の反転前に総プラスであった側のスタック端部の数セル（端部セルを含み複数セル）は、総極性の反転後に総マイナスになり、総プラス時にドライとなった部分は、極性反転後の総マイナスになった時に時間の経過とともにウェットになっていく。その結果、燃料電池スタックのセル積層方向の水分量分布が平坦化し（図3の水分量分布が図5の水分量分布に近づく、したがって、平坦に近づく）、フラグディングによる電圧低下が生じることなく、安定した燃料電池スタックの発電が可能になる。

【0042】

極性反転においては、燃料電池スタック23の総極性の反転を、燃料電池スタック23のセル積層方向の端部のうち水分が多い側の端部が総プラスになるように反転させるので、極性反転前に水分が多かった端部は、極性反転後にドライになっていき、水分量分布が平坦なスタック中央部の水分量に近づいていき、フラッディングによる電圧低下が生じることなく、安定した燃料電池スタックの発電が可能になる。

【0043】

スタック23の端部の極性の反転は、燃料電池の外部回路に負荷がかかっている状態で行ってもよいし、あるいは燃料電池の外部回路に負荷がかかっていない（オープンサーキット）状態で行ってもよく、何れの場合も水分量分布はフラット化する。

10

また、供給ガスが加湿ガスである場合は、本発明の水分量分布のフラット化が顕著に見られる。

水分量分布のフラット化は、スタックの総極性に相関しており、ガスの流れ方向とは相関しない。

【0044】

燃料電池スタックの総極性の反転は、アノードガスとカソードガスの導入を反転させる（アノードガスが導入されていたところにカソードガスを導入し、カソードガスが導入されていたところにアノードガスを導入する）ことにより行うことができる。

燃料電池スタックの総極性の反転は、外部電源または回生電圧の印加により行うこともできる。

20

【0045】

アノードガスとカソードガスの入替え前にアノードガスの流路とカソードガスの流路をパージする場合は、アノードガスとカソードガスの混合と、該混合による膜11の損傷を抑制することができる。

【0046】

イオン交換体（電解質膜11）を介して対向するガス流路の形状を同じにした場合は、ガスの入替えの前後において、発電性能がほとんど変化せず、ガスの入替えにもかかわらず、安定した発電を継続することができる。

【0047】

燃料電池スタック23の総極性の反転を、外部電源70または回生電圧の印加により行う場合は、燃料ガスと酸化ガスの混合がないためガス流路の窒素等によるパージが必要でない。また、回生電圧の印加の場合は回生電圧の有効利用をはかることができる。

30

【0048】

燃料電池スタック23のセル積層方向端部と端部付近に、セル積層方向中央部より排水性の高いセル（拡散層やガス流路溝の撥水性を良好にしたセル）を配置すれば、極性反転による端部と端部近傍のセルの水分の低減と、排水性が高いことによるセル排水性との両方で、燃料電池スタック23のセル積層方向端部とその近傍のセル19の排水を促進させる。

【図面の簡単な説明】

【0049】

40

【図1】本発明の燃料電池スタックの運転方法のフローチャートである。

【図2】本発明の燃料電池スタックの運転方法が実施される燃料電池スタックの通常発電時（極性反転前）の概略側面図である。

【図3】本発明の燃料電池スタックの運転方法が実施される燃料電池スタックの通常発電時（極性反転前）の水分量分布図（含水量対セル番号）である。

【図4】本発明の燃料電池スタックの運転方法が実施される燃料電池スタックの極性反転後の概略側面図である。

【図5】本発明の燃料電池スタックの運転方法が実施される燃料電池スタックの極性反転後の水分量分布図（含水量対セル番号）である。

【図6】試験で用いた、本発明の燃料電池スタックの運転方法が実施される燃料電池スタ

50

ックの通常発電時（極性反転前）の概略斜視図である。

【図 7】試験で用いた、本発明の燃料電池スタックの運転方法が実施される燃料電池スタックの通常発電時（極性反転前）の水分量分布図（含水量対セル番号）である。

【図 8】試験で用いた、本発明の燃料電池スタックの運転方法が実施される燃料電池スタックの極性反転後の概略斜視図である。

【図 9】試験で用いた、本発明の燃料電池スタックの運転方法が実施される燃料電池スタックの極性反転後の水分量分布図（含水量対セル番号）である。

【図 10】mセルスタックのセル積層方向の水分量分布図（含水量対セル番号）である。

【図 11】試験で用いた、nセルスタックを2スタック並列配置して電氣的に直列接続した場合の概略側面図である。

【図 12】図 11 の 2 スタック装置の水分量分布図（含水量対セル番号）である。

【図 13】図 11 の 2 スタック装置のセル電圧分布図（セル電圧対セル番号）である。

【図 14】本発明の燃料電池スタックの運転装置で極性反転を導入ガスの反転で行う場合の系統図である。

【図 15】本発明の燃料電池スタックの運転装置で極性反転を外部電源電圧の印加で行う場合の系統図である。

【図 16】本発明の燃料電池スタックの概略側面図である。

【図 17】本発明の燃料電池スタックの一部の拡大断面図である。

【図 18】本発明の燃料電池スタックのセルの概略正面図である。

【符号の説明】

【0050】

10 燃料電池

11 電解質膜

13 拡散層

14 電極（アノード、燃料極）

16 拡散層

17 電極（カソード、空気極）

18 燃料電池セパレータ

19 単セル

20、20A、20B ターミナル

21 インシュレータ

22 エンドプレート

23 スタック

24 締結部材（テンションプレート）

25 ボルト

26 冷媒流路

27 燃料ガス流路

28 酸化ガス流路

29 冷媒マニホールド

30 燃料ガスマニホールド

31 酸化ガスマニホールド

32 冷媒側シール材（たとえば、ゴムガスケット）

33 ガス側シール材（たとえば、接着剤）

40 検知装置

50 極性反転装置

51 燃料ガス（アノードガス）供給源

52 酸化ガス（カソードガス）供給源

53 第1の通路

54 第2の通路

55 第1の切替弁

10

20

30

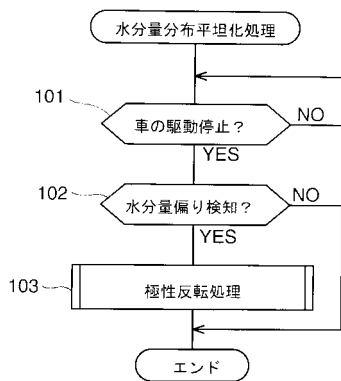
40

50

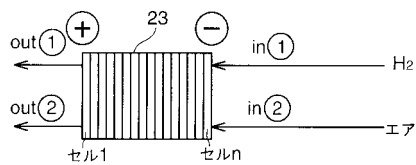
- 5 6 第 2 の切替弁
- 5 7 第 1 の切替通路
- 5 8 第 2 の切替通路
- 5 9 制御装置
- 6 0 パージガス供給通路
- 6 1 パージガス供給源
- 6 2 バルブ
- 7 0 外部電源
- 7 1 第 1 の端子
- 7 2 第 2 の端子
- 7 3 第 1 の切替スイッチ
- 7 4 第 2 の切替スイッチ

10

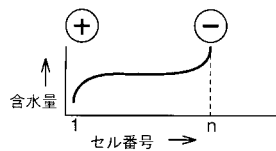
【図 1】



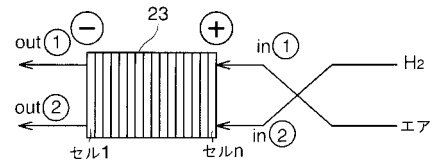
【図 2】



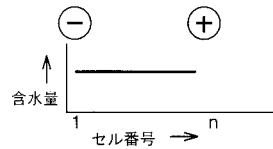
【図 3】



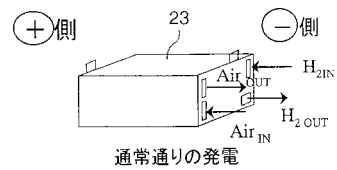
【図 4】



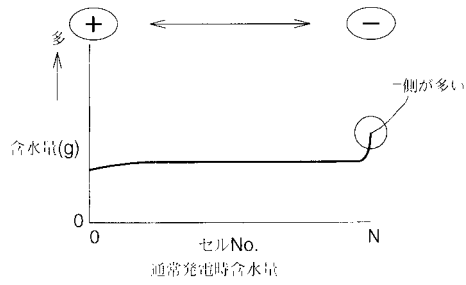
【図 5】



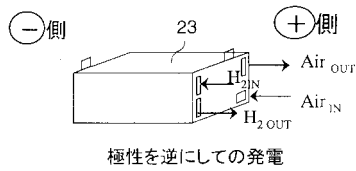
【図 6】



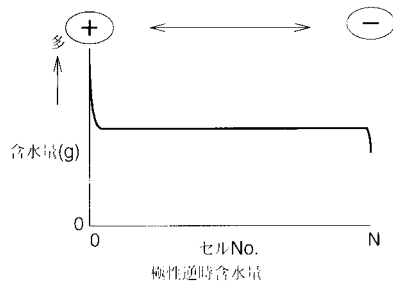
【図 7】



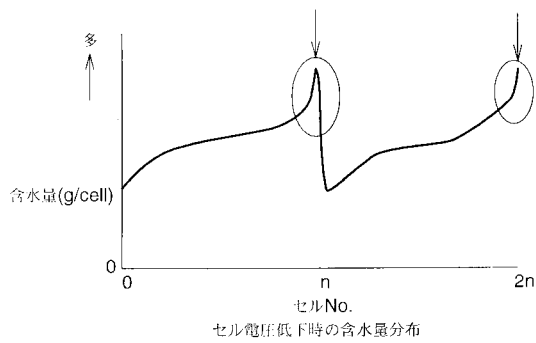
【図 8】



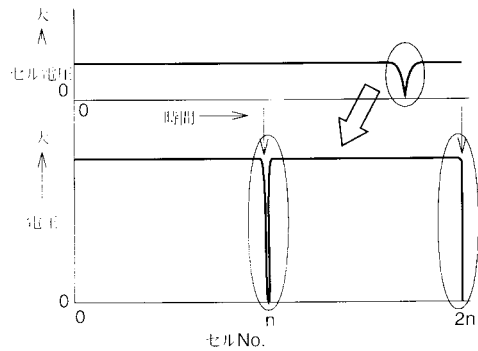
【図 9】



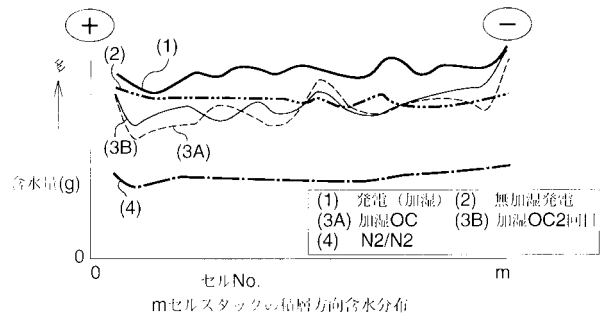
【図 12】



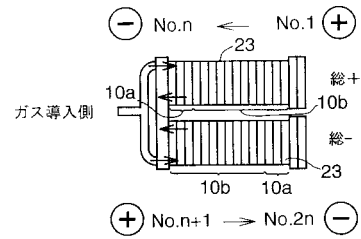
【図 13】



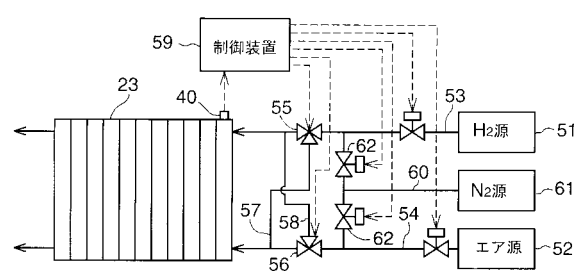
【図 10】



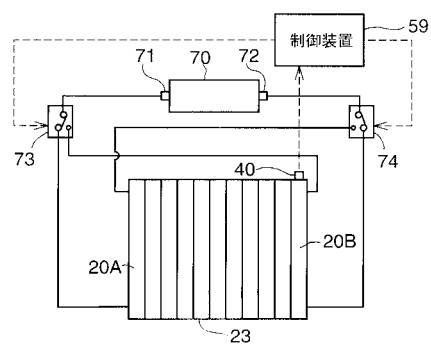
【図 11】



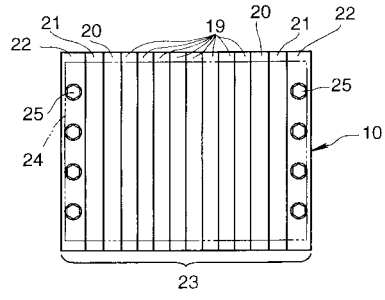
【図 14】



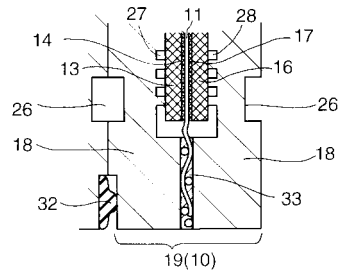
【図 15】



【図 16】



【図 17】



【図 18】

