

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2007年4月26日 (26.04.2007)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2007/046545 A1

- (51) 国際特許分類:
H01M 8/04 (2006.01) H01M 8/10 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2006/321437
- (22) 国際出願日: 2006年10月20日 (20.10.2006)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2005-307021
2005年10月21日 (21.10.2005) JP
特願 2006-130480 2006年5月9日 (09.05.2006) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): トヨタ自動車株式会社 (TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地 Aichi (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 今西 啓之 (IMANISHI, Hiroyuki) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP). 真鍋

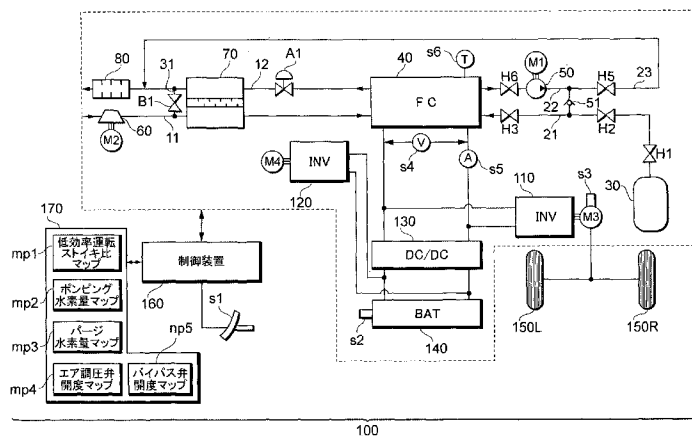
晃太 (MANABE, Kota) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP).
 小川 朋也 (OGAWA, Tomoya) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP).
 手嶋 剛 (TEJIMA, Go) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP).
 長沼 良明 (NAGANUMA, Yoshiaki) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP).
 能登 博則 (NOTO, Hironori) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP).

- (74) 代理人: 稲葉 良幸, 外 (INABA, Yoshiyuki et al.); 〒1066123 東京都港区六本木6-10-1 六本木ヒルズ森タワー-23階 TMI総合法律事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD,

[続葉有]

(54) Title: FUEL BATTERY SYSTEM, ANODE GAS PRODUCTION AMOUNT ESTIMATION APPARATUS, AND METHOD FOR ESTIMATING ANODE GAS PRODUCTION AMOUNT

(54) 発明の名称: 燃料電池システム、アノードガス生成量推定装置及びアノードガス生成量の推定方法



- 160 CONTROL UNIT
- mp1 MAP OF STOICHIOMETRY RATIO IN LOW-EFFICIENCY OPERATOR
- mp2 PUMPING HYDROGEN AMOUNT MAP
- mp3 PURGE HYDROGEN AMOUNT MAP
- mp4 AIR PRESSURE REGULATION VALVE OPENING MAP
- np5 BYPASS VALVE OPENING MAP

(57) Abstract: This invention provides, for example, a fuel battery system that can sufficiently reduce the concentration of hydrogen in exhaust gas even when a fuel battery is operated in a low power generation efficiency. A bypass valve (B1) is provided between an oxidizing gas supply path (11) and a cathode off-gas flow path (12). When the supply of the oxidizing gas to the cathode is insufficient, pumping hydrogen is contained in the cathode off-gas. Accordingly, in this case, the concentration of hydrogen in the exhaust gas is controlled by regulating the valve opening of the bypass valve (B1) to regulate the flow rate of bypass air.

[続葉有]

WO 2007/046545 A1



MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK,
SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,
UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR),
OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML,
MR, NE, SN, TD, TG).

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE,

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約: 発電効率が低い状態で燃料電池を運転する場合であっても排気水素濃度を十分に低減することが可能な燃料電池システムなどを提供する。酸化ガス酸化ガス供給路11とカソードオフガス流路12との間にバイパス弁B1を設ける。カソードへの酸化ガスの供給が不足した状態ではカソードオフガスにポンピング水素が含まれるため、バイパス弁B1の弁開度を調整し、バイパスエアの流量を調整することで排気水素濃度を制御する。

1
明細書

燃料電池システム、アノードガス生成量推定装置及びアノードガス生成量の推定方法

5

技術分野

本発明は、燃料電池システム、及び燃料電池のカソードにおいて生成されるアノードガスの生成量を推定するための技術に関する。

10 背景技術

燃料電池自動車などに搭載されている燃料電池は、アノードに供給される水素を含む燃料ガスとカソードに供給される酸素を含む酸化ガスを用いて電力を発生する。燃料電池から排出される水素オフガスは、酸素オフガスと混合・希釈され、水素濃度が低減された状態で車外へ排出される。かかる水素
15 オフガスを排出する際には、高濃度の水素が排出されないように十分に希釈する必要がある（例えば、特許文献1参照）。

また、高濃度の水素が排出されないように十分希釈するためには、水素オフガス濃度を精度良く検知する必要がある。このような水素オフガス濃度を検知する方法として、酸素オフガスが流通するカソードオフガス流路に水素
20 センサを設置し、カソード側から排出される水素オフガスの濃度を水素センサによって検出する方法が提案されている（例えば、特許文献2参照）。

[特許文献1] 特表2003-504807号公報

[特許文献2] 特開2003-294676号公報

25

発明の開示

しかしながら、発電効率が低い状態で燃料電池を運転している場合には、アノードから水素が排出されるだけでなく、カソードからも水素（主にポンピング水素）が排出され、規制範囲を超えた水素がシステム外部に排出されてしまう虞があった。

- 5 また、上記従来の水素オフガス濃度の検出方法では、水素オフガスが水素センサに至らなければ濃度を検出することができず、検出までに時間がかかるという問題があった。

本発明は以上説明した事情を鑑みてされたものであり、発電効率が低い状態で燃料電池を運転する場合であっても排気水素濃度を十分に低減することが可能な燃料電池システムなどを提供することを目的とする。さらに、本発明はカソード側から排出される水素オフガスの濃度などを迅速かつ正確に求めることができる技術を提供することを目的とする。

10 上述した問題を解決するため、本発明に係る燃料電池システムは、第1の効率での運転と、第1の効率よりも低い第2の効率での運転（以下、低効率
15 運転）とを選択的に実行する燃料電池システムであって、燃料電池のカソード排出ガスに含まれるアノードガスのガス量に応じて、前記カソード排出ガスの希釈量を調整する調整手段を備えることを特徴とする。

ここで、上記構成にあつては、前記カソード排出ガスに含まれるアノードガスは、低効率運転の際に前記燃料電池のカソードに発生する水素ガスであり、前記燃料電池のガス供給路を流れるカソードガスの一部を燃料電池をバイパスして排出通路へ導くバイパス通路をさらに備え、前記調整手段は、前記燃料電池のカソード排出ガスに含まれる水素ガスのガス量に応じて、バイパスされる前記カソードガスのガス量を制御するバイパス弁を備える態様が好ましい。

25 また、上記構成にあつては、前記調整手段は、当該システムから外部へ排出される水素の排出濃度が基準値以下となるように、バイパスされる前記カ

ソードガスのガス量を制御する態様が好ましい。

また、上記構成にあつては、前記燃料電池のカソードに供給するカソードガスは、酸素を含む酸化ガスであり、与えられる指示に従って前記酸化ガスを吐出する酸化ガス供給源と、前記燃料電池の発電に必要な酸化ガス量と前記燃料電池をバイパスする酸化ガス量に基づいて、前記酸化ガス供給源による酸化ガスの吐出量を制御する制御手段とをさらに具備する態様が好ましい。

また、上記構成にあつては、前記制御手段は、前記酸化ガス供給源から前記燃料電池のカソードへ供給される酸化ガスのガス量を制御する調圧弁を備え、前記低効率運転の際、前記燃料電池のカソードに発生する水素ガスが基準値以下である場合には、前記調整手段は、前記バイパス弁を全閉とする一方、前記制御手段は、前記燃料電池の発電に必要な酸化ガス量に応じて、前記調圧弁の開度を一定に保持したまま前記酸化ガスの吐出量を制御する態様が好ましい。

また、上記構成にあつては、前記酸化ガス供給源はエアコンプレッサであり、前記制御手段は、前記燃料電池の発電に必要な酸化ガス量に応じて、前記調圧弁を全開に保持したまま前記酸化ガスの吐出量を制御する態様が好ましい。

また、上記構成にあつては、前記低効率運転の際に前記燃料電池のカソードに発生する水素ガスのガス量を推定する推定手段をさらに具備する態様が好ましい。

また、上記構成にあつては、前記推定手段は、前記燃料電池の出力電流と、該燃料電池のエアストイキ比と、該燃料電池の温度に基づいて前記水素量を推定する態様が好ましい。

また、本発明に係る発生水素量の推定方法は、低効率運転の際に燃料電池のカソードに発生する水素ガスのガス量を推定する方法であつて、前記燃料電池の出力電圧及び出力電流に基づき、該燃料電池のエアストイキ比を推

定する第1推定ステップと、前記出力電流と前記エアストイキ比と前記燃料電池の温度に基づき、該燃料電池のカソードに発生する水素ガスのガス量を推定する第2推定ステップとを具備することを特徴とする。

また、本発明に係るガス生成量推定装置は、燃料電池のカソードにおいて

5 生成されるアノードガスの生成量を推定するガス生成量推定装置であって、所定条件を満たす場合に通常運転動作点よりも電力損失の大きな低効率運転動作点にて前記燃料電池を運転する運転制御手段と、低効率運転動作点にて前記燃料電池を運転する際に、前記燃料電池の発電特性に基づいて前記カソードにおいて生成されるアノードガスの生成量を推定する推定手段とを具備

10 することを特徴とする。

ここで、上記構成にあつては、前記推定手段は、前記燃料電池の発電特性と前記燃料電池へのカソードガスの供給量とともに、前記燃料電池のカソード側に残存する未反応カソードガスの残存量、または前記燃料電池を構成する各セルの圧力損失のばらつきの少なくともいずれかを考慮して、前記アノ

15 ードガスの生成量を推定する態様が好ましい。

また、上記構成にあつては、前記推定手段は、前記未反応カソードガスの残存量及び前記セルの圧力損失のばらつきの両方を考慮して、前記アノードガスの生成量を推定する態様が好ましい。

また、上記構成にあつては、前記燃料電池の出力電圧を検出する電圧モニ

20 タをさらに備え、前記推定手段は、前記電圧モニタによって検出される出力電圧に基づいて前記カソードにおいて生成されるアノードガスの生成量を推定する態様が好ましい。

また、上記構成にあつては、前記電圧モニタは、前記各セルのセル電圧を検出し、前記推定手段は、基準セルにおけるセル電圧とアノードガス生成量

25 の関係をあらわす基準関数を備え、前記推定手段は、前記電圧モニタによって検出される各セルのセル電圧と前記基準関数を利用することで、前記カソ

ードにおいて生成されるアノードガスの生成量を推定する態様が好ましい。

また、上記構成にあつては、前記運転制御手段は、前記燃料電池の暖機が必要な場合、または前記燃料電池の触媒活性を回復させることが必要な場合に、低効率運転動作点にて前記燃料電池を運転する態様が好ましい。

- 5 また、上記構成にあつては、前記カソードにおいて生成されるアノードガスは水素である態様が好ましい。

- また、本発明に係るアノードガス生成量の推定方法は、燃料電池のカソードにおいて生成されるアノードガスの生成量を推定する方法であつて、所定条件を満たす場合に通常運転動作点よりも電力損失の大きな低効率運転動作点にて前記燃料電池を運転する運転制御ステップと、低効率運転動作点にて前記燃料電池を運転する際に、前記燃料電池の発電特性に基づいて前記カソードにおいて生成されるアノードガスの生成量を推定する推定ステップとを含むことを特徴とする。
- 10

- ここで、上記構成にあつては、前記推定ステップにおいては、前記燃料電池の発電特性と前記燃料電池へのカソードガスの供給量とともに、前記燃料電池のカソード側に残存する未反応カソードガスの残存量、または前記燃料電池を構成する各セルの圧力損失のばらつきの少なくともいずれかを考慮して、前記アノードガスの生成量を推定する態様が好ましい。
- 15

- また、上記構成にあつては、前記推定ステップにおいては、電圧モニタによつて検出される前記燃料電池の出力電圧に基づいて前記カソードにおいて生成されるアノードガスの生成量を推定する態様が好ましい。
- 20

- 以上説明したように、本発明によれば、発電効率が低い状態で燃料電池を運転する場合であっても排気水素濃度を十分に低減することが可能となる。
- また、本発明によれば、カソード側から排出される水素オフガスの濃度などを迅速かつ正確に求めることが可能となる。
- 25

図面の簡単な説明

図1は、第1実施形態に係る燃料電池システムの構成を示す図である。

図2は、同実施形態に係るFC電流とFC電圧との関係を示す図である。

図3Aは、同実施形態に係る通常運転時の電池反応を示す図である。

5 図3Bは、同実施形態に係る低効率運転時の電池反応を示す図である。

図4は、同実施形態に係る低効率運転時の動作を示すフローチャートである。

図5は、第2実施形態に係る燃料電池システムの構成を示す図である。

10 図6Aは、同実施形態に係る通常運転時の出力電力と電力損失の関係を示す図である。

図6Bは、同実施形態に係る低効率運転時の出力電力と電力損失との関係を示す図である。

図7Aは、同実施形態に係る通常運転時の電池反応を示す図である。

図7Bは、同実施形態に係る低効率運転時の電池反応を示す図である。

15 図8は、同実施形態に係るエアストイキ比とポンピング水素の発生量の関係を示す図である。

図9は、第3実施形態に係る燃料電池周辺の構成を示す図である。

図10は、同実施形態に係る基準関数を説明するための図である。

図11は、同実施形態に係るエア流量調整マップを示す図である。

20 図12は、第4実施形態に係る燃料電池周辺の構成を示す図である。

図13は、同実施形態に係る動作を示すフローチャートである。

図14は、同実施形態に係る各運転動作点を説明するための図である。

図15は、同実施形態に係るプレ低効率運転の動作を示すフローチャートである。

以下、本発明に係る実施の形態について図面を参照しながら説明する。

A. 第1実施形態

図1は本実施形態に係る燃料電池システム100の要部構成を示す図である。本実施形態では、燃料電池自動車(FCHV)、電気自動車、ハイブリッド自動車などの車両に搭載される燃料電池システムを想定するが、車両のみならず各種移動体(例えば、船舶や飛行機、ロボットなど)や定置型電源にも適用可能である。

燃料電池システム100は、燃料ガス循環供給系と酸化ガス供給系とを備えている。

10 燃料ガス循環供給系は燃料ガス供給源30、燃料ガス供給路21、燃料電池40、燃料ガス循環路22、及びアノードオフガス流路23を含んで構成され、酸化ガス供給系はエアコンプレッサ60、酸化ガス供給路11、及びカソードオフガス流路12を含んで構成されている。

燃料電池40は、供給される反応ガス(燃料ガス及び酸化ガス)から電力を発生する手段であり、MEA(膜/電極接合体)などを備えた複数の単セルを直列に積層したスタック構造を有している。具体的には、固体高分子型、15 磷酸型、熔融炭酸塩型など種々のタイプの燃料電池を利用することができる。

燃料ガス供給源30は、燃料電池40へ水素ガスなどの燃料ガスを供給する手段であり、例えば高圧水素タンク、水素貯蔵タンクなどによって構成される。燃料ガス供給路21は、燃料ガス供給源30から放出される燃料ガスを燃料電池40のアノード極に導くためのガス流路であり、そのガス流路には上流から下流にかけてタンクバルブH1、水素供給バルブH2、FC入口バルブH3などの弁が配設されている。タンクバルブH1、水素供給バルブH2、FC入口バルブH3は、各ガス流路21~23又は燃料電池40へ燃20 料ガスを供給(または遮断)するためのシャットバルブであり、例えば電磁弁によって構成されている。

燃料ガス循環路 22 は、未反応燃料ガスを燃料電池 40 へ還流させるための帰還ガス流路であり、そのガス流路には上流から下流にかけて FC 出口バルブ H4、水素ポンプ 50、逆止弁 51 が各々配設されている。燃料電池 40 から排出された低圧の未反応燃料ガスは水素ポンプ 50 によって適度に加圧され、燃料ガス供給路 21 へ導かれる。なお、燃料ガス供給路 21 から燃料ガス循環路 22 への燃料ガスの逆流は、逆止弁 51 によって抑制される。

アノードオフガス流路 23 は、燃料電池 40 から排出された水素オフガスを含むアノードオフガスをシステム外に排気するためのガス流路であり、そのガス流路にはパージバルブ H5 が配設されている。

10 エアコンプレッサ 60 は、エアフィルタ（図示略）を介して外気から取り込んだ酸素（酸化ガス）を燃料電池 40 のカソード極に供給する。燃料電池 40 のカソードからはカソードオフガスが排出される。カソードオフガスには、燃料電池 40 の電池反応に供した後の酸素オフガスのほか、カソード側で生成されるポンピング水素などが含まれる（詳細は後述）。このカソード
15 オフガスは、燃料電池 40 の電池反応により生成された水分を含むため高湿潤状態となっている。

加湿モジュール 70 は、酸化ガス供給路 11 を流れる低湿潤状態の酸化ガスと、カソードオフガス流路 12 を流れる高湿潤状態のカソードオフガスとの間で水分交換を行い、燃料電池 40 に供給される酸化ガスを適度に加湿する。燃料電池 40 に供給される酸化ガスの背圧は、カソードオフガス流路 12 のカソード出口付近に配設されたエア調圧弁 A1 によって調圧される。

ここで、エアコンプレッサ 60 から加湿モジュール 70 に至る酸化ガス供給路 11 と、加湿モジュール 70 から希釈器 80 に至るカソードオフガス流路 12 との間は、バイパス弁 B1 によって接続されている。バイパス弁 B1
25 及びバイパス通路 31 は、酸化ガス供給路 11 を流れる酸化ガスの一部を燃料電池 40 をバイパスしてカソードオフガス流路 12 へ導く手段であり、制

御装置（調整手段）160によってバイパスされる酸化ガス量が調整される。
なお、以下の説明では、バイパスされる酸化ガスをバイパスエアと呼ぶ。

希釈器80は、水素ガスの排出濃度を予め設定された濃度範囲（環境基準に基づいて定められた範囲など）に収まるように希釈する。この希釈器80
5 にはカソードオフガス流路12の下流及びアノードオフガス流路23の下流が連通しており、水素オフガス、ポンピング水素、酸素オフガス、バイパスエアを混合希釈してシステム外に排気する。

燃料電池40で発電された直流電力の一部はDC/DCコンバータ130によって昇降圧され、バッテリー140に充電される。

10 バッテリー140は、充放電可能な二次電池であり、種々のタイプの二次電池（例えばニッケル水素バッテリーなど）により構成されている。もちろん、バッテリー140に代えて二次電池以外の充放電可能な蓄電器、例えばキャパシタを用いても良い。

15 トラクションインバータ110及び補機インバータ120は、パルス幅変調方式のPWMインバータであり、与えられる制御指令に応じて燃料電池40またはバッテリー140から出力される直流電力を三相交流電力に変換してトラクションモータM3及び補機モータM4へ供給する。

20 トラクションモータM3は車輪150L、150Rを駆動するためのモータであり、補機モータM4は各種補機類を駆動するためのモータである。なお、補機モータM4は水素循環ポンプ50を駆動するモータM1やエアコンプレッサ60を駆動するモータM2等を総称している。

制御装置（調整手段）160は、CPU、ROM、RAMなどにより構成され、入力される各センサ信号に基づき、当該システムの各部を中枢的に制御する。具体的には、アクセルペダル開度を検出するアクセルペダルセンサ
25 s1、バッテリー140の充電状態SOC（State Of Charge）を検出するSOCセンサs2、トラクションモータM3の回転数を検知するT/Cモータ

回転数検知センサ s 3、燃料電池 40 の出力電圧、出力電流、内部温度をそれぞれ検出する電圧センサ s 4、電流センサ s 5、温度センサ s 6 などから入力される各センサ信号に基づいて、インバータ 110、120 の出力パルス幅などを制御する。

- 5 また、制御装置 160 は、低温始動時など燃料電池 40 を暖機する必要がある場合には、メモリ 170 に格納されている各マップ mp 1 ~ mp 5 等を利用して発電効率の低い運転を行う。

- 図 2 は、燃料電池の出力電流（FC 電流）と出力電圧（FC 電圧）との関係を示す図であり、発電効率の高い運転（通常運転；第 1 の効率での運転）
10 を行った場合を実線で示し、酸化ガス量を絞ることによって発電効率の低い運転（低効率運転；第 1 の効率よりも低い第 2 の効率での運転）を行った場合を点線で示す。なお、横軸は FC 電流、縦軸は FC 電圧をあらわしている。
- 通常、燃料電池 40 を運転する場合には、電力損失を抑えて高い発電効率
15 で燃料電池 40 を運転する（図 2 の実線部分参照）。ここで、エアストイキ比とは、FC 電流を発電させるのに必要な理論エア供給量に対する実際のエア供給量の過剰率をいう。

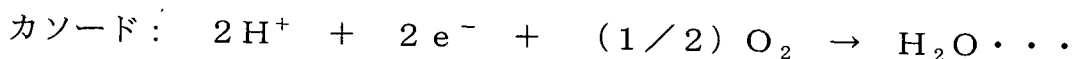
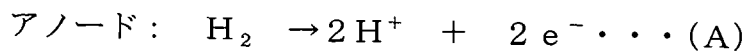
- これに対し、燃料電池 40 を暖気する場合には、電力損失を大きくして燃料電池 40 の温度を上昇させるべく、エアストイキ比を 1.0 付近（理論
20 値）に設定した状態で燃料電池 40 を運転する（図 2 の点線部分参照）。エアストイキ比を低く設定して運転すると、水素と酸素との反応によって取り出せるエネルギーのうち、電力損失分（すなわち熱損失分）が積極的に増大されるため、迅速に暖機することができる一方、該カソードにはポンピング水素が発生する。

- 25 図 3 は、ポンピング水素の発生メカニズムを説明するための図であり、図 3 A は通常運転時の電池反応を示す図、図 3 B は低効率運転時の電池反応を

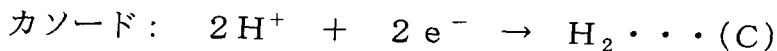
示す図である。

各セル4は、電解質膜4aと、この電解質膜4aを挟持するアノード電極及びカソード電極を備えている。水素(H₂)を含む燃料ガスはアノードに供給され、酸素(O₂)を含む酸化ガスはカソードに供給される。アノード
5 へ燃料ガスが供給されると下記式(A)の反応が進行して水素が水素イオンと電子に乖離する。アノードで生成した水素イオンは電解質膜4aを透過してカソードへ移動する一方、電子はアノードから外部回路を通過してカソードへ移動する。

ここで、カソードへの酸化ガスの供給が十分な場合には(エアストイキ比
10 ≥ 1.0)、下記式(B)が進行して酸素、水素イオン及び電子から水が生成される(図3A参照)。一方、カソードへの酸化ガスの供給が不足している場合には(エアストイキ比 < 1.0)、不足する酸化ガス量に応じて下記式(C)が進行し、水素イオンと電子が再結合して水素が生成される(図3
B参照)。生成された水素は、酸素オフガスとともにカソードから排出され
15 ることになる。なお、乖離した水素イオンと電子が再結合することによってカソードで生成される水素、すなわちカソードにおいて生成されるアノードガスをポンピング水素と呼ぶ。



20 (B)



このように、カソードへの酸化ガスの供給が不足した状態ではカソードオフガスにポンピング水素が含まれるため、本実施形態では、カソードオフガスに含まれるポンピング水素量に応じてバイパスエアの流量を調整すること
25 で排気水素濃度を制御する。以下、低効率運転時の燃料電池システム100の動作について説明する。

図4は、低効率運転時の燃料電池システムの動作を示すフローチャートである。

制御装置160は、暖機温度などに応じて目標とする低効率運転動作点 (I_t 、 V_t) を決定した後 (図2参照)、メモリ170に格納されている
5 低効率運転ストイキ比マップmp1を参照する。低効率運転ストイキ比マップmp1は、FC電流指令値 I_t とFC電圧指令値 V_t からエアストイキ比を決定するものであり、実験などによって求めた値をベースに作成される。制御装置160は、決定したFC電流指令値 I_t 、FC電圧指令値 V_t 、低
10 効率運転ストイキ比マップmp1を利用して該運転動作点におけるエアストイキ比 R_a を決定する (ステップS1)。

制御装置160は、エアストイキ比 R_a を決定すると、メモリ170に格納されているポンピング水素量マップmp2及びパージ水素量マップmp3を参照する。ポンピング水素量マップmp2は、FC電流指令値 I_t と、決定したエアストイキ比 R_a と、温度センサs6によって検出される燃料電池
15 40の温度からポンピング水素の発生量 (ポンピング水素量) を推定するものであり、実験などにより求めた値をベースに作成される。また、パージ水素量マップmp3は、FC電流から水素オフガスを含むアノードオフガスの排出量 (パージ水素量) を推定するためのマップである。

制御装置160は、決定したFC電流指令値 I_t 、エアストイキ比 R_a 、
20 燃料電池40の温度、ポンピング水素量マップmp2を利用してポンピング水素量 A_{p1} を推定する一方、決定したFC電流指令値 I_t 、パージ水素量マップmp3を利用してパージ水素量 A_{p2} を推定し、目標とする低効率動作点 (I_t 、 V_t) における総排気水素量 A_t を求める (ステップS2; 下記式 (1) 参照)。

25
$$A_t = A_{p1} + A_{p2} \dots (1)$$

制御装置160は、総排気水素量 A_t を求めると、排気水素濃度を基準値

以下にするのに必要なFC必要エア流量、エア掃気量指令値、バイパスエア流量を導出する（ステップS3）。具体的には、まず、下記式（2）を利用して燃料電池40に必要なエア流量（FC必要エア流量） A_n を求める。

$$A_n = I_t * \{400 * 22.4 * 60 / (4 * 96485)\} * 100 \quad \dots (2)$$

次に、制御装置160は、下記式（3）を利用して燃料電池40で消費されるエア流量（FC消費エア流量） A_c を求めるとともに、下記式（4）を利用して排気水素濃度を基準値以下に希釈するのに必要なエア流量（総エア流量） A_d を求める。

$$A_c = I_t * 400 * 22.4 * 60 / (4 * 96485) \quad \dots (3)$$

$$A_d = (A_t * 100 / D_t) + A_c \quad \dots (4)$$

D_t ; 排気水素の目標濃度 (%)

さらに、制御装置（調整手段）160は、FC必要エア流量 A_n にバイパス最低エア流量 A_{b1} を加算した値と総エア流量 A_d とを比較し、大きい方をエアコンプレッサ60のエア送気量指令値 A_{sp} として設定する（下記式（5）参照）。そして、設定したエア送気量指令値 A_{sp} とFC必要エア流量 A_n を下記式（6）に代入することで、バイパスエア流量 A_{bp} を求める。なお、バイパス最低エア流量 A_{b1} は、低効率運転時にバイパスライン31に流すべきエア流量の最小値をあらわす。

$$A_{sp} = \text{MAX} \{(A_n + A_{b1}), (A_d)\} \quad \dots (5)$$

$$A_{bp} = A_{sp} - A_n \quad \dots (6)$$

制御装置160は、FC必要エア流量 A_n 、バイパスエア流量 A_{bp} を求めると、エア調圧弁開度マップ m_p4 及びバイパス弁開度マップ m_p5 を参照する。エア調圧弁開度マップ m_p4 は、FC必要エア流量 A_n とバイパスエア流量 A_{bp} からエア調圧弁A1の弁開度を決定するためのマップであり、バイパス弁開度マップ m_p5 は、FC必要エア流量 A_n とバイパスエア流量

14

A b p からバイパス弁 B 1 の弁開度を決定するためのマップである。

制御装置 160 は、FC 必要エア流量 A_n 、バイパスエア流量 A_{bp} 、エア調圧弁開度マップ m_{p4} 、バイパス弁開度マップ m_{p5} を利用してエア調圧弁 A 1 の弁開度及びバイパス弁 B 1 の弁開度を調整する（ステップ S 4）。

- 5 このとき、エア調圧弁 A 1 の弁開度は、電流計 s_5 によって検出される FC 電流の測定値と目標値の偏差から生成する PID 補正項にて補正を行う。

- さらに、制御装置 160 は、設定したエア送気量指令値 A_s に従ってエアコンプレッサ 60 の駆動を制御すると（ステップ S 5）、ステップ S 6 に進み、低効率運転を終了すべきか否か（すなわち燃料電池 40 の暖気運転を終了すべきか否か）を判断する。ここで、燃料電池 40 の温度が予め設定された基準温度を上回っていれば低効率運転を終了する一方、基準温度以下であればステップ S 1 に戻り、上述した処理を継続する。もちろん、これに限ることなく、発熱量や低効率運転の運転時間などに基づいて低効率運転を終了すべきか否かを判断しても良い。
- 10

- 15 以上説明したように、本実施形態によれば、アノードから排出されるパージ水素量のみならず、カソードから排出されるポンピング水素量も考慮してバイパスエア流量などを決定する。従って、低効率運転を行う場合であっても排気水素濃度を十分に低減することができ、規制範囲を超えた水素がシステム外部に排出されてしまうといった問題を未然に防止することが可能となる。
- 20

<変形例>

- （1）上述した本実施形態では、カソードに供給する酸化ガスが不足した状態で燃料電池を発電させる場合について説明したが、これに代えて（あるいはこれに加えて）アノードに供給する燃料ガスが不足した状態で燃料電池を
- 25 発電させても良い。

- （2）また、本実施形態では、希釈用ガスとしてカソードに供給する酸化ガ

スを例示したが、水素ガス以外のガスであればどのようなガスであっても良い。

(3) また、本実施形態では、ガス供給路を流れる希釈用ガス（酸化ガス）の一部を燃料電池をバイパスして排出通路へ導くことにより排気水素濃度を低減したが、例えば希釈用ガス供給手段を別途設け、このガス供給手段から希釈用ガスを排出通路へ導くことにより排気水素濃度を低減しても良い。

(4) また、本実施形態では、システム起動時に低効率運転を行う場合を例示したが、例えばシステム要求電力が所定値以下になった場合やシステム停止指示があった場合に低効率運転を行っても良い。

10 B. 第2実施形態

図5は第2実施形態に係る燃料電池システム1000の要部構成を示す図である。上述した第1実施形態と同様、第2実施形態においても燃料電池自動車（FCHV）、電気自動車、ハイブリッド自動車などの車両に搭載される燃料電池システムを想定するが、車両のみならず各種移動体（例えば、船舶や飛行機、ロボットなど）や定置型電源にも適用可能である。

燃料電池400は、供給される反応ガス（燃料ガス及び酸化ガス）から電力を発生する手段であり、MEA（膜／電極接合体）などを備えた複数の単セルを直列に積層したスタック構造を有している。具体的には、固体高分子型、リン酸型、熔融炭酸塩型など種々のタイプの燃料電池を利用することができる。燃料電池400の燃料極（アノード）には、ガスタンク、水素吸蔵タンク、水素改質器などの燃料ガス供給源1100から水素を含む燃料ガスが供給される一方、酸素極（カソード）には、エアコンプレッサ700によって空気を含む酸化ガスが供給される。

バッテリー200は、充放電可能な二次電池であり、種々のタイプの二次電池（例えばニッケル水素バッテリーなど）により構成されている。もちろん、バッテリー200に代えて二次電池以外の充放電可能な蓄電器、例えばキャパ

シタを用いても良い。このバッテリー200は、DC/DCコンバータ300を介して燃料電池400の放電経路に介挿されている。

燃料電池400とバッテリー200は各インバータ500a、500bに並列接続されている。燃料電池400から各インバータ500a、500bへ
5 向かう経路には、バッテリー200からの電流の逆流を防ぐためのダイオード420が設けられている。

各インバータ500a、500bは、パルス幅変調方式のPWMインバータであり、与えられる制御指令に応じて燃料電池400またはバッテリー200から出力される直流電力を三相交流電力に変換して各モータ600a、6
10 00bへ供給する。

エアコンプレッサモータ600aは、エアコンプレッサ700による酸化ガスの供給量を調整するためのモータであり、トラクションモータ600bは、車輪800L、800Rを駆動するためのモータである。なお、そのほかにも各種補機類（水素ポンプなど）を駆動するモータ及びインバータ等が
15 設けられている。

制御装置（運転制御手段、推定手段）1500は、CPU、ROM、RAMなどにより構成され、入力される各センサ信号に基づき、当該システムの各部を中枢的に制御する。具体的には、アクセルペダル開度を検出するアクセルペダルセンサ1550、バッテリー200の充電状態SOC（State Of
20 Charge）を検出するSOCセンサ210、トラクションモータ600bの回転数を検知するT/Cモータ回転数検知センサ610bなどから入力される各センサ信号に基づいて、インバータ500a、500bの出力パルス幅などを制御する。

また、制御装置1500は、温度センサ410によって検知される燃料電池400の温度に基づき、暖機運転が必要であるか否かを判断する。制御装置1500は、暖機運転が必要であると判断すると、カソードに供給する酸
25

化ガスを絞って発電効率の低い運転を行う。

図6Aは、発電効率の高い運転（通常運転）を行ったときの出力電力と電力損失の関係を示す図であり、図6Bは、発電効率の低い運転（低効率運転）を行ったときの出力電力と電力損失との関係を示す図である。なお、横
5 軸はFC電流、縦軸はFC電圧をあらわしており、OCV（Open Circuit Voltage；開回路電圧）は、燃料電池400に電流を流していない状態での電圧をあらわす。

一般に、図6に示すような電流・電圧特性（以下、IV特性）が得られる燃料電池400においては、制御装置1500は、出力電力に対して電力損
10 失の小さな通常運転動作点（ I_{fc1} 、 V_{fc1} ）にて運転を行う（図6A参照）。

これに対し、暖機運転を行う場合には、制御装置（運転制御手段）1500は、電力損失の大きな低効率運転動作点（ I_{fc2} 、 V_{fc2} ）にて運転を行い、燃料電池400の内部温度を上昇させる（図6B参照）。かかる低
15 効率運転が行われる過程では、水素と酸素との反応によって取り出せるエネルギーのうち、電力損失分（すなわち熱損失分）が積極的に増大されるため、迅速に暖機することができる。

低効率運転の制御について詳述すると、制御装置1500は、DC/DCコンバータ300を用いてFC電圧を制御するとともに、燃料電池400への酸化ガスの供給量を絞ることでFC電流を制御する。このように、酸化ガスの供給量を絞ることで燃料電池400のカソードにはポンピング水素（後
20 述）が発生する。以下、ポンピング水素の発生メカニズムについて説明する。

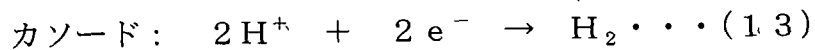
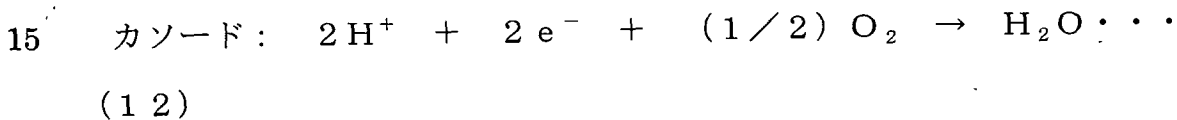
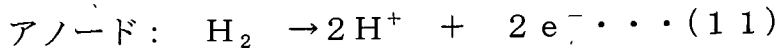
図7は、燃料電池400を構成するセル400aを模式的に示した図である。

25 各セル400aは、電解質膜400bと、この電解質膜400bを挟持するアノード電極及びカソード電極を備えている。水素（ H_2 ）を含む燃料ガ

5 スはアノードに供給され、酸素（ O_2 ）を含む酸化ガスはカソードに供給される。アノードへ燃料ガスが供給されると下記式（11）の反応が進行して水素が水素イオンと電子に乖離する。アノードで生成した水素イオンは電解質膜400bを透過してカソードへ移動する一方、電子はアノードから外部回路を

ここで、カソードへの酸化ガスの供給が十分な場合には、下記式（12）が進行して酸素、水素イオン及び電子から水が生成される（図7A参照）。

10 一方、カソードへの酸化ガスの供給が不足している場合には、不足する酸化ガス量に応じて下記式（13）が進行し、水素イオンと電子が再結合して水素が生成される（図7B参照）。生成された水素は、酸素オフガスとともにカソードから排出されることになる。このように、乖離した水素イオンと電子が再結合することによってカソードで生成される水素、すなわちカソードにおいて生成されるアノードガスをポンピング水素と呼ぶ。



20 図8は、燃料電池におけるエアストイキ比とポンピング水素の発生量の関係（一点鎖線；理論値、実線；実測値）を示す図であり、縦軸にポンピング水素の発生量、横軸にエアストイキ比を示している。ここで、エアストイキ比とは酸素余剰率をいい、過不足なく反応するのに必要な酸素に対して供給される酸素がどれだけ余剰であるかを示す。

25 ポンピング水素の理論発生量は下記式（14）によってあらわすことができ、理論的にはエアストイキ比が1.0を下回るところでポンピング水素の発生が開始する。このポンピング水素の理論発生量は、下記式（14）及び図8に一点鎖線で示すようにエアストイキ比の低下に伴って増大する。

$$V_t = (1 - S_t) * I_{fc} * \{n / (2 * F)\} * 22.4 * 60 \dots$$

(14)

V_t ; ポンピング水素の理論発生量

S_t ; エアストイキ比

5 I_{fc} ; 出力電流 (発電特性)

F ; ファラデー定数

n ; セル枚数

理論的には上記のとおりであるが、実際には図8に実線で示すように、エアストイキ比が1.0よりも大きいところでポンピング水素の発生が開始する。本願発明者は、理論値と実測値との間に生じるずれの原因の1つにセル内の未反応酸素分 (反応面に届かず反応されなかった酸素; 未反応カソードガス) があると推定し、セル評価を行った。この結果、図8に示すオフセット量 Δs については、未反応酸素分とほぼ一致することが判明した。なお、オフセット量 Δs については、セルの特性 (材質や形状など) に依存するため、予め実験などによって求めたものを使用すれば良い。

10

15

さらに、本願発明者は、上記ずれが生じる他の原因として、各セル間の分配バラツキ (=各セル間の圧力損失バラツキ) によってセルに供給できなかった酸素分があると推定し、各セルの評価を行った。具体的には、各セルについて製造出荷検査時の圧力損失を下記式(15)~(17)に代入し、分配率などを求めてポンピング水素の発生量を計算した。この結果、実線の曲線部分とほぼ一致することが判明した。

20

$$D(i) = P_{lave} / P_l(i) \dots (15)$$

$$B1 = 1 / D_{min} + \Delta s \dots (16)$$

$$B2 = 1 / D_{max} + \Delta s \dots (17)$$

25 $D(i)$; i 番セルの分配率

P_{lave} ; セルの平均圧力損失

20

P l (i) ; i 番セルの圧力損失

D m i n ; 最小分配率

D m a x ; 最大分配率

B 1 ; ポンピング水素の発生が開始されるエアストイキ比

5 B 2 ; 直線と曲線が交わるエアストイキ比

より具体的に説明すると、例えばセルの平均圧力損失 P l a . v e が 1 . 0 であり、セル間に ± 2 0 . % の圧力損失のバラツキ (0 . 8 ~ 1 . 2) があり、オフセット量 Δ s が 0 . 0 5 であった場合、最小分配率 D m i n 、最大分配率 D m a x 、ポンピング水素の発生が開始されるエアストイキ比 B 1 、直線
10 と曲線が交わるエアストイキ比 B 2 は、それぞれ次のようになる。なお、本発明では、ポンピング水素が発生するエアストイキ比での運転を低効率運転と呼び、ポンピング水素が発生しないエアストイキ比での運転を通常運転と呼ぶ。

$$D m i n = 1 / 1 . 2$$

15 $D m a x = 1 / 0 . 8$

$$B 1 = 1 / D m i n + \Delta s = 1 . 2 / 1 + 0 . 0 5 = 1 . 2 5$$

$$B 2 = 1 / D m a x + \Delta s = 0 . 8 / 1 + 0 . 0 5 = 0 . 8 5$$

以上の説明から明らかなように、ポンピング水素の実際の発生量は、セル内の未反応酸素分と分配バラツキによって供給できなかった酸素分とを考慮
20 することで、より正確に推定することができる。具体的には、ストイキ比 X のときのポンピング水素の実際の発生量は下記式 (1 8) によって推定することができる。

$$V m = \sum_{i=1}^n \{ 1 + \Delta S - D(i) * X \} * \frac{I_{fc}}{(2 * F)} * 22 . 4 * 60 \dots (18)$$

以上説明したように、本実施形態によれば、セル内の未反応酸素分と分配
25 バラツキによって供給できなかった酸素分とを考慮することで、燃料電池の

カソードに発生するポンピング水素の発生量をより正確に推定することができる。

<変形例>

上述した実施形態では、上記式(18)などを利用してポンピング水素の
5 検出を行ったが、例えば、ポンピング水素が排出されるカソードオフガス流
路に水素センサを設け、水素センサによるポンピング水素の検出と、上記式
(18)などを利用したポンピング水素の検出とを併用しても良い。

また、上述した実施形態では、セル内の未反応酸素分と分配バラツキによ
って供給できなかった酸素分の両方を考慮してポンピング水素の発生量を推
10 定したが、少なくともいずれか一方を考慮してポンピング水素の発生量を推
定しても良い。

例えば、セル内の未反応酸素分のみを考慮した場合には、下記式(1
8)'によってポンピング水素の発生量を推定することができる一方、分配
バラツキによって供給できなかった酸素分のみを考慮した場合には、下記式
15 (18)''によってポンピング水素の発生量を推定することができる。

$$V_m = \sum_{i=1}^n \{1 + \Delta S - D(i)\} * \frac{I_{fc}}{(2 * F)} * 22.4 * 60 \dots (18)'$$

$$V_m = \sum_{i=1}^n \{1 - D(i) * X\} * \frac{I_{fc}}{(2 * F)} * 22.4 * 60 \dots (18)''$$

また、上述した実施形態では、燃料電池400を暖機する場合に低効率運
転動作点にて運転したが、燃料電池400の触媒活性を回復させる場合に低
20 効率運転動作点にて運転するようにしても良い。

例えば、燃料電池400の電極触媒が被毒状態にあることを検知した場合
に低効率運転動作点にて運転するようにしても良い。また、システム起動時
にいったん低効率運転動作点で運転してから通常運転動作点へとシフトする
ようにしても良い。さらに、システム要求電力が所定値以下になったとき

(例えばアイドル出力付近など)、通常運転動作点から低効率運転動作点へとシフトするようにしても良い。さらに、システム停止後に低効率運転動作点にて運転を行うことで、運転中に低下した触媒活性を回復させて次の起動に備えるようにしても良い。

5 C. 第3実施形態

図9は、第3実施形態に係る燃料電池周辺の構成を示す図である。上述した各実施形態と同様、第3実施形態においても燃料電池自動車(FCHV)、電気自動車、ハイブリッド自動車などの車両に搭載される燃料電池システムを想定するが、車両のみならず各種移動体(例えば、船舶や飛行機、ロボットなど)や定置型電源にも適用可能である。

図9に示す燃料電池2400は、各セル450-k ($1 \leq k \leq n$) 毎にセルモニタ460-k ($1 \leq k \leq n$) が設けられている。本実施形態は、セルモニタ460-kによって検出されるセル電圧に基づいて、ポンピング水素の発生量(またはポンピング水素の濃度)を推定する点に特徴がある。以下、

各セルモニタ460-kは、対応するセル450-kの電圧値(セル電圧)を検出し、制御装置2500へ供給する。制御装置2500は、各セルモニタ460-kからセル電圧を受け取ると、メモリ2510に格納されている基準関数を参照し、各セルにおけるポンピング水素の発生量を推定する。

図10は、メモリ2510に格納されている基準関数を説明するための図であり、左縦軸にポンピング水素の発生量、右縦軸にセル電圧、横軸にエアストイキ比を示している。

これらポンピング水素の発生量、セル電圧、エアストイキ比の関係は、製造出荷時などに所定のセル(以下、基準セル)を評価することによって求める。そして、この評価結果に基づき、基準セルにおけるセル電圧からポンピング水素の発生量を求める基準関数を導出し(式(19)参照)、メモリ2

510に格納する。

$$F_s = f(V_s) \dots (19)$$

F_s ; 基準セルにおけるポンピング水素の発生量

V_s ; 基準セルにおけるセル電圧

5 f ; 基準関数 (任意の近似関数)

制御装置 (推定手段) 2500は、各セルモニタ460-kからセル電圧を受け取ると、上記式(19)に示す基準関数 f に各セル電圧を代入することにより、各セルにおけるポンピング水素の発生量を推定する (式(20)

参照)。そして、求めた各セルにおけるポンピング水素の発生量を合算する

10 ことにより、燃料電池全体でのポンピング水素の発生量を推定する (式(21)参照)。

$$F_k = f(V_k) \dots (20)$$

F_k ; 第k番目のセルにおけるポンピング水素の発生量

V_k ; 第k番目のセルにおけるセル電圧

15
$$F_p = \sum_{k=1}^n F_k \dots (21)$$

制御装置2500は、この燃料電池全体でのポンピング水素の発生量を燃料電池2400のカソード出口側のエア流量 (酸化オフガス) で除することにより、ポンピング水素濃度を算出する (式(22)参照)。なお、カソード出口側のエア流量については、カソード出口側に設けた流量計によって検

20 出しても良いが、他の方法で検出しても良い。

$$D_h = F_p / F_{air} \dots (22)$$

F_{air} ; カソード出口側のエア流量

制御装置2500は、ポンピング水素濃度を算出すると、メモリ2510に格納されているエア流量調整マップ m_p にアクセスし (図11参照)、燃料電池2400へ供給する酸化ガスの流量を調整する。一例を挙げて説明す

25

ると、例えばポンピング水素濃度 D_h が第1の閾値 D_{th1} よりも高い場合、制御装置2500は、ポンピング水素濃度を下げるべく燃料電池2400へ供給する酸化ガス流量を増やす一方、ポンピング水素濃度 D_h が第2の閾値 D_{th2} よりも低い場合には、ポンピング水素濃度を上げるべく燃料電池25400へ供給する酸化ガス流量を下げる。ただし、ポンピング水素濃度 D_h が第2の閾値 D_{th2} 以上、第1の閾値 D_{th1} 以下である場合には、ポンピング水素濃度は適正範囲内であると判断し、燃料電池2400へ供給する酸化ガス流量の変更は行わない。

以上説明したように、本実施形態によれば、セル電圧を検出することによってポンピング水素の発生量、ポンピング水素濃度を求めることができるため、別途検出用のセンサを設ける必要がなく、部品点数および製造コストを低減することが可能となる。

D. 第4実施形態

図12は、第4実施形態に係る燃料電池周辺の構成を示す図である。上述した各実施形態と同様、第4実施形態においても燃料電池自動車(FCHV)、電気自動車、ハイブリッド自動車などの車両に搭載される燃料電池システムを想定するが、車両のみならず各種移動体(例えば、船舶や飛行機、ロボットなど)や定置型電源にも適用可能である。

燃料電池3400は、供給される反応ガス(燃料ガス及び酸化ガス)から電力を発生する手段であり、MEA(膜/電極接合体)などを備えた複数の単セルを直列に積層したスタック構造を有している。具体的には、固体高分子型、磷酸型、熔融炭酸塩型など種々のタイプの燃料電池を利用することができる。

エアコンプレッサ3700は、エアフィルタ(図示略)を介して外気から取り込んだ酸素(酸化ガス)を燃料電池3400のカソード極に供給する。エアコンプレッサモータ3600は、エアコンプレッサ3700による酸化

25

ガスの供給量（吐出量）を調整するためのモータであり、制御装置3500から与えられる指令回転数に従ってモータの回転数が制御される。

ところで、燃料電池3400のカソードからはカソードオフガスが排出される。カソードオフガスには、燃料電池3400の電池反応に供した後の酸素オフガスのほか、カソード側で生成されるポンピング水素などが含まれる。このカソードオフガスは、燃料電池3400の電池反応により生成された水分を含むため高湿潤状態となっている。なお、ポンピング水素の発生メカニズム等については、上述した各実施形態で詳細を明らかにしたため、ここでは省略する。

- 10 加湿モジュール3700は、酸化ガス供給路3110を流れる低湿潤状態の酸化ガスと、カソードオフガス流路3120を流れる高湿潤状態のカソードオフガスとの間で水分交換を行い、燃料電池3400に供給される酸化ガスを適度に加湿する。燃料電池3400に供給される酸化ガスの背圧は、カ
- 15 11によって調圧される。

ここで、エアコンプレッサ3600から加湿モジュール3700に至る酸化ガス供給路3110と、加湿モジュール3700から希釈器3800に至るカソードオフガス流路3120との間は、バイパス弁B11によって接続されている。バイパス弁B11及びバイパス通路3130は、酸化ガス供給

20 路3110を流れる酸化ガスの一部を燃料電池3400をバイパスしてカソードオフガス流路3120へ導く手段であり、制御装置（制御手段、調整手段）3500によってバイパスされる酸化ガス量が調整される。なお、以下の説明では、バイパスされる酸化ガスをバイパスエアと呼ぶ。

希釈器3800は、水素ガスの排出濃度を予め設定された濃度範囲（環境

25 基準に基づいて定められた範囲など）に収まるように希釈する。この希釈器3800にはカソードオフガス流路3120の下流及びアノードオフガス流

路（図示略）の下流が連通しており、水素オフガス、ポンピング水素、酸素オフガス、バイパスエアを混合希釈してシステム外に排気する。

制御装置3500は、CPU、ROM、RAMなどにより構成され、入力される各センサ信号に基づき、当該システムの各部を中枢的に制御する。具体的には、アクセルペダル開度を検出するアクセルペダルセンサやバッテリーの充電状態SOC（State Of Charge）を検出するSOCセンサなどに基づいて燃料電池3400の出力要求電力を求めるほか、燃料電池3400の出力電圧、出力電流、内部温度をそれぞれ検出する電圧センサs14、電流センサs15、温度センサs16などから入力される各センサ信号に基づいて、
10 エア調圧弁A11やバイパス弁B11の弁開度を制御したり、エアコンプレッサモータ3600の回転数（すなわち、酸化ガス指令流量）の制御等を行う。なお、本実施形態に係る燃料電池システムは、後述の如くポンピング水素の発生量に応じて2種類の低効率運転を行う。

図13は、本実施形態に係る燃料電池システムの動作を説明するフローチャートである。
15

制御装置3500は、温度センサs16から出力されるセンサ信号に基づき燃料電池3400の温度（FC温度）を検出する（ステップS110）。制御装置3500は、検出したFC温度とメモリ（図示略）に登録されている基準温度とを比較することにより、暖機が必要であるか否かを判断する
20 （ステップS120）。制御装置3500は、FC温度が基準温度を超え、暖機が不要であると判断すると、通常運転処理を行う（ステップS130）。ここで、通常運転処理とは、暖機することなく効率の高い運転動作点（すなわち電力損失の小さな運転動作点）で運転する処理をいう。

一方、制御装置3500は、FC温度が基準温度以下であり、暖機が必要
25 であると判断すると、ステップS140に進み、プレ低効率運転を実施すべきか、本低効率運転を実施すべきかを判断する。ここで、本低効率運転とは、

従来より暖機の際に行っていた低効率運転（第2実施形態の説明、及び図6等参照）をいい、プレ低効率運転とは、本低効率運転よりも電力損失は小さいが、通常運転よりも電力損失が大きな運転動作点（図14に示す（I f c 3, V f c 3）参照）で運転することをいい、例えば図14に示すように燃料電池3400のOCVが400V程度である場合にはプレ低効率運転動作点でのFC電圧V f c 3は200V程度（本実施形態では固定値）、本低効率運転動作点でのFC電圧V f c 4は50V程度になる。この説明から明らかかなように、本低効率運転よりもプレ低効率運転の方が電力損失は小さいため、燃料電池3400の温度上昇速度についても本低効率運転よりプレ低効率の方が遅くなる。

本実施形態では、制御装置3500は、当該車両が走行中である場合にはプレ低効率運転を実施すべきと判断する一方、当該車両が停止中（起動時も含む）である場合には本低効率運転を実施すべきと判断する。ただし、この判断基準はあくまで一例であり、例えばFC温度と基準温度との温度差に基づいて、プレ低効率運転を実施すべきか本低効率運転を実施すべきかを判断しても良い。具体的にはFC温度と基準温度との温度差が設定された閾値を超えている場合には本低効率運転を実施する一方、該温度差が設定された閾値以下である場合にはプレ低効率運転を実施する。このように、本低効率運転を実施するかプレ低効率運転を実施するかの判断基準は、システム設計等に
20 応じて適宜設定可能である。

制御装置3500は、当該車両が停止していることから本低効率運転を実施すべきと判断すると、ステップS150に進み、本低効率運転処理を実施する。具体的には、燃料電池3400に要求される電力（FC要求電力）と暖機に必要な熱量（電力損失）からFC電流値とFC電圧値を決定し、決定
25 したFC電流指令値、FC電圧指令値に対応する運転動作点で運転を行う（詳細は第2実施形態等参照）。

一方、制御装置3500は、当該車両が走行中であることからプレ低効率運転を実施すべきと判断すると、ステップS160に進み、プレ低効率運転を実施する。

図15は、プレ低効率運転の動作を示すフローチャートである。

- 5 制御装置3500は、まず、バイパスバルブB11の弁開度を「全閉」とするとともに、エア調圧弁A11の弁開度を「全開」とする（ステップS210→ステップS220）。ここで、バイパスバルブB11の弁開度を「全閉」とするのは、プレ低効率運転時におけるポンピング水素の発生量が少なく、未反応酸化ガスによって希釈する必要がないためである。別言すると、
- 10 プレ低効率運転時の運転動作点は、ポンピング水素の発生量が少なくなるように制御される（希釈せずとも法規制範囲に収まるなど）。

- 制御装置3500は、バイパスバルブB11及びエア調圧弁A11の弁開度を上記の如く調整すると、予めメモリ（図示略）に登録されたプレ低効率運転用の運転動作点を読み出し（図14参照）、FC電流指令値、FC電圧
- 15 指令値を決定する（ステップS230）。

- そして、制御装置3500は、決定したFC電流指令値に基づきエアストイキ比を決定する。詳述すると、制御装置3500は、メモリ等に予め格納されているFC電流指令値とエアストイキ比との関係を示すFC電流-エアストイキ比マップを参照し、決定したFC電流指令値に対応するストイキ比
- 20 を決定する（ステップS240）。そして、制御装置3500は、決定したエアストイキ比 A_p を下記式（22）に代入することにより、FC必要エア流量 A_r を求める（ステップS250）。

$$A_r = A_c * A_p / (96500 * 4) \dots (22)$$

A_p ; FC消費酸素量

- 25 なお、FC消費酸素量 A_p は、FC電流指令値と燃料電池を構成するセルの枚数に応じて決定される。

そして、制御装置3500は、FC電流指令値と電流センサs15によって検出されるFC電流値（実測値）とを比較し、差分を求める（ステップS260）。制御装置3500は、このようにして求めた差分に基づきFC必要エア流量を補正する（ステップS270）。そして、制御装置3500は、
5 補正後のFC必要エア流量（酸化ガス指令流量）からエアコンプレッサモータ3600の回転数を求め、これを指令回転数としてエアコンプレッサモータ3600に供給することで燃料電池3400の電流制御を行う（ステップS280）。

かかる制御を行うと、制御装置3500は、温度センサs16から供給されるセンサ信号に基づき、検出されるFC温度が基準温度を超えたか、すな
10 わち暖機を終了しても良いか否かを判断する（ステップS290）。制御装置3500は、FC温度が基準温度を超えていない場合には、当該システムの暖機を継続すべく、ステップS230に戻り、上述した一連の処理を繰り返し実行する。一方、制御装置3500は、FC温度が基準温度を超えた場
15 合には、これ以上の暖機は不要であると判断し、以上説明した処理を終了する。

以上説明したように、本実施形態によれば、ポンピング水素の希釈が不要なプレ低効率運転時には、バイパス弁を全閉とするとともにエア調圧弁を全開とし、エアコンプレッサによる供給エア流量を制御することでFC電流制
20 御を行う。これにより、エア調圧弁とエアコンプレッサを利用してFC電流制御を行う通常運転及び本低効率運転に比べて、簡易な制御が可能となる。

<変形例>

（1）上述した実施形態では、プレ低効率運転時にバイパス弁を全閉とするとともにエア調圧弁を全開とし、エアコンプレッサによる供給エア流量を制
25 御することでFC電流を制御したが、これに限る趣旨ではなく、バイパス弁やエア調圧弁の弁開度を一定とし、エアコンプレッサによる供給エア流量を

制御することでFC電流を制御しても良い。

(2) また、上述した実施形態では、FC温度を検出して暖機が必要か否か等の判断を行ったが、FC温度の代わりに外気温度や燃料電池周辺の部品温度を検出して暖機が必要か否か等の判断を行っても良い。

- 5 (3) また、上述した実施形態では、プレ低効率運転動作点を固定としたが、ポンピング水素の発生量が規制範囲に収まるような範囲でプレ低効率運転動作点を変えても良い。

31

請求の範囲

1. 第1の効率での運転と、第1の効率よりも低い第2の効率での運転（以下、低効率運転）とを選択的に実行する燃料電池システムにおいて、
- 5 前記低効率運転の際に、燃料電池のカソード排出ガスに含まれるアノードガスのガス量に応じて、前記カソード排出ガスの希釈量を調整する調整手段を備えることを特徴とする燃料電池システム。
2. 前記カソード排出ガスに含まれるアノードガスは、低効率運転の際に前記燃料電池のカソードに発生する水素ガスであり、
- 10 前記燃料電池のガス供給路を流れるカソードガスの一部を燃料電池をバイパスして排出通路へ導くバイパス通路をさらに備え、
前記調整手段は、前記燃料電池のカソード排出ガスに含まれる水素ガスのガス量に応じて、バイパスされる前記カソードガスのガス量を制御するバイパス弁を備えることを特徴とする請求項1に記載の燃料電池システム。
- 15 3. 前記調整手段は、当該システムから外部へ排出される水素の排出濃度が基準値以下となるように、バイパスされる前記カソードガスのガス量を制御することを特徴とする請求項2に記載の燃料電池システム。
4. 前記燃料電池のカソードに供給するカソードガスは、酸素を含む酸化ガスであり、
- 20 与えられる指示に従って前記酸化ガスを吐出する酸化ガス供給源と、
前記燃料電池の発電に必要な酸化ガス量と前記燃料電池をバイパスする酸化ガス量に基づいて、前記酸化ガス供給源による酸化ガスの吐出量を制御する制御手段とをさらに具備することを特徴とする請求項1に記載の燃料電池システム。
- 25 5. 前記制御手段は、前記酸化ガス供給源から前記燃料電池のカソードへ供給される酸化ガスのガス量を制御する調圧弁を備え、

32

前記低効率運転の際、前記燃料電池のカソードに発生する水素ガスが基準値以下である場合には、前記調整手段は、前記バイパス弁を全閉とする一方、前記制御手段は、前記燃料電池の発電に必要な酸化ガス量に応じて、前記調圧弁の開度を一定に保持したまま前記酸化ガスの吐出量を制御することを特徴とする請求項4に記載の燃料電池システム。

6. 前記酸化ガス供給源はエアコンプレッサであり、

前記制御手段は、前記燃料電池の発電に必要な酸化ガス量に応じて、前記調圧弁を全開に保持したまま前記酸化ガスの吐出量を制御することを特徴とする請求項5に記載の燃料電池システム。

10 7. 前記低効率運転の際に前記燃料電池のカソードに発生する水素ガスのガス量を推定する推定手段をさらに具備することを特徴とする請求項2に記載の燃料電池システム。

8. 前記推定手段は、前記燃料電池の出力電流と、該燃料電池のエアストイキ比と、該燃料電池の温度に基づいて前記水素量を推定することを特徴とする請求項7に記載の燃料電池システム。

9. 低効率運転の際に燃料電池のカソードに発生する水素ガスのガス量を推定する方法であって、

前記燃料電池の出力電圧及び出力電流に基づき、該燃料電池のエアストイキ比を推定する第1推定ステップと、

20 前記出力電流と前記エアストイキ比と前記燃料電池の温度に基づき、該燃料電池のカソードに発生する水素ガスのガス量を推定する第2推定ステップと

を具備することを特徴とする発生水素量の推定方法。

10. 燃料電池のカソードにおいて生成されるアノードガスの生成量を推定するガス生成量推定装置であって、

所定条件を満たす場合に通常運転動作点よりも電力損失の大きな低効率運

33

転動作点にて前記燃料電池を運転する運転制御手段と、

低効率運転動作点にて前記燃料電池を運転する際に、前記燃料電池の発電特性に基づいて前記カソードにおいて生成されるアノードガスの生成量を推定する推定手段と

5 を具備することを特徴とするアノードガス生成量推定装置。

1 1. 前記推定手段は、前記燃料電池の発電特性と前記燃料電池へのカソードガスの供給量とともに、前記燃料電池のカソード側に残存する未反応カソードガスの残存量、または前記燃料電池を構成する各セルの圧力損失のばらつきの少なくともいずれかを考慮して、前記アノードガスの生成量を推定

10 することを特徴とする請求項 10 に記載のアノードガス生成量推定装置。

1 2. 前記推定手段は、前記未反応カソードガスの残存量及び前記セルの圧力損失のばらつきの両方を考慮して、前記アノードガスの生成量を推定することを特徴とする請求項 11 に記載のアノードガス生成量推定装置。

1 3. 前記燃料電池の出力電圧を検出する電圧モニタをさらに備え、

15 前記推定手段は、前記電圧モニタによって検出される出力電圧に基づいて前記カソードにおいて生成されるアノードガスの生成量を推定することを特徴とする請求項 10 に記載のアノードガス生成量推定装置。

1 4. 前記電圧モニタは、前記各セルのセル電圧を検出し、

前記推定手段は、基準セルにおけるセル電圧とアノードガス生成量の関係をあらわす基準関数を備え、

20 前記推定手段は、前記電圧モニタによって検出される各セルのセル電圧と前記基準関数を利用することで、前記カソードにおいて生成されるアノードガスの生成量を推定することを特徴とする請求項 13 に記載のアノードガス生成量推定装置。

25 1 5. 前記運転制御手段は、前記燃料電池の暖機が必要な場合、または前記燃料電池の触媒活性を回復させることが必要な場合に、低効率運転動作点

にて前記燃料電池を運転することを特徴とする請求項10～14のいずれか1の請求項に記載のアノードガス生成量推定装置。

16. 前記カソードにおいて生成されるアノードガスは水素であることを特徴とする請求項10～15のいずれか1の請求項に記載のアノードガス生成量推定装置。

17. 燃料電池のカソードにおいて生成されるアノードガスの生成量を推定する方法であって、

所定条件を満たす場合に通常運転動作点よりも電力損失の大きな低効率運転動作点にて前記燃料電池を運転する運転制御ステップと、

10 低効率運転動作点にて前記燃料電池を運転する際に、前記燃料電池の発電特性に基づいて前記カソードにおいて生成されるアノードガスの生成量を推定する推定ステップとを含むことを特徴とするアノードガス生成量の推定方法。

18. 前記推定ステップにおいては、前記燃料電池の発電特性と前記燃料電池へのカソードガスの供給量とともに、前記燃料電池のカソード側に残存する未反応カソードガスの残存量、または前記燃料電池を構成する各セルの圧力損失のばらつきの少なくともいずれかを考慮して、前記アノードガスの生成量を推定することを特徴とする請求項17に記載のアノードガス生成量の推定方法。

20 19. 前記推定ステップにおいては、電圧モニタによって検出される前記燃料電池の出力電圧に基づいて前記カソードにおいて生成されるアノードガスの生成量を推定することを特徴とする請求項17に記載のガス生成量の推定方法。

図1

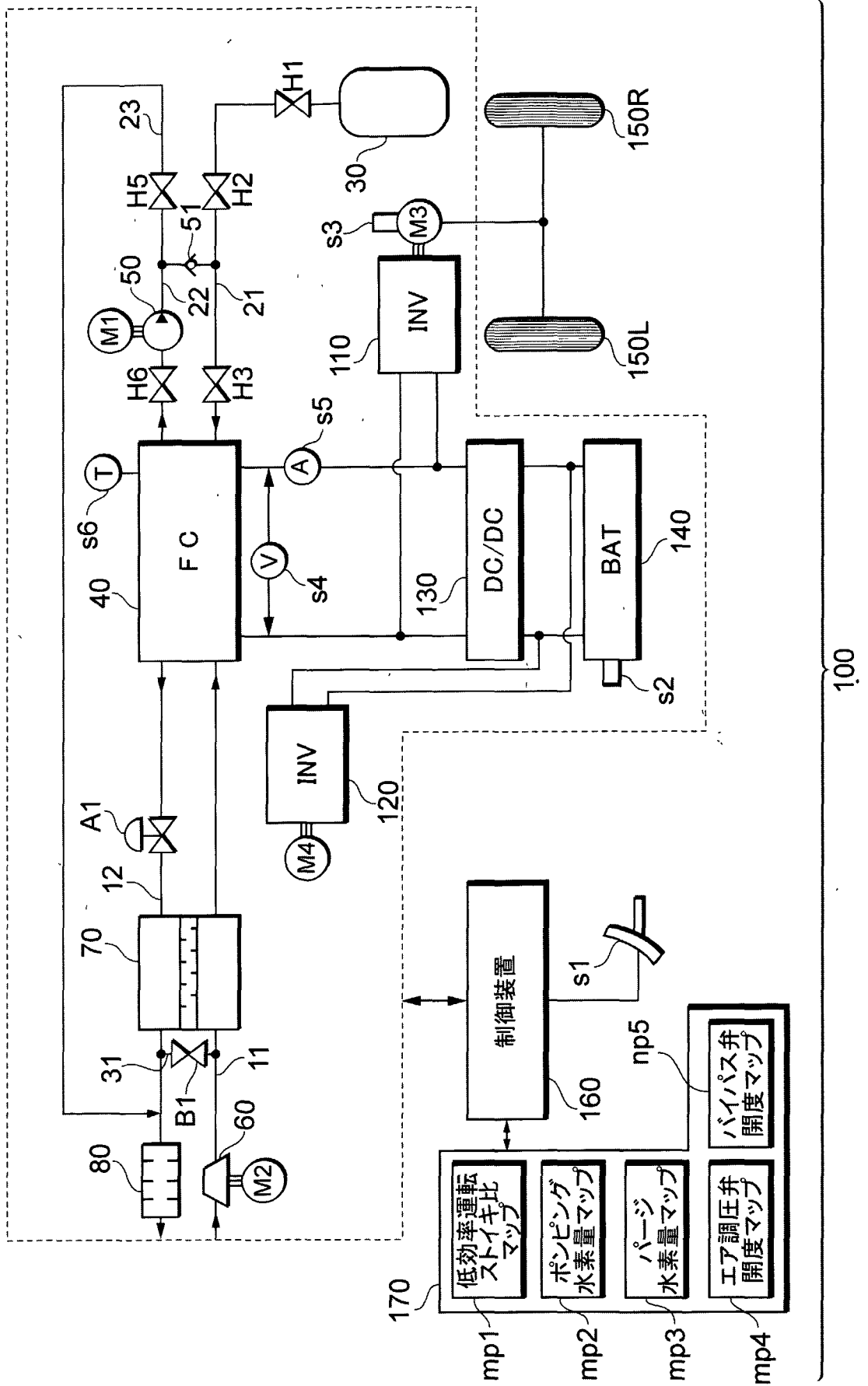


図2

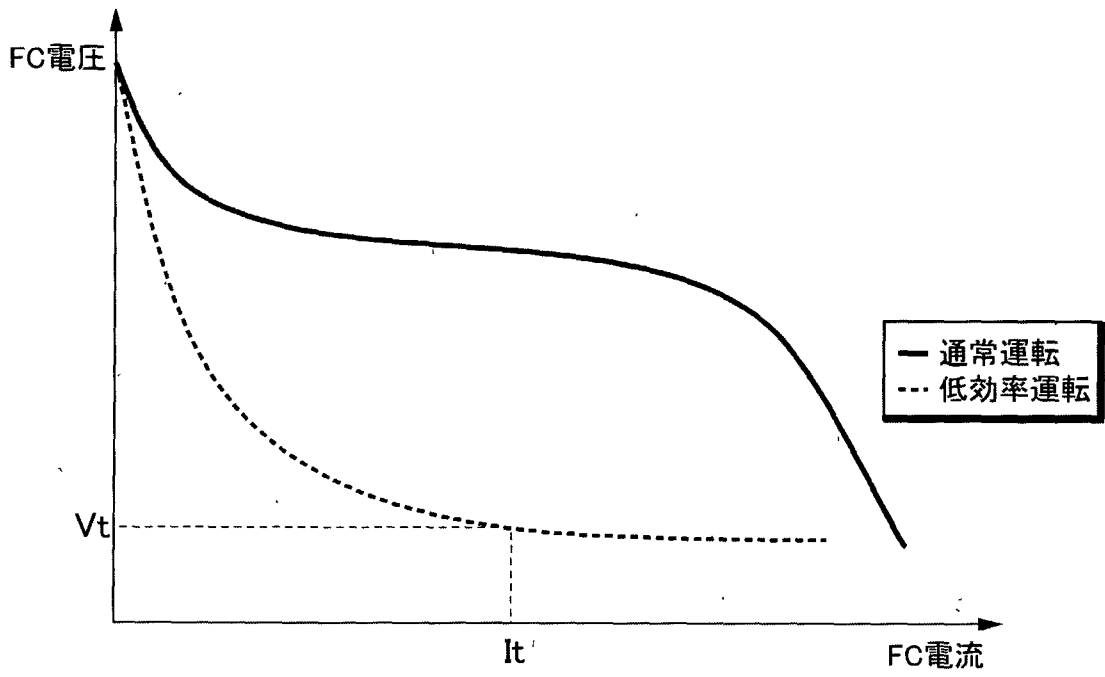


図3 A

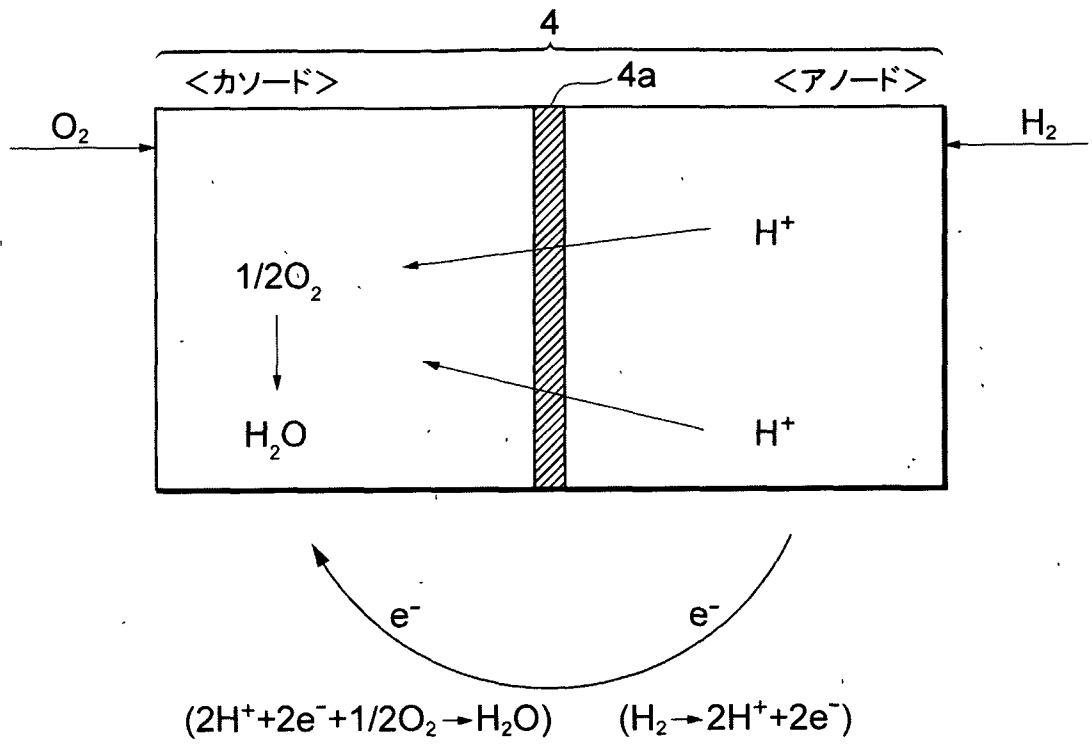


図3 B

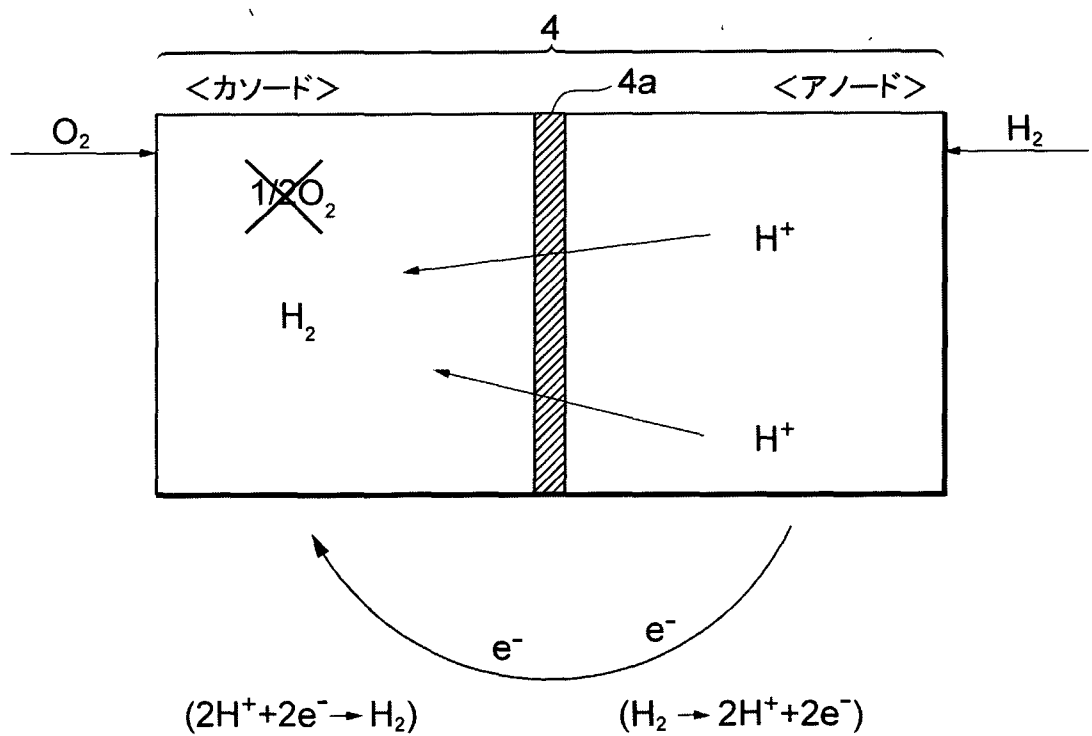


図4

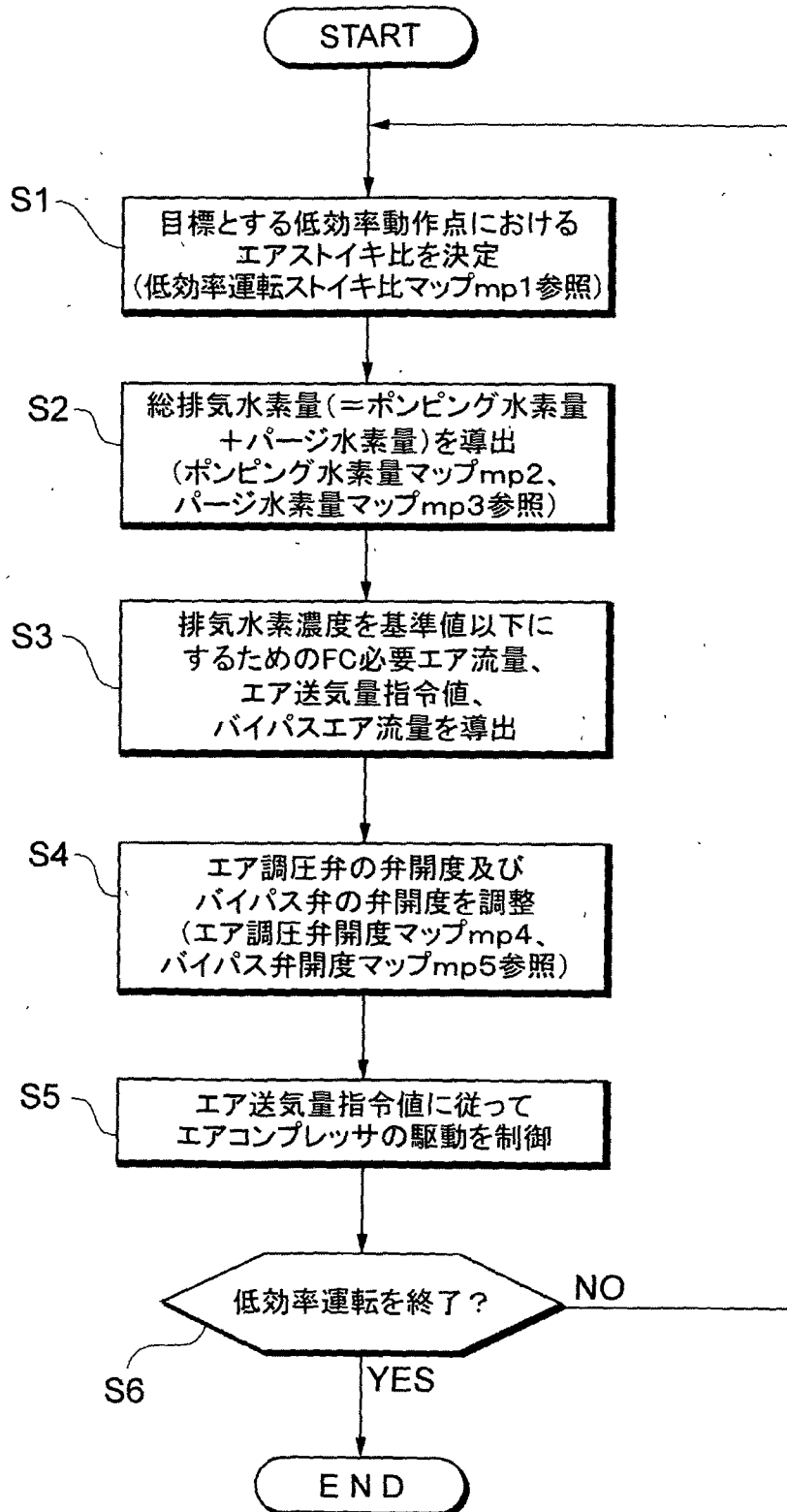


図5

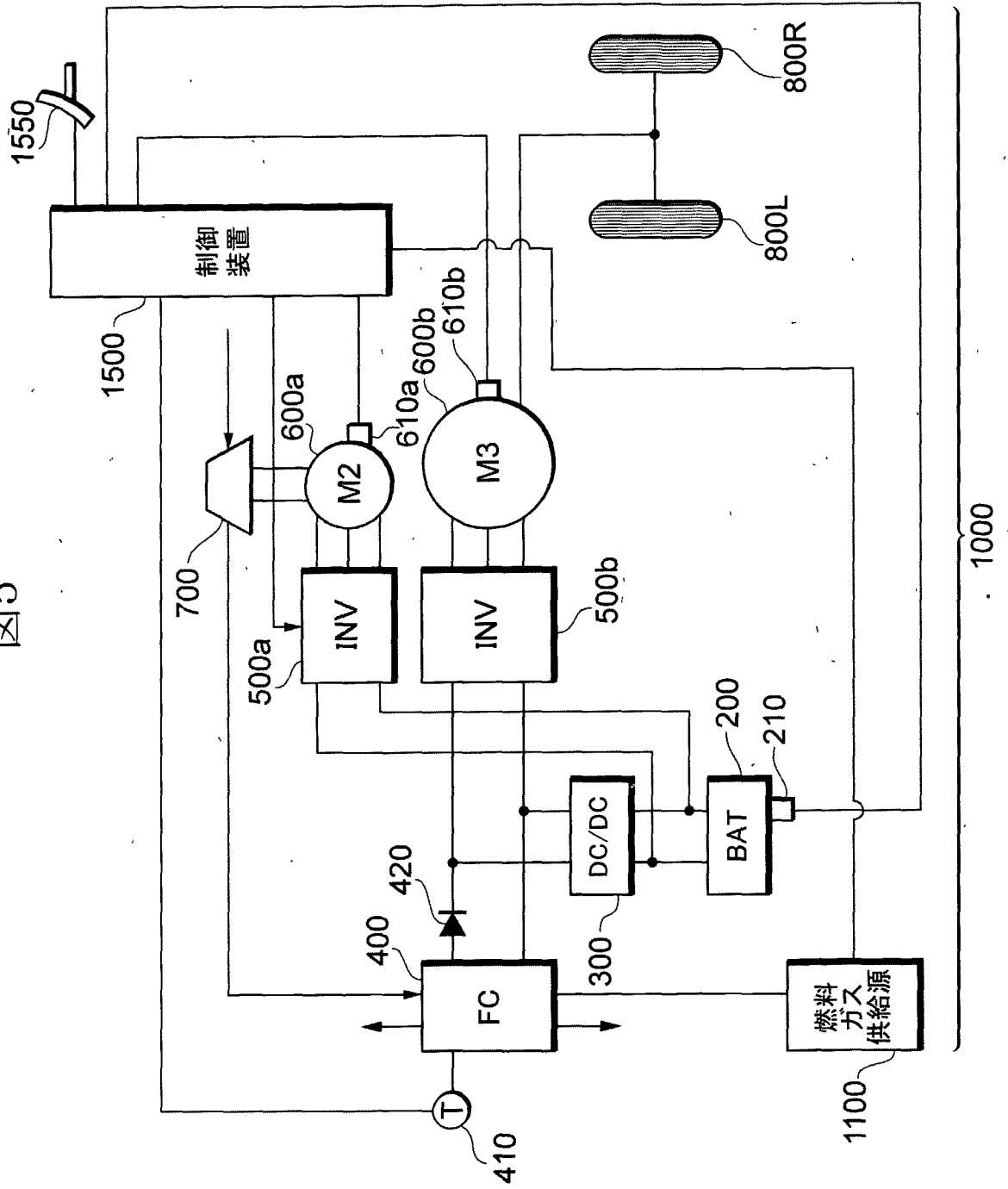


図6 A

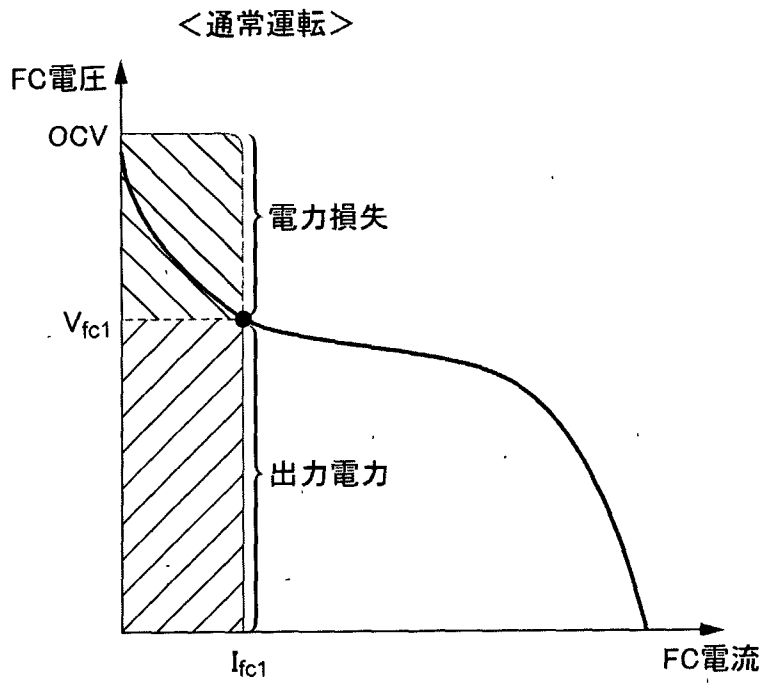
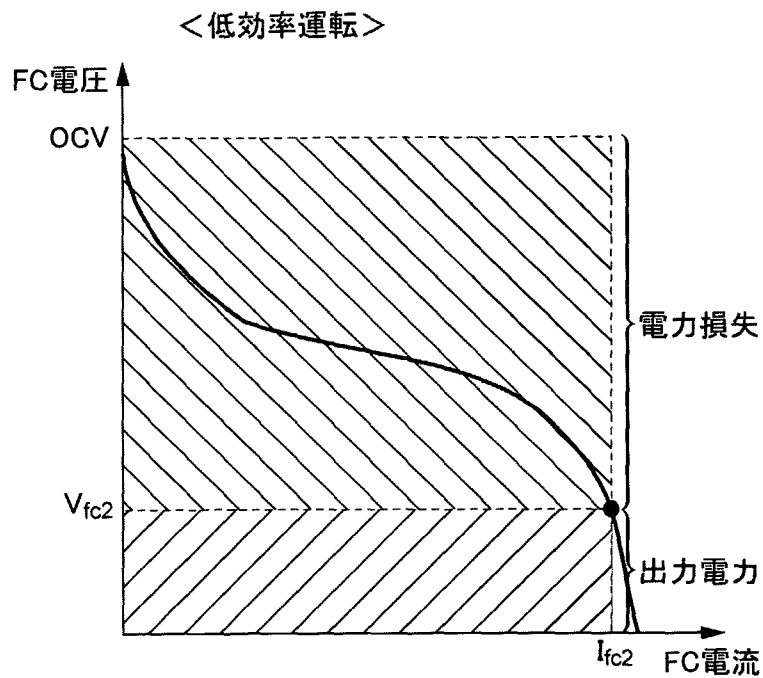


図6 B



7/14

図7 A

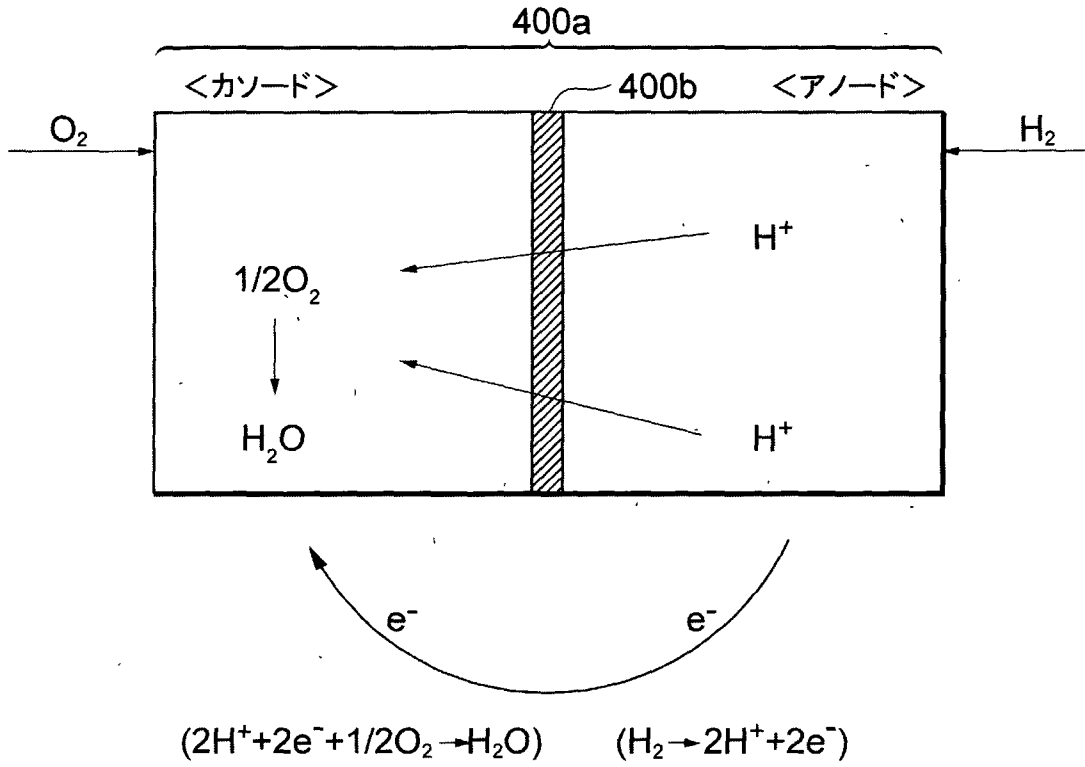


図7 B

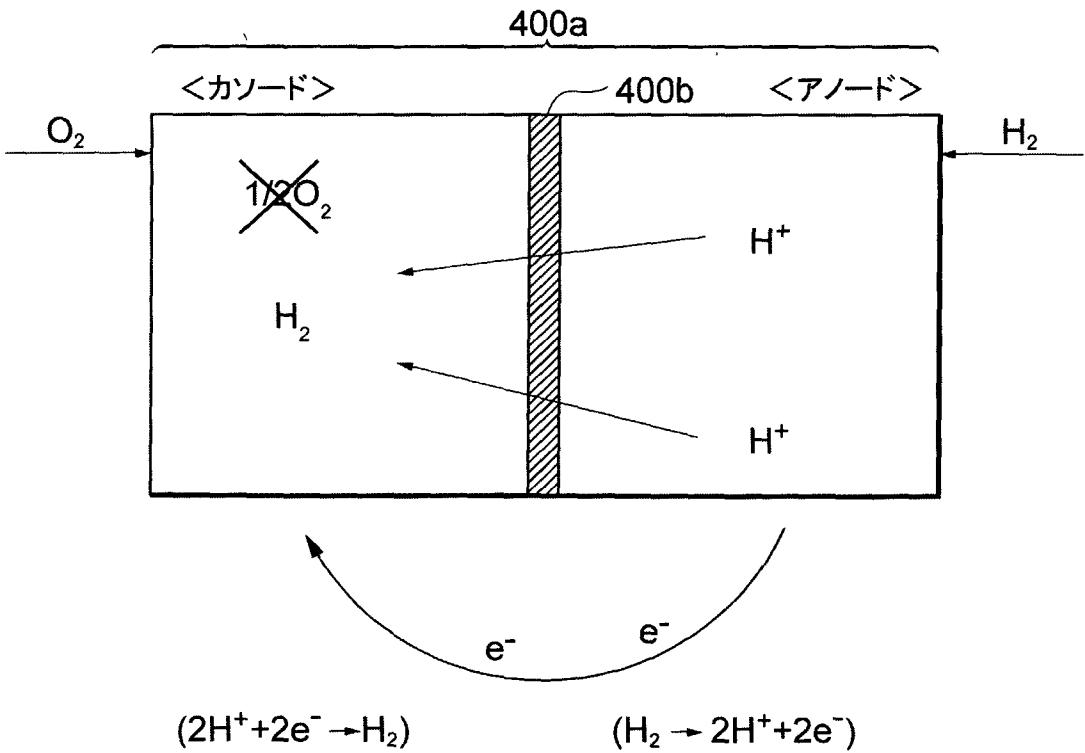


図8

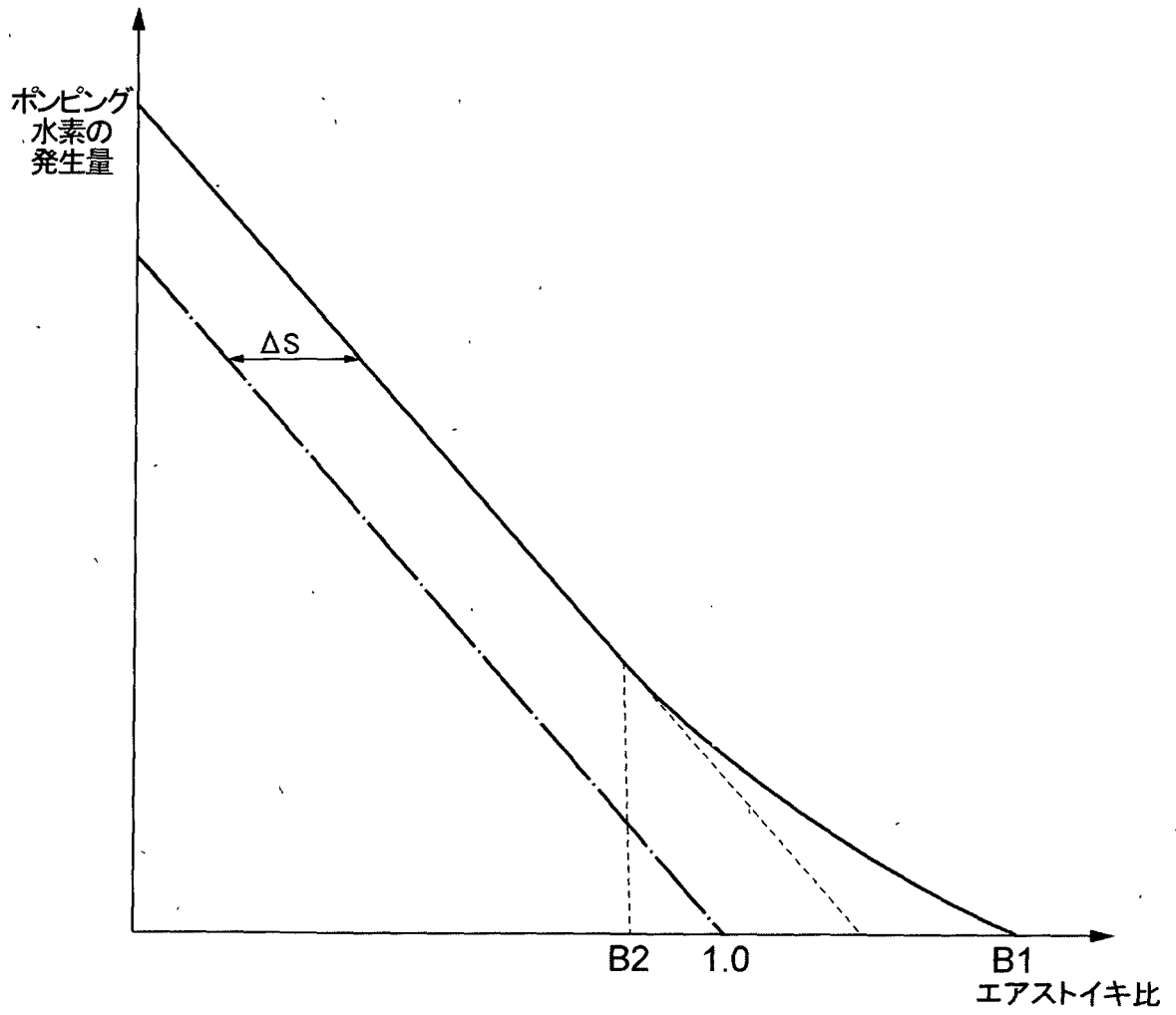


図9

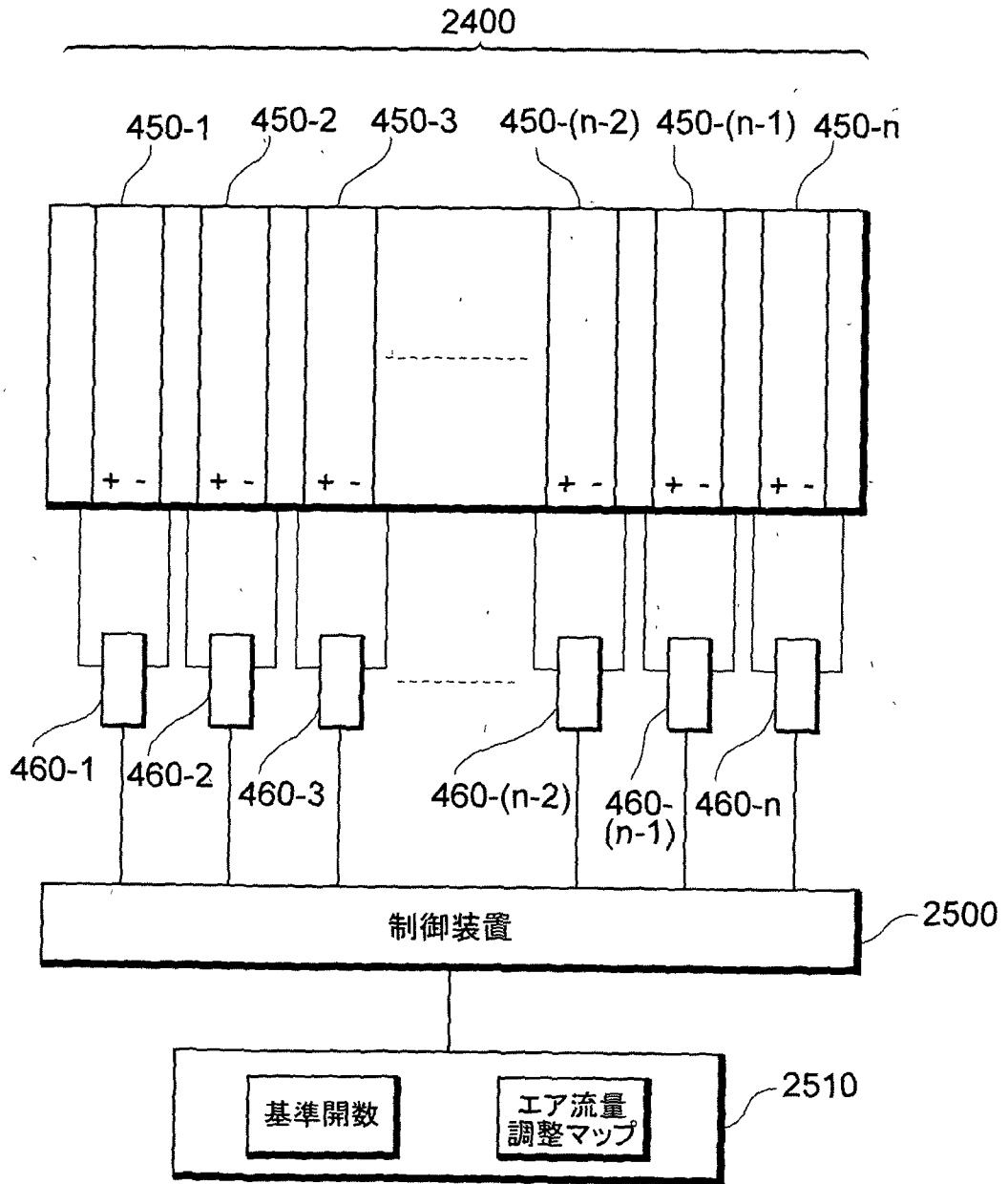


図10

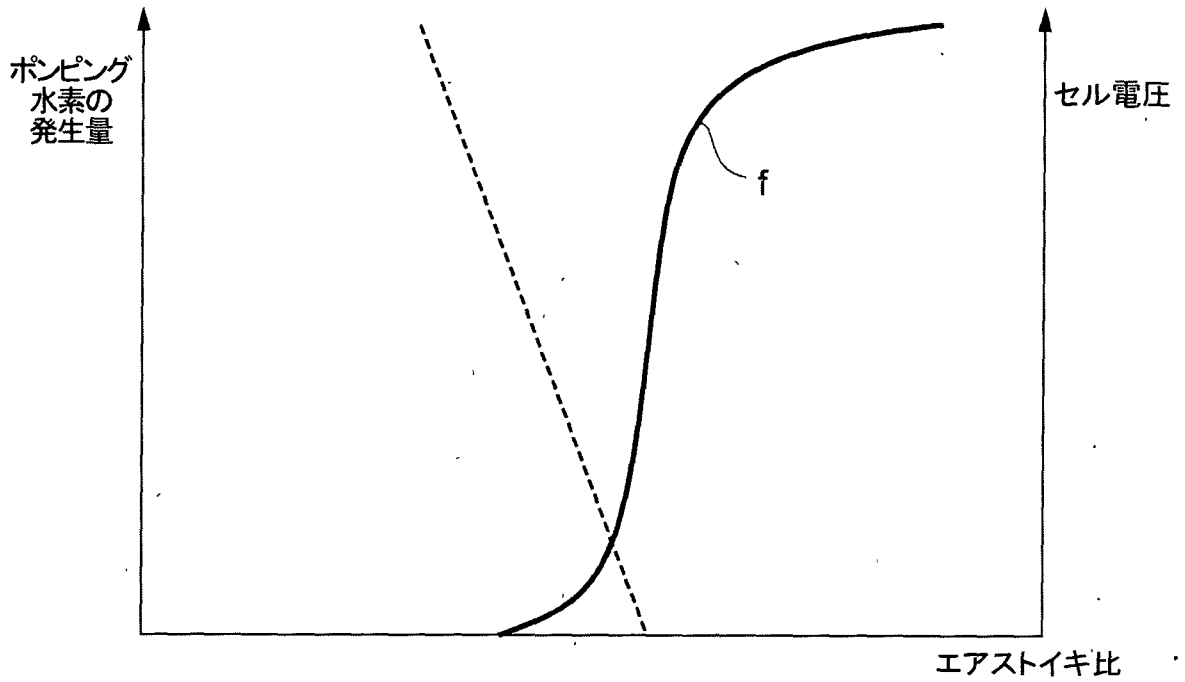


図11

mp

条件	制御内容
$D_h > D_{th1}$	エア流量up
$D_{th2} \leq D_h \leq D_{th1}$	—
$D_h < D_{th2}$	エア流量down

図12

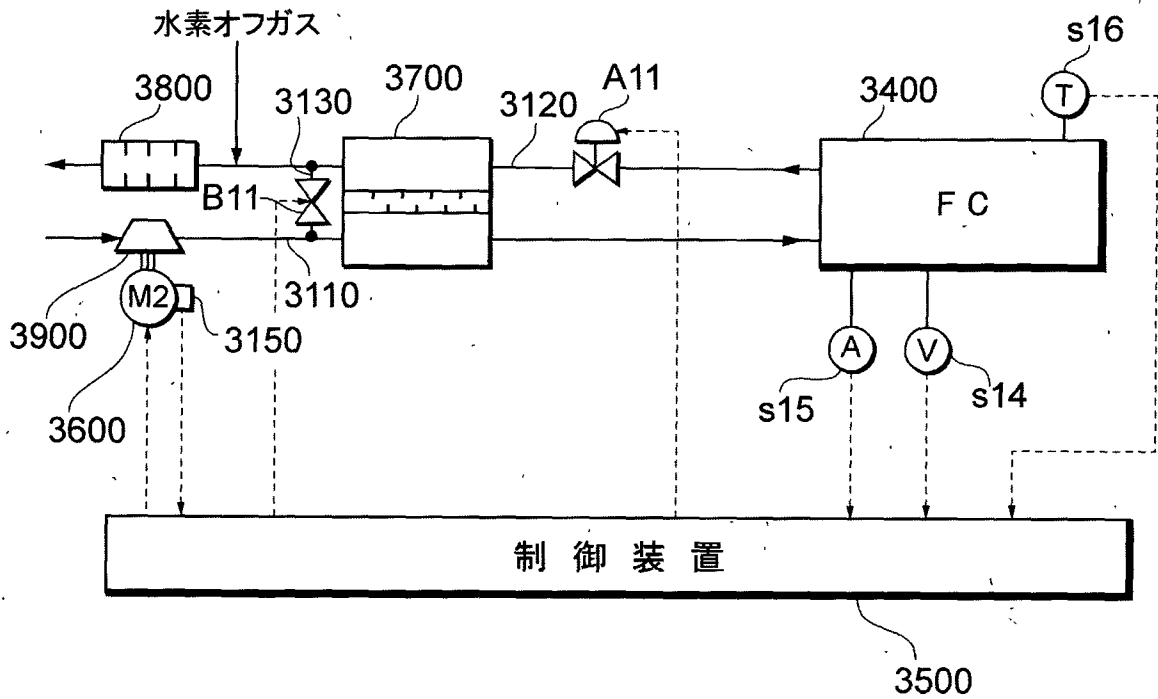


図13

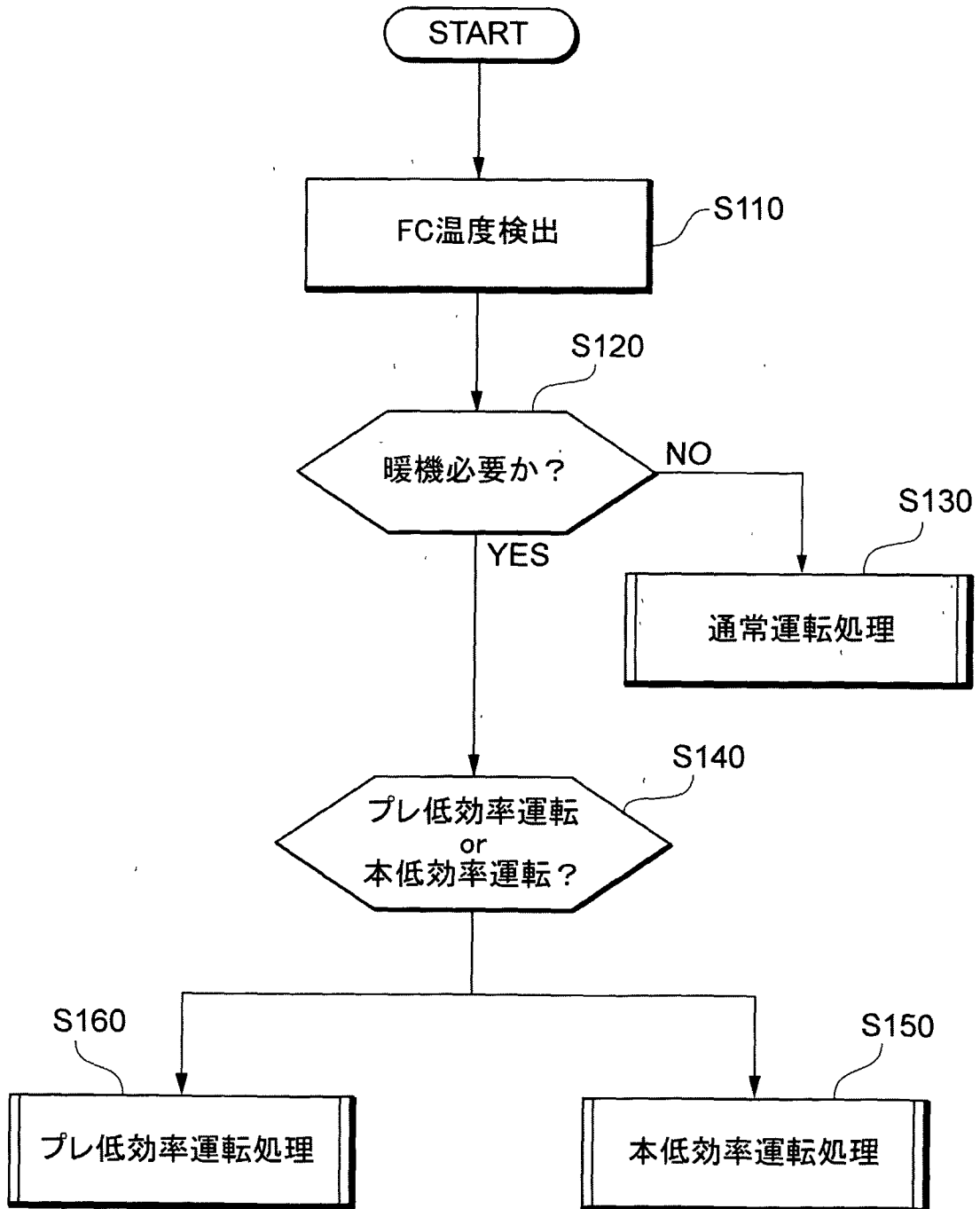


図14

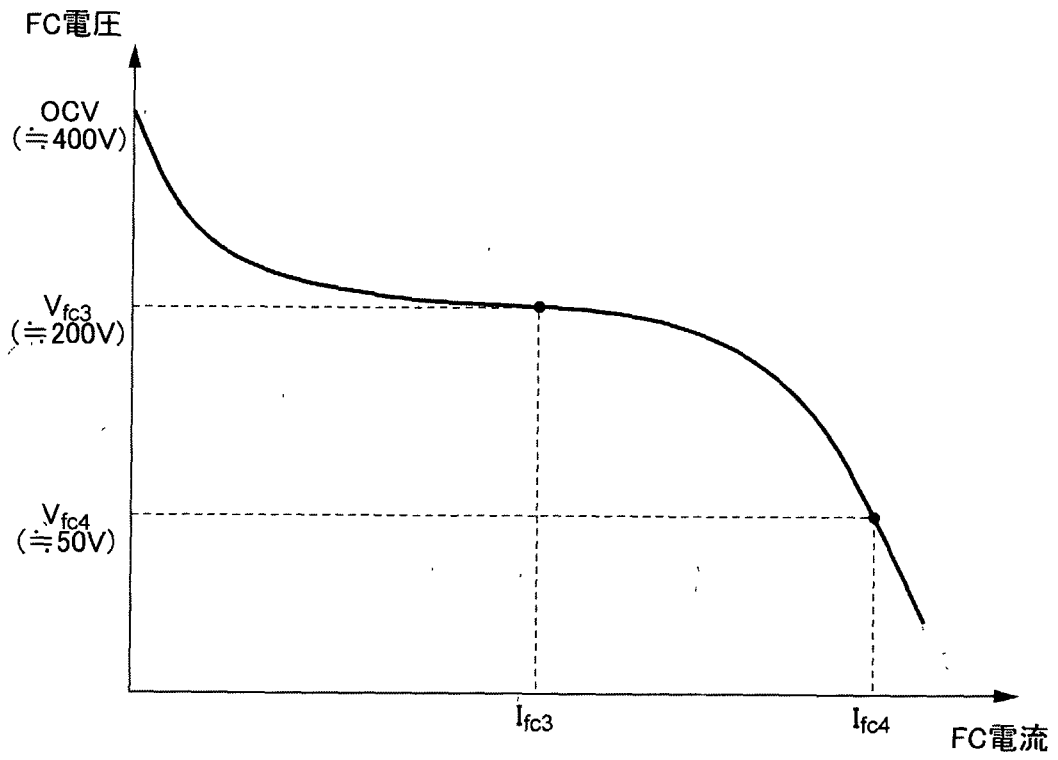
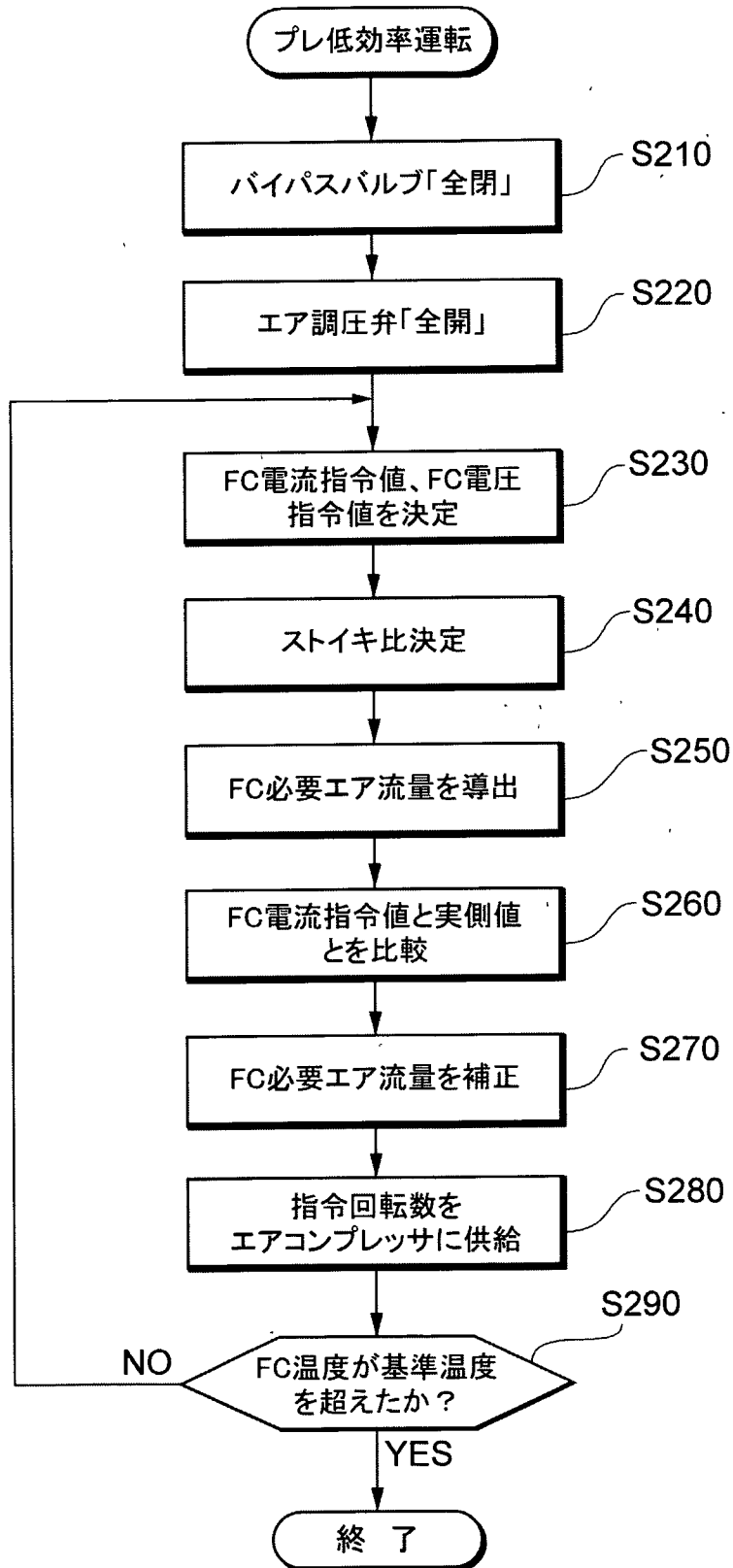


図15



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2006/321437

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H01M8/04(2006.01) i, H01M8/10(2006.01) i

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)
H01M8/04, H01M8/10

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	1996-2006
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2006	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2006

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.
A	JP 2004-172027 A (Toyota Motor Corp.), 17 June, 2004 (17.06.04), Claims; Par. No. [0045] (Family: none)	1-19
A	JP 2002-289243 A (Toyo Engineering Corp.), 04 October, 2002 (04.10.02), Claims (Family: none)	1-19
A	JP 3-81970 A (Fuji Electric Co., Ltd.), 08 April, 1991 (08.04.91), Claims (Family: none)	1-19

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 07 December, 2006 (07.12.06)	Date of mailing of the international search report 19 December, 2006 (19.12.06)
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2006/321437

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 64-59777 A (Fuji Electric Co., Ltd.), 07 March, 1989 (07.03.89), Claims (Family: none)	1-19

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. H01M8/04(2006.01)i, H01M8/10(2006.01)i			
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 (IPC)) Int.Cl. H01M8/04, H01M8/10			
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 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2006年 日本国実用新案登録公報 1996-2006年 日本国登録実用新案公報 1994-2006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 請求の範囲の番号	
A	J P 2 0 0 4 - 1 7 2 0 2 7 A (トヨタ自動車株式会社) 2 0 0 4 . 0 6 . 1 7 【特許請求の範囲】、【0045】 (ファミリーなし)	1 - 1 9	
A	J P 2 0 0 2 - 2 8 9 2 4 3 A (東洋エンジニアリング株式会社) 2 0 0 2 . 1 0 . 0 4 【特許請求の範囲】 (ファミリーなし)	1 - 1 9	
A	J P 3 - 8 1 9 7 0 A (富士電機株式会社) 1 9 9 1 . 0 4 . 0 8 特許請求の範囲 (ファミリーなし)	1 - 1 9	
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。		<input type="checkbox"/> 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 7 . 1 2 . 2 0 0 6		国際調査報告の発送日 1 9 . 1 2 . 2 0 0 6	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/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) 前田 寛之 電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 7 7	4 X 2 9 3 0

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 請求の範囲の番号
A	JP 64-59777 A (富士電機株式会社) 1989.03.07 特 許請求の範囲 (ファミリーなし)	1-19