(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2006 年11 月30 日 (30.11.2006)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2006/126715 A1

(51) 国際特許分類:
H01M 8/04 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2006/310825

(22) 国際出願日: 2006 年5 月24 日 (24.05.2006)

(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2005-154667 2005 年5 月26 日 (26.05.2005) 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): 坊農 哲也 (BONO, Tetsuya) [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).

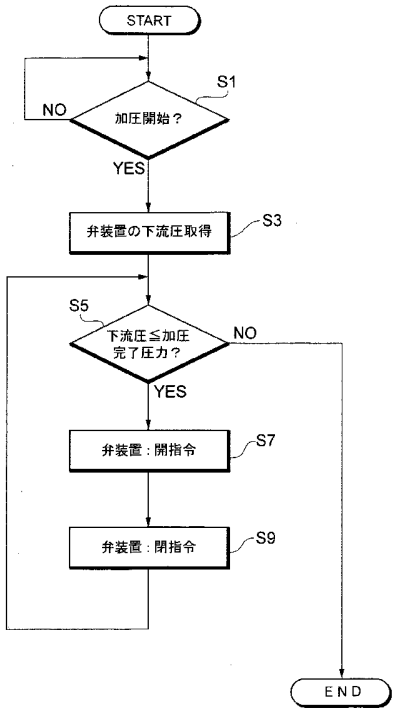
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(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, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR),

[続葉有]

(54) Title: FUEL CELL SYSTEM

(54) 発明の名称: 燃料電池システム



S1 PRESSURIZATION START?
S3 ACQUIRE PRESSURE DOWNSTREAM VALVE UNIT
S5 DOWNSTREAM PRESSURE IS NOT HIGHER THAN PRESSURIZATION COMPLETION PRESSURE?
S7 VALVE UNIT: OPEN COMMAND
S9 VALVE UNIT: CLOSE COMMAND

(57) Abstract: A fuel cell system comprising a fuel cell for generating power by receiving reaction gas supply and discharging reaction off gas, a gas passage for conducting reaction gas or reaction off gas, a valve unit arranged on the gas passage, and a controller for controlling the opening of the valve unit, wherein pressure downstream the valve unit is acquired (step S3) at the time of starting the fuel cell system, and when the downstream pressure is below a pressurization completion pressure (step S5: "YES"), the valve unit is subjected to duty control at a predetermined duty ratio (step S7, step S9). Consequently, generation of strange noise due to quick pressurization or generation of stress in a mechanical component is suppressed.

(57) 要約: 反応ガスの供給を受けて発電し反応オフガスを排出する燃料電池と、前記反応ガスまたは前記反応オフガスが流通するガス通路と、該ガス通路上に設置された弁装置と、該弁装置の開度を制御する制御装置とを備えた燃料電池システムの起動時に、まず、弁装置の下流圧を取得し（ステップＳ３）、該下流圧が所定の加圧完了圧力以下である場合（ステップＳ５：「ＹＥＳ」）には、弁装置を所定のデューティ比にてデューティ制御する（ステップＳ７、ステップＳ９）。これにより、急加圧に起因する異音の発生や機械部品のストレス発生を抑制する。

WO 2006/126715 A1

OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

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。

明細書

燃料電池システム

技術分野

本発明は、燃料電池システムに関し、特に、異音の発生や機械部品のストレス発生を抑制する技術に関する。

背景技術

燃料電池システムは、特開２００２－３７３６８７号公報に記載の如く、アノード電極とカソード電極で電解質を挟んだ単セルを複数個積層した燃料電池を構成し、燃料電池の水素供給口に接続した水素供給管が供給する水素（燃料ガス）をアノード電極に接触させ、燃料電池の空気供給口に接続した空気供給管が供給する空気（酸化ガス）をカソード電極に接触させることにより生ずる、電気化学反応により発電する。

特開２００２－３７３６８７号公報は、燃料電池に吸排されるガスを圧送するに際し、ガスが脈動をもって圧送される配管に制振部材を設けることで、配管の振動に起因する騒音の発生を抑制する燃料電池システムを開示している。

発明の開示

水素供給源からの水素を燃料電池のアノード電極側に供給する水素供給管の途中に燃料電池入口遮断弁（以下、ＦＣ入口弁）が設けられた燃料電池システムの起動は、水素供給源側の主止弁（元弁）を開き、続いてＦＣ入口弁を開くことにてなされる。

ところが、主止弁を開いた後、水素供給管のＦＣ入口弁よりも上流側が未

だ十分に加圧されていない状態で該ＦＣ入口弁を開くと、システム起動時に大気圧相当であった水素供給管および燃料電池内のガス通路に、高圧水素および加圧エアが供給されて急激に加圧されるため、衝撃によってスタック内部で異音が発生したり、機械部品に振動ストレスが発生する、という課題がある。

かかる課題は、水素供給系の通路（水素供給管）に限らず、燃料電池から排出された水素オフガスを水素供給管に戻す水素循環系の通路、水素オフガスを外部に排出する水素排出系の通路、および燃料電池からの空気オフガスを排出する空気排出系の通路等、燃料電池に供給されるガスおよび燃料電池から排出されるオフガスが流通する通路でも生じる。

この対策として、水素供給管等のガス通路に、特開２００２－３７３６８７号公報に記載の制振部材を設けたとしても、特定の周波数領域の振動しか吸収できず、上記課題の解決に十分とはいえない。また、このような急加圧は、必ずしも燃料電池の起動時に限定されるものではない。

さらに、例えば固体高分子電解質膜（以下、電解質膜）をその両側からアノード電極とカソード電極とで狭持してなる燃料電池を備えた燃料電池システムにおいては、電解質膜の破損防止や長寿命化等のために、アノード電極側の水素ガス供給圧と、カソード電極側のエア供給圧との差圧（以下、極間差圧）を所定値以下に制御する必要もある。

そこで、本発明は、急加圧に起因する異音の発生や機械部品のストレス発生を抑制することが可能な燃料電池システムを提供することを目的とする。

本発明の燃料電池システムは、反応ガスの供給を受けて発電し反応オフガスを排出する燃料電池と、前記反応ガスまたは前記反応オフガスが流通するガス通路と、該ガス通路上に設置された弁装置と、該弁装置の開度を制御する制御装置と、を備えた燃料電池システムにおいて、前記制御装置は、前記ガス通路内のガス圧が増加する際は、前記弁装置の上流と下流の差圧の大き

さに応じて該弁装置の開度を連続的または断続的に開度面積が増加するように制御する。

かかる構成によれば、例えばシステム起動時のように弁装置の下流圧（例えば、弁装置－燃料電池間のガス通路、燃料電池内のガス通路等）が大気圧相当まで低下しているために、高圧あるいは加圧された反応ガスが供給されるとガス通路内のガス圧が増加する場合であっても、弁装置の上下流間の差圧の大きさに応じて、当該弁装置の開度面積を連続的に増加させる、あるいは断続的に増加させる（例えば、全開と全閉とを所定周期で繰り返す）ことにより、ガス通路内での急加圧を抑制することが可能となる。

また、本発明の燃料電池システムは、反応ガスの供給を受けて発電し反応オフガスを排出する燃料電池と、前記反応ガスまたは前記反応オフガスが流通するガス通路と、該ガス通路上に設置された弁装置と、該弁装置の開度を制御する制御装置と、を備えた燃料電池システムにおいて、前記制御装置は、前記弁装置の上下流間の差圧が所定値以上であるときは、該差圧の大きさに応じて該弁装置の開度を連続的または断続的に開度面積が増加するように制御する。

かかる構成によれば、例えばシステム起動時のように弁装置の下流圧が大気圧相当まで低下しているために、高圧あるいは加圧された反応ガスが供給されると急加圧される虞のある場合であっても、弁装置の上下流間の差圧が所定値未満になるまでの間、当該弁装置の開度面積を連続的あるいは断続的に増加させることにより、弁装置の上下流間の差圧を漸減させ得て、急加圧を抑制することが可能となる。

前記制御装置は、前記弁装置の下流圧が目標圧以下であるときは、これら下流圧と目標圧との差圧の大きさに応じて該弁装置の開度を制御してもよい。

かかる構成によれば、ガス通路が急加圧される虞のある場合であっても、弁装置の下流圧が目標圧に達するまでの間、当該弁装置の開度面積を連続的

あるいは断続的に増加させることにより、弁装置の下流圧と目標圧との差圧を漸減させ得て、急加圧を抑制することが可能となる。

前記差圧が大きいほど、前記弁装置の時間当たりの開度面積変化量を小さくしてもよい。

差圧が大きいということは、急加圧される虞があるということであるから、かかる構成によれば、急加圧時における共鳴の発生や機械部品のストレス発生をより効果的に抑制することが可能となる。

「時間当たりの開度面積変化量が小さい」とは、連続的あるいは段階的に弁装置の開度を増加させるときの開度面積変化量が小さいことを意味する他に、断続的に弁装置の開度を全開させるときの全開時間が短い及び／又は全閉時間が長いことの意味も含まれるものとする。以下、同様とする。

前記弁装置よりも下流の閉空間体積が大きいほど、当該弁装置の時間当たりの開度面積変化量を小さくしてもよい。

かかる構成によれば、加圧される閉空間に例えば燃料電池内のガス通路が含まれる等、閉空間体積が大きい場合であっても、急加圧時における共鳴の発生や機械部品のストレス発生をより効果的に抑制することが可能となる。

前記弁装置は、開閉式電磁弁または開度可変式電磁弁の少なくとも一方であってもよい

例えば、弁装置が開閉式電磁弁である場合、つまり、全開（開度指令：ＯＮ）か全閉（開度指令：ＯＦＦ）のいずれか一方しか選択することができない弁装置である場合には、全開と全閉とを所定周期で繰り返すことにより上記差圧を漸減させ得て、急加圧を抑制することが可能となる。

前記弁装置が開閉式電磁弁の場合に、デューティ制御により当該弁装置の開度面積を変化させてもよい。

この場合、デューティ比（ＯＮ－ＯＦＦ繰り返し時のＯＮ－ＯＦＦ時間比率）は一定であってもよいし、デューティ比を時間経過に伴い徐々に減少あ

るいは増加させてもよい。

他方、弁装置が開度可変式電磁弁である場合、つまり、全開－全閉間で弁装置の開度を例えばリニアに可変制御することができる装置である場合には、例えば弁装置の開度を徐々に増やす等、連続的に変化させることにより上記差圧を漸減させ得て、急加圧を抑制することが可能となる。

前記弁装置は、前記ガス通路上に設けられた調圧弁の下流に設けられた電磁弁でもよい。

かかる構成によれば、調圧弁（例えば、機械式レギュレータ、減圧弁等）で減圧されたガス圧を、その下流の電磁弁で連続的または断続的に開度制御することになり、電磁弁の耐久性やシール性を簡素にできる。また、高圧ガスの影響による電磁弁の制御悪化も抑制される。

前記弁装置の下流圧に基づいて、当該弁装置の時間当たりの開度面積変化量を設定してもよい。

かかる構成によれば、弁装置の開度設定に該弁装置の下流圧をフィードバックさせることが可能となる。

前記弁装置は、前記ガス通路に接続された高圧ガスタンクの元弁であってもよい。

かかる構成によれば、ガス通路の途中に、燃料電池へのガス供給を許可・禁止する弁装置や、燃料電池へのガス供給圧を調圧（減圧）する弁装置が設置されてない燃料電池システムにおいても、高圧ガスタンクの元弁を制御することにより、燃料電池に連なるガス供給通路や燃料電池内部のガス通路が急激に加圧されることを抑制することが可能となる。

前記ガス通路上に直列に複数の前記弁装置を備え、上流側弁装置の開閉状態に対応して、下流側弁装置の開度面積を制御してもよい。

かかる構成によれば、直列に配置された弁装置のうち上流側の弁装置の開度を主として制御し、下流側の弁装置の開度を従属的に制御することが可能

となる。また、例えばシステム起動時に下流側の弁装置を閉じたまま上流側の弁装置のみを開けた場合に、上流側の弁装置－下流側の弁装置間の閉空間は、それよりも下流のガス通路（例えば、燃料電池に連なるガス供給通路や燃料電池内部のガス通路）が急激に加圧されることを抑制するバッファとして機能する。

前記燃料電池のアノード側に供給されるガス圧とカソード側に供給されるガス圧とを協調制御してもよい。

ここで、協調制御とは、例えば、アノード側（燃料ガス側）またはカソード側（酸化ガス側）の一方の側のガス圧変化に対応して設定された弁装置の開度制御に対応して、他方の側のガス圧が変化するように調圧（少なくとも他方の側の弁装置の開度制御を実施する）を行うことである。

例えば、高圧な燃料ガス側のガス通路に設置された弁装置を主として制御し、それに対応して、酸化ガス側のガス通路に設置された弁装置又は／及びガス供給手段（例えば、コンプレッサ）を制御することが可能になるので、燃料ガス供給通路から燃料電池への燃料ガス供給圧と、酸化ガス供給通路から燃料電池への酸化ガス供給圧との差圧を適正範囲内に制御することが可能となる。

特に、燃料電池が電解質膜をその両側からアノード電極とカソード電極とで狭持してなる燃料電池システムにおいては、極間差圧（燃料ガス供給圧と酸化ガス供給圧との差圧）の過剰な増大を抑制し得て、電解質膜を破損等から保護することが可能となる。

前記ガス通路の一部が互いに並列な通路であって、その一方を他方の通路に比べて圧力損失の大きな通路とし、前記差圧が所定値以上のときは、前記弁装置の開度面積を連続的または断続的に増加させることに代えて、前記圧力損失の大きな通路を使用してよい。

他方の通路よりも圧力損失の大きな通路は、例えば、他方の通路よりも小

径化する、通路途中に屈曲部や蛇行部を設ける、あるいは通路途中に絞りやフィルタ等のような流体抵抗を増加させる要素を設ける等により構成することが可能である。

前記制御装置は、前記燃料電池の起動時に、前記弁装置の開度を連続的または断続的に開度面積が増加するように制御してもよい。燃料電池の起動時、例えば、長時間停止後の起動時や間欠運転からの再起動時は、大気圧相当あるいは所定圧まで低下したガス通路（例えば、ガス供給通路および燃料電池内のガス通路）が、高圧あるいは加圧された反応ガスあるいは反応オフガスの供給を受けて急加圧される虞があるため、かかる急加圧の抑制に有効である。

上記燃料電池システムの一起動方法として、前記弁装置の下流圧が目標圧以下であるときは、これら下流圧と目標圧との差圧を漸減させるように前記反応ガスを燃料電池に供給してもよい。かかる構成によれば、急加圧を抑制することが可能となる。

また、他の起動方法として、前記弁装置の上下流間の差圧が所定値以上であるときは、該差圧を漸減させるように前記反応ガスを燃料電池に供給してもよい。かかる構成によれば、急加圧を抑制することが可能となる。

これら燃料電池システムの起動方法において、弁装置の下流圧と目標圧との差圧を漸減させる、あるいは、弁装置の上下流間の差圧を漸減させる具体的手法としては、例えば、加圧時における弁装置の開度を通常運転時における開度よりも少なくする（例えば、通常運転時の１／３）、単位時間当たりの圧力上昇量を一定（例えば、１０ｋＰａ／１００ｍｓｅｃ）以下とする、単位時間当たりのガス供給量（流速）を一定（例えば、１Ｌ／１００ｍｓｅｃ）以下とする等がある。

これらの手法の他に、単位時間当たりの弁開度を可変とし、加圧初期はゆっくり（例えば、５ｓｔｅｐ／ｓｅｃ）と開弁し、加圧開始からの時間経過

に伴い速く（例えば、２０ｓｔｅｐ／ｓｅｃ）開弁することによっても上記差圧を漸減させることが可能である。

さらに、電気的に開閉（ＯＮ－ＯＦＦ）の２状態のみの弁開度を制御できる電磁弁（開閉式電磁弁）を用いる場合には、弁開度を制御する代わりに、開閉のデューティ比（ＯＮ－ＯＦＦ比）を制御することによっても上記差圧を漸減させることが可能である。例えば、加圧初期はＯＮ時間比率が小となるようにして、所定時間経過後にＯＮ時間比率が大となるように制御する。

図面の簡単な説明

図１は、本発明に係る燃料電池システムの第１実施形態を示す概略構成図。

図２は、図１に示す燃料電池システムの起動時におけるＦＣ入口バルブの制御フローを説明するフローチャート。

図３は、ＦＣ入口バルブが開閉式電磁弁である場合の一制御例を示すタイムチャート。

図４は、図３に示す一制御例による圧力挙動を示すタイムチャート。

図５は、ＦＣ入口バルブが開閉式電磁弁である場合の他の制御例を示すタイムチャート。

図６は、ＦＣ入口バルブが開度可変式電磁弁である場合の一制御例を示すタイムチャート。

図７は、第２実施形態に係る燃料電池システムの起動時におけるＦＣ入口バルブの制御フローを説明するフローチャート。

図８は、第３実施形態に係る燃料電池システムの起動時におけるＦＣ入口バルブの制御フローを説明するフローチャート。

図９は、第４実施形態に係る燃料電池システムの起動時におけるＦＣ入口バルブの制御フローを説明するフローチャート。

図１０は、第５実施形態に係る燃料電池システムを示す概略構成図。

図１１は、第６実施形態に係る燃料電池システムを示す概略構成図。

発明を実施するための最良の形態

＜第１実施形態＞

図１は、本発明に係る燃料電池システムの第１実施形態を示す概略構成図である。この燃料電池システム１は、燃料電池車両の車載発電システムの他に、例えば定置用発電システムへの適用も可能である。

燃料電池１０は、燃料ガス（反応ガス）と酸化ガス（反応ガス）との電気化学反応によって発電するセルの積層体である。各セルは、電解質膜の両側にアノード電極とカソード電極とを配置した構成となっている。

燃料電池１０のカソード側には、酸化ガスとしての空気が供給される。空気は、フィルタ４０から吸入され、コンプレッサ４１で圧縮された後、加湿器４２で加湿され、配管（ガス通路）３５から燃料電池１０に供給される。カソードからの排気（以下、カソードオフガス（反応オフガス）という）は、配管３６、マフラ４３を通じて外部に排出される。空気の供給圧は、調圧バルブ４４の開度によって制御される。

燃料電池１０のアノード側には、配管（ガス通路）３２を介して水素タンク（高圧ガスタンク）２０に貯蔵された水素が燃料ガスとして供給される。この水素タンク２０に代えて、アルコール、炭化水素、アルデヒドなどを原料とする改質反応によって水素を生成してアノード側に供給する燃料改質器や、水素吸蔵合金等を用いても良い。

配管３２上には、その上流から順に、水素タンク２０のシャットバルブ（元弁）２１、一次圧を所定の二次圧に減圧するレギュレータバルブ（調圧弁）２３、開閉バルブ２４、及び燃料電池入口バルブ（弁装置）２５が設置されている。

この燃料電池入口バルブ（以下、ＦＣ入口バルブ）２５は、バルブ本体内

を摺動して弁座に着座可能な弁体の開度（以下、弁開度）が全開か全閉のいずれか一方しか選択することができない開閉式電磁弁、あるいは弁開度を全開－全閉間で例えばリニアに可変制御することができる開度可変式電磁弁とされていて、いずれの構成においても制御装置５０によって弁開度が制御される。

水素タンク２０に高圧で貯蔵された水素は、レギュレータバルブ２３によって調圧（減圧）されて、燃料電池１０のアノードに供給される。また、該アノードからの排気（以下、アノードオフガス（反応オフガス）という）は、配管３３に流出する。この配管３３のアノード出口側には燃料電池出口バルブ（以下、ＦＣ出口バルブ）２６が設置されている。

配管３３は、その途中で二つに分岐しており、一方はアノードオフガスを外部に排出するための排出管３４に接続され、他方は逆止弁２８を介して配管３２に接続されている。燃料電池１０のアノード出口に接続された配管３３と、そこから分岐して配管３２に接続された配管とで構成される燃料ガス循環通路には、アノードオフガスを昇圧して配管３２に還流させる水素ポンプ４５が設けられている。

排出管３４に設けられた排出バルブ(パージ弁)２７が閉じられている間、アノードオフガスは、配管３２を介して再び燃料電池１０に循環される。アノードオフガスには、発電で消費されなかった水素が残留しているため、このように循環させることにより、水素を有効活用することができる。

アノードオフガスの循環中、水素は発電に使用される一方、水素以外の不純物、例えば、カソードから電解質膜を透過してきた窒素などは消費されずに残留するため、不純物の濃度が徐々に増大する。この状態で、排出バルブ２７が開かれると、アノードオフガスは、排出管３４を通って外部に排出（パージ）され、不純物の循環量が低減する。

燃料電池１０には、水素および空気の他、冷却水も供給される。冷却水は、

冷却水ポンプ４６によって、冷却用の配管３７を流れ、ラジエータ３８で冷却されて燃料電池１０に供給される。配管３７は、ラジエータ３８の上流にて二つに分岐されており、その一方はラジエータ３８をバイパスし、該ラジエータ３８の下流に設けられたバイパスバルブ３９を介してラジエータ配管と合流している。

制御装置５０は、ＣＰＵ、ＲＯＭ、ＲＡＭ、ＨＤＤ、入出力インタフェース及びディスプレイなどの制御コンピュータシステムによって構成されていて、図示しない車両のアクセル開度信号などの要求負荷、燃料電池システム１の各部に設けられたセンサ（圧力センサ、温度センサ、流量センサ、電流計、電圧計等）、各機器（コンプレッサ４１、水素ポンプ４５等）から制御情報を受け取り、システム各部の弁類やモータ類の運転を制御する。

また、制御装置５０は、配管３２，燃料電池１０内のガス通路，配管３３，又は配管３４（以下、これらを総称して「ガス通路」ということがある。）内のガス圧が増加する際は、ＦＣ入口バルブ２５の上流と下流の差圧の大きさに応じて、該ＦＣ入口バルブ２５の開度を連続的または断続的に開度面積が増加するように制御する。以下便宜的に、開度面積を制御することを単に「弁開度を制御する」ということがある。

例えば、燃料電池１０の起動時や間欠運転からの再起動等の初期加圧時に、ＦＣ入口バルブ２５の下流圧、つまり、該ＦＣ入口バルブ２５－燃料電池１０間の配管３２および燃料電池１０内のガス通路の圧力が所定圧（目標圧）以下であるとき、あるいはＦＣ入口バルブ２５の上下流間の差圧が所定値以上であるときに、これら下流圧と所定圧との差圧あるいは上下流間の差圧を漸減させるように、燃料電池入口バルブ２５の弁開度を制御する。

つまり、長時間停止後の起動時や間欠運転からの再起動時は、ガス通路が大気圧相当あるいは所定圧まで低下している。このような状態の下、ガス通路に水素タンク２０からの高圧水素が供給されると、当該ガス通路が急激に

加圧される結果、衝撃による異音が発生したり、機械部品ストレスが発生する虞がある。

本実施形態のＦＣ入口バルブ２５が開閉式電磁弁である場合には、全開と全閉とが所定の周期で繰り返されるデューティ制御を実施することにより、前記差圧を漸減させて、急加圧を抑制することが可能となる。この場合、デューティ比（ＯＮ－ＯＦＦ繰り返し時のＯＮ－ＯＦＦ時間比率）は一定であってもよいし、デューティ比を時間経過に伴い徐々に減少あるいは増加させてもよい。

他方、本実施形態のＦＣ入口バルブ２５が開度可変式電磁弁である場合には、例えば弁開度を徐々に増やす等、連続的に変化させることにより、前記差圧を漸減させて、急加圧を抑制することが可能となる。

ＦＣ入口バルブ２５の開閉動作は、当該ＦＣ入口バルブ２５よりも下流の閉空間に燃料電池１０内のガス通路が含まれて該閉空間体積が大きいことから、時間当たりの開度面積変化量が小さくなるように制御することが好ましい。なお、ＦＣ入口バルブ２５よりも下流の閉空間体積とは、燃料電池１０内のガス通路を含むＦＣ入口バルブ２５からＦＣ出口バルブ２６までのガス通路体積をいう。

また、ＦＣ入口バルブ２５は、前記差圧が大きいほど、時間当たりの開度面積変化量を小さくしたり、ＦＣ入口バルブ２５の下流圧に基づいて、時間当たりの開度面積変化量を設定してもよい。

シャットバルブ２１－ＦＣ入口バルブ２５間の配管３２は、各バルブ２１，２３，２５，２６等を閉じた状態から、まず、シャットバルブ２１を開けて該シャットバルブ２１－開閉バルブ２４間を加圧し、次に、開閉バルブ２４を開けて該開閉バルブ２４－ＦＣ入口バルブ２５間を加圧し、その後に、ＦＣ入口バルブ２５を開けて該ＦＣ入口バルブ２５－ＦＣ出口バルブ２６間を加圧する。

つまり、配管３２の上流側に位置するバルブから順次開けてゆくことにより、この開けたバルブからその直下に位置するバルブまでの閉空間までをバッファとして機能させつつ、配管３２内および燃料電池１０内を徐々に加圧することができる。

このように、配管３２，燃料電池１０内のガス通路，及び配管３３上に直列に複数のバルブ２１，…，２６を備えた燃料電池システム１においては、上流側のバルブの開閉状態に対応して、下流側のバルブの開度を制御することにより、直列に配置されたバルブ２１，…，２６のうち相対的に上流側に位置するバルブ（以下、上流側バルブ）の開度を主として制御し、相対的に下流側に位置するバルブ（以下、下流側バルブ）の開度を従属的に制御することが可能となる。

これにより、例えばシステム起動時（間欠運転からの再起動時を含む）に下流側バルブを閉じたまま上流側バルブのみを開けると、上流側バルブ－下流側バルブ間の閉空間は、燃料電池１０に連なる配管２１，３３や燃料電池１０内のガス通路が急激に加圧されることを制御するバッファとして機能することになる。

次に、図２～図５を参照しながら、制御装置５０による燃料電池起動時におけるＦＣ入口バルブ２５の制御フローについて、該ＦＣ入口バルブ２５に開閉式電磁弁が用いられているものとして説明する。なお、図２における弁装置は、本実施形態ではＦＣ入口バルブ２５である。

まず、図２のステップＳ１でＦＣ入口バルブ２５－ＦＣ出口バルブ２６間の閉空間を加圧してよいかの判定、例えば、ＦＣ入口バルブ２５よりも上流側の配管３２が所定圧まで加圧されているかの判定を行い、この判定結果が「ＮＯ」の場合は、当該ステップＳ１の判定を繰り返し、ＦＣ入口バルブ２５よりも上流側の配管３２が所定圧まで加圧されるまで待つ。

一方、ステップＳ１の判定結果が「ＹＥＳ」の場合は、ＦＣ入口バルブ２

５の下流圧を取得する（ステップＳ３）。この下流圧は、例えば燃料電池１０内に設置された圧力センサを用いて測定される。続くステップＳ５において、下流圧が加圧完了圧力（目標圧）以下であるかを判定し、判定結果が「ＮＯ」の場合、つまり、下流圧が既に加圧完了圧力を超えている場合には、以下の処理をスキップして本制御フローは終了する。

一方、ステップＳ５の判定結果が「ＹＥＳ」の場合、つまり、下流圧が未だ加圧完了圧力に達していない場合には、ＦＣ入口バルブ２５に対して所定時間（例えば、１００ｍｓｅｃ以下）だけ弁開度を全開（ＯＮ）にする開度指令を発し（ステップＳ７）、次いで、ＦＣ入口バルブ２５に対して所定時間（例えば、１００ｍｓｅｃ以下）だけ弁開度を全閉（ＯＦＦ）にする開度指令を発したら（ステップＳ９）、ステップＳ５に戻る。

本実施形態では、ＦＣ入口バルブ２５の下流圧が加圧完了圧力を超えるまでの間は、ステップＳ７とステップＳ９の処理が繰り返し行われるので、例えばステップＳ７による全開指令とステップＳ９による全閉指令とが同一周期で繰り返される。つまり、ＦＣ入口バルブ２５の弁開度が所定のデューティ比でデューティ制御される結果、ＦＣ入口バルブ２５は、図３に示すように駆動される。

このようにしてＦＣ入口バルブ２５がバルブ駆動される結果、ＦＣ入口バルブ２５の下流圧は、加圧開始時の初期圧力から加圧完了圧力（目標圧力）に到達するまでの間、図４に示すようなステップ状に変化する圧力挙動となる。よって、本実施形態によれば、ＦＣ入口バルブ２５の下流圧と加圧完了圧力との差圧を漸減させて急加圧を抑制するので、共鳴の発生や機械部品のストレス発生を抑制することができる。

また、本実施形態では、レギュレータバブル２３で減圧されたガス圧を、その下流に設けられたＦＣ入口バルブ２５によって開度制御しているので、ＦＣ入口バルブ２５の耐久性やシール性を簡素化することができると共に、

高圧水素ガスの影響によるＦＣ入口バルブ２５の制御悪化を抑制することができる。

なお、ＦＣ入口バルブ２５の弁開度をデューティ制御にて変化させる場合には、上述した図３に示すように、デューティ比（ＯＮ－ＯＦＦ繰り返し時のＯＮ－ＯＦＦ時間比率）を一定に設定してもよいが、例えば図５に示すように、デューティ比を時間経過に伴い徐々に減少させてもよいし、あるいは図５に示したバルブ駆動パターンとは逆に、デューティ比を時間経過に伴い徐々に増加させてもよい。

＜第２実施形態＞

次に、図６及び図７を参照しながら、制御装置５０による燃料電池起動時におけるＦＣ入口バルブ２５の他の実施形態に係る制御フローについて、該ＦＣ入口バルブ２５に開度可変式電磁弁が用いられているものとして説明する。なお、図７における弁装置は、本実施形態ではＦＣ入口バルブ２５である。

本実施形態と上記第１実施形態との主たる相違点は、上記第１実施形態では、開閉式電磁弁からなるＦＣ入口バルブ２５の弁開度を断続的に変化させて制御（デューティ制御）していたのに対し、本実施形態では、開度可変式電磁弁からなるＦＣ入口バルブ２５の弁開度を連続的に変化させて制御することにある。

まず、図７のステップＳ１１でＦＣ入口バルブ２５－ＦＣ出口バルブ２６間の閉空間を加圧してよいかの判定、例えば、ＦＣ入口バルブ２５よりも上流側の配管３２が所定圧まで加圧されているかの判定を行い、この判定結果が「ＮＯ」の場合は、当該ステップＳ１１の判定を繰り返し、ＦＣ入口バルブ２５よりも上流側の配管３２が所定圧まで加圧されるまで待つ。

一方、ステップＳ１１の判定結果が「ＹＥＳ」の場合は、ＦＣ入口バルブ２５の下流圧を取得する（ステップＳ１３）。この下流圧は、例えば燃料電池

１０内に設置された圧力センサを用いて測定される。続くステップＳ１５において、下流圧が加圧完了圧力（目標圧）以下であるかを判定し、判定結果が「ＮＯ」の場合、つまり、下流圧が既に加圧完了圧力を超えている場合には、以下の処理をスキップして本制御フローは終了する。

一方、ステップＳ１５の判定結果が「ＹＥＳ」の場合、つまり、下流圧が未だ加圧完了圧力に達していない場合には、下流圧と弁開度との関係を規定したマップを参照して弁開度を決定し（ステップＳ１７）、これに対応する開度指令をＦＣ入口バルブ２５に発し、ステップＳ１３に戻る。なお、下流圧と弁開度との関係を規定したマップは、例えば下流圧が低いほど、或いは、下流圧と上流圧との差圧が大きいほど、弁開度が小さくなるように規定されている。

本実施形態では、ＦＣ入口バルブ２５の下流圧が加圧完了圧力を超えるまでの間は、ステップＳ１７とステップＳ１９の処理が繰り返し行われるので、ＦＣ入口バルブ２５の弁開度は、例えば図６に示すように、連続的に変化するように駆動される。

このようにしてＦＣ入口バルブ２５がバルブ駆動される結果、本実施形態においても、ＦＣ入口バルブ２５の下流圧は、加圧開始時の初期圧力から加圧完了圧力（目標圧力）に到達するまでの間、当該下流圧と加圧完了圧力との差圧が漸減するように徐々に加圧されるようになり、共鳴の発生や機械部品のストレス発生を抑制することができる。

なお、ＦＣ入口バルブ２５の時間当たりの開度面積変化量は、当該ＦＣ入口バルブ２５の下流圧と加圧完了圧力との差圧が大きいほど、あるいは、当該ＦＣ入口バルブ２５の下流圧と上流圧との差圧が大きいほど、小さくしてもよい。これら差圧が大きいということは、ＦＣ入口バルブ２５－ＦＣ出口バルブ２６間のガス通路が急加圧される虞があるということであるから、かかる構成によれば、急加圧時における共鳴の発生や機械部品のストレス発生

をより効果的に抑制することが可能となる。

＜第３実施形態＞

次に、図８を参照しながら、制御装置５０による燃料電池起動時におけるＦＣ入口バルブ２５のさらに他の実施形態に係る制御フローについて、上記第２実施形態と同様に、該ＦＣ入口バルブ２５に開度可変式電磁弁が用いられているものとして説明する。なお、図８における弁装置は、本実施形態ではＦＣ入口バルブ２５である。

本実施形態と上記第２実施形態との主たる相違点は、上記第２実施形態では、ＦＣ入口バルブ２５の下流圧を用いて該ＦＣ入口バルブ２５の弁開度をフィードフォワード制御したのに対し、本実施形態では、単位時間当たりの圧力上昇量が一定、つまり、圧力上昇率が一定となるようにＦＣ入口バルブ２５の弁開度をフィードバック制御することにある。

まず、図８のステップＳ２１でＦＣ入口バルブ２５－ＦＣ出口バルブ２６間の閉空間を加圧してよいかの判定、例えば、ＦＣ入口バルブ２５よりも上流側の配管３２が所定圧まで加圧されているかの判定を行い、この判定結果が「ＮＯ」の場合は、当該ステップＳ２１の判定を繰り返し、ＦＣ入口バルブ２５よりも上流側の配管３２が所定圧まで加圧されるまで待つ。

一方、ステップＳ２１の判定結果が「ＹＥＳ」の場合は、ＦＣ入口バルブ２５の下流圧を取得する（ステップＳ２３）。この下流圧は、例えば燃料電池１０内に設置された圧力センサを用いて測定される。続くステップＳ２５において、下流圧が加圧完了圧力（目標圧）以下であるかを判定し、判定結果が「ＮＯ」の場合、つまり、下流圧が既に加圧完了圧力を超えている場合には、以下の処理をスキップして本制御フローは終了する。

一方、ステップＳ２５の判定結果が「ＹＥＳ」の場合、つまり、今回の制御周期で取得した下流圧が未だ加圧完了圧力に達していない場合には、前回の制御周期で取得した下流圧からの圧力上昇ΔＰと、前回の制御周期で下流

圧を取得してから今回の制御周期で下流圧を取得するまでの経過時間、すなわち、本フローの制御周期ΔＴとから、圧力上昇率ΔＰ／ΔＴを計算する（ステップＳ２７）。

この圧力上昇率ΔＰ／ΔＴが所定の適合値と等しい場合（ステップＳ２９：ＹＥＳ）は、ＦＣ入口バルブ２５の弁開度をそのまま維持したうえで（ステップＳ３１）、これに対応する開度指令をＦＣ入口バルブ２５に発して（ステップＳ３３）、ステップＳ２３に戻る。

ステップＳ２９の判定結果が「ＮＯ」の場合には、圧力上昇率ΔＰ／ΔＴが上記所定の適合値よりも大きいかを判定し（ステップＳ４１）、この判定結果が「ＹＥＳ」の場合は、ＦＣ入口バルブ２５の弁開度を所定量減少させたうえで（ステップＳ４３）、これに対応する開度指令をＦＣ入口バルブ２５に発して（ステップＳ３３）、ステップＳ２３に戻る。

ステップＳ４１の判定結果が「ＮＯ」の場合、つまり、圧力上昇率ΔＰ／ΔＴが上記所定の適合値よりも小さい場合は、ＦＣ入口バルブ２５の弁開度を所定量増加させたうえで（ステップＳ４５）、これに対応する開度指令をＦＣ入口バルブ２５に発して（ステップＳ３３）、ステップＳ２３に戻る。

本実施形態では、ＦＣ入口バルブ２５の下流圧が加圧完了圧力を超えるまでの間は、ステップＳ２７以降の処理、つまり、当該下流圧の上昇率に応じて弁開度を設定する処理が繰り返し行われるので、ＦＣ入口バルブ２５の弁開度設定に該ＦＣ入口バルブ２５の下流圧をフィードバックさせることが可能となる。

このようにしてＦＣ入口バルブ２５がバルブ駆動される結果、本実施形態においては、ＦＣ入口バルブ２５の下流圧と加圧完了圧力との差圧が漸減するように徐々に加圧される際に、当該下流圧の圧力上昇率ΔＰ／ΔＴが所定の適合値に一致する方向に弁開度が補正されるので、加圧時における共鳴の発生や機械部品のストレス発生をより効果的に抑制することができる。

なお、本実施形態においては、圧力上昇ΔＰ，制御周期ΔＴ，及びＦＣ入口バルブ２５－ＦＣ出口バルブ２６間の全ガス通路容積からガス供給速度を計算することができるので、上記圧力上昇率ΔＰ／ΔＴを用いてＦＣ入口バルブ２５の弁開度を制御する代わりに、このガス供給速度が一定（適合値）となるようにＦＣ入口バルブ２５の弁開度を制御するようにしてもよい。

また、ステップＳ４３におけるＦＣ入口バルブ２５の開度減少処理（開度面積減少処理）、及び／又はステップＳ４５におけるＦＣ入口バルブ２５の開度増加処理（開度面積増加処理）においては、例えばＰＩＤ制御等によって開度ゲインを決定することが可能である。

＜第４実施形態＞

次に、図９を参照しながら、制御装置５０による燃料電池起動時におけるＦＣ入口バルブ２５のさらに他の実施形態に係る制御フローについて、上記第２実施形態及び第３実施形態と同様に、該ＦＣ入口バルブ２５に開度可変式電磁弁が用いられているものとして説明する。なお、図９における弁装置は、本実施形態ではＦＣ入口バルブ２５である。

本実施形態と上記第３実施形態との主たる相違点は、上記第３実施形態では、単位時間当たりの圧力上昇量が一定、つまり、圧力上昇率が一定となるようにＦＣ入口バルブ２５の弁開度をフィードバック制御していたのに対し、本実施形態では、単位時間当たりのガス供給量が一定、つまり、流速が一定となるようにＦＣ入口バルブ２５の弁開度をフィードバック制御することにある。

まず、図９のステップＳ５１でＦＣ入口バルブ２５－ＦＣ出口バルブ２６間の閉空間を加圧してよいかの判定、例えば、ＦＣ入口バルブ２５よりも上流側の配管３２が所定圧まで加圧されているかの判定を行い、この判定結果が「ＮＯ」の場合は、当該ステップＳ５１の判定を繰り返し、ＦＣ入口バルブ２５よりも上流側の配管３２が所定圧まで加圧されるまで待つ。

一方、ステップＳ５１の判定結果が「ＹＥＳ」の場合は、ＦＣ入口バルブ２５の上流圧および下流圧を取得する（ステップＳ５３）。ＦＣ入口バルブ２５の上流圧は、例えば配管３２のＦＣ入口バルブ２５－開閉バルブ２４間に配設された圧力センサを用いて測定される。また、ＦＣ入口バルブ２５の下流圧は、例えば燃料電池１０内に設置された圧力センサを用いて測定される。

続くステップＳ５５において、下流圧が加圧完了圧力（目標圧）以下であるかを判定し、判定結果が「ＮＯ」の場合、つまり、下流圧が既に加圧完了圧力を超えている場合には、以下の処理をスキップして本制御フローは終了する。

一方、ステップＳ５５の判定結果が「ＹＥＳ」の場合、つまり、下流圧が未だ加圧完了圧力に達していない場合には、ステップＳ５３で取得した上流圧と下流圧との差圧と、ＦＣ入口バルブ２５の流量圧力損失特性との関係を規定したマップを参照して、ＦＣ入口バルブ２５を通過する単位時間当たりのガス供給量、すなわち、流速を推定する（ステップＳ５７）。

この流速が所定の適合値と等しい場合（ステップＳ５９：ＹＥＳ）は、ＦＣ入口バルブ２５の弁開度をそのまま維持したうえで（ステップＳ６１）、これに対応する開度指令をＦＣ入口バルブ２５に発して（ステップＳ６３）、ステップＳ５３に戻る。

ステップＳ５９の判定結果が「ＮＯ」の場合には、上記流速が上記所定の適合値よりも大きいかを判定し（ステップＳ７１）、この判定結果が「ＹＥＳ」の場合は、ＦＣ入口バルブ２５の弁開度を所定量減少させたうえで（ステップＳ７３）、これに対応する開度指令をＦＣ入口バルブ２５に発して（ステップＳ６３）、ステップＳ５３に戻る。

ステップＳ７１の判定結果が「ＮＯ」の場合、つまり、上記流速が上記所定の適合値よりも小さい場合は、ＦＣ入口バルブ２５の弁開度を所定量増加させたうえで（ステップＳ７５）、これに対応する開度指令をＦＣ入口バルブ

２５に発して（ステップＳ６３）、ステップＳ５３に戻る。

本実施形態では、ＦＣ入口バルブ２５の下流圧が加圧完了圧力を超えるまでの間は、ステップＳ５７以降の処理、つまり、ＦＣ入口バルブ２５の上下流間の差圧と、当該ＦＣ入口バルブ２５の流量圧力損失特性とから求めた流速に応じて弁開度を設定する処理が繰り返し行われるので、ＦＣ入口バルブ２５の弁開度設定に該ＦＣ入口バルブ２５の下流圧をフィードバックさせることが可能となる。

このようにしてＦＣ入口バルブ２５がバルブ駆動される結果、本実施形態においては、ＦＣ入口バルブ２５の下流圧と加圧完了圧力との差圧が漸減するように徐々に加圧される際に、ＦＣ入口バルブ２５の下流圧と相関のある流速が所定の適合値に一致する方向に弁開度が補正されるので、加圧時における共鳴の発生や機械部品のストレス発生をより効果的に抑制することができる。

＜第５実施形態＞

図１０は、本発明に係る燃料電池システムの第５実施形態を示す概略構成図である。以下、図１に示した上記第１実施形態～第４実施形態と同一の構成要素については同一の符号を付すと共にその説明を省略するものとし、上記第１実施形態に対する構成および効果の相違点を中心に説明する。

本実施形態と上記各実施形態との主たる相違点は、まず第１に、上記第１実施形態では、水素タンク２０と燃料電池１０とを連通する配管３２に、互いに並列する通路は何ら存在しないのに対し、本実施形態では、配管３２の一部が互いに並列な通路３２ａ，３２ｂとなっていることにある。これら通路３２ａ，３２ｂは同径とされている。

次に、上記各実施形態では、配管３２にシャットバルブ２１，レギュレータバルブ２３，開閉バルブ２４，及びＦＣ入口バルブ２５が上流側からこの順に配設されているのに対し、本実施形態では、通路３２ａ，３２ｂを含む

配管３２に、シャットバルブ２１，切替弁６１，通路３２ａ上の絞り装置６２，レギュレータバルブ２３，及びＦＣ入口バルブ２５が上流側からこの順に配設されていることにある。

そして、上記各実施形態では、ＦＣ入口バルブ２５の下流圧が加圧完了圧力以下であるときに、燃料電池入口バルブ２５の弁開度を制御することにより急加圧を抑制していたのに対し、本実施形態では、燃料電池入口バルブ２５の弁開度を制御する代わりに、通路３２ａ，３２ｂのいずれか一方を選択的に使用することによって、急加圧を抑制することにある。

本実施形態の切替弁６１は、水素タンク２０からの水素ガスを絞り装置６２が配設された通路３２ａ側を通して燃料電池１０に供給するか、絞り装置６２をバイパスする通路３２ｂ側を通して燃料電池１０に供給するか、のいずれか一方を選択可能にする流路切替部であり、制御装置５０によって切替方向が制御される。

絞り装置６２は、一方の通路３２ａにおける流体の圧力損失を他方の通路３２ｂにおける圧力損失よりも相対的に大きくすることを可能にする圧損発生部であり、通路３２ａのガス流路断面を局部的に狭くするように構成されている。本実施形態の絞り装置６２は、例えば上下流間の絞り量が所定の固定値に設定される絞り装置である。

かかる構成によれば、例えば燃料電池１０の起動時等のような初期加圧時に、ＦＣ入口バルブ２５の下流圧と加圧完了圧力（目標圧）との差圧、あるいは、ＦＣ入口バルブ２５の上下流間の差圧が所定値以上の場合には、水素タンク２０からの水素ガスが圧力損失の大きな通路３２ａ側を通って燃料電池１０に供給されるように切替弁６１を切り替えることにより、加圧速度を抑制して上記差圧を漸減させることが可能となる。

一方、通常運転時等のように、上記差圧が所定値未満の場合には、水素タンク２０からの水素ガスが圧力損失の小さな通路３２ｂ側を通って燃料電池

１０に供給されるように切替弁６１を切り替えることにより、絞り装置６２をバイパスさせて、該絞り装置６２が存在することによる圧力損失を回避することが可能となる。

以上のとおり、本実施形態の燃料電池システム１１によれば、上記第１実施形態～第４実施形態のように、ＦＣ入口バルブ２５の弁開度を連続的または断続的に変化させる煩雑な制御を行わずに、切替弁６１による単純な流路切替のみによって、急加圧時における共鳴の発生や機械部品のストレス発生を抑制することができる。

なお、互いに並列な一方の通路３２ａを他方の通路３２ｂよりも圧力損失の大きな通路とするには、上記のように通路３２ａに絞り装置６２を配設する他にも、例えば、通路３２ａを他方の通路３２ｂよりも小径化する、通路３２ａの途中に屈曲部や蛇行部を設ける、あるいは通路３２ａの途中にフィルタ等のような流体抵抗を増加させる要素を設ける等によっても実現することが可能である。

加えて、切替弁６１は、通路３２ａ，３２ｂの一方だけでなく両方を同時に遮断あるいは連通させることのできるものでもよい。

＜第６実施形態＞

また、図１１に示すように、図１０における切替弁６１、通路３２ａ，３２ｂ、絞り装置６２に代えて、配管３２のシャットバルブ２１－レギュレータバルブ２３間に、制御装置５０によって上下流間の絞りを可変制御することが可能な可変絞り装置７１を配設してもよい。

かかる構成の燃料電池システム１２によっても、例えば燃料電池１０の起動時等のような初期加圧時に、上記差圧が所定値以上の場合には、可変絞り装置７１を絞り側に制御することによって、水素タンク２０からの水素ガスに圧力損失を生じさせて加圧速度を抑制することができるので、上記差圧を漸減させることが可能となる。

一方、通常運転時等のように、上記差圧が所定値未満の場合には、可変絞り装置７１を開放側に制御することによって、水素タンク２０からの水素ガスに極力圧力損失を生じさせないようにすることができるので、可変絞り装置７１が存在することによる圧力損失を回避することが可能となる。

＜第７実施形態＞

本実施形態と上記第１実施形態～第４実施形態との主たる相違点は、これら各実施形態では、ＦＣ入口バルブ２５の下流圧が加圧完了圧力以下であるときに、燃料電池入口バルブ２５の開度を制御して急加圧を抑制していたのに対し、本実施形態では、燃料電池入口バルブ２５の開度を制御する代わりに、水素タンク２０の元弁であるシャットバルブ２１の開度を制御することによって、急加圧を抑制することにある。

かかる構成によれば、燃料電池１０への水素ガス供給を許可・禁止する弁装置のうち、シャットバルブ２１を除く開閉バルブ２４及びＦＣ入口バルブ２５や、燃料電池１０への水素ガス供給圧を調圧（減圧）するレギュレータバルブ２３が燃料ガス供給通路である配管３２上に設置されてない燃料電池システムにおいても、シャットバルブ２１を制御することにより、急加圧を抑制することが可能となる。

＜第８実施形態＞

上記第１実施形態～第７実施形態に係る燃料電池システムにおいては、配管３２，３６上に設置された各弁装置（シャットバルブ２１，開閉バルブ２４，ＦＣ入口バルブ２５，調圧バルブ４４等）の開度や、配管３６に設置されたコンプレッサ４１の作動量を協調制御してもよい。

かかる構成によれば、高圧ガスが流れる配管３２上に設置されたシャットバルブ２１，開閉バルブ２４，及びＦＣ入口バルブ２５の少なくとも１つを主として燃料電池１０への水素ガス供給圧（ガス圧）を制御し、それに対応して、配管３６上に設置された調圧バルブ４４の弁開度と、配管３５上に設

置されたコンプレッサ４１の作動量（送気量）の少なくとも一方を制御することによる燃料電池１０へのエア供給圧（ガス圧）の調圧が可能になる。これにより、配管３２から燃料電池１０への水素ガス供給圧と、配管３５から燃料電池１０へのエア供給圧との差圧を適正範囲内に制御することが可能となる。

特に上記各実施形態のように、燃料電池１０が電解質膜をその両側からアノード電極とカソード電極とで狭持してなる燃料電池システムにおいては、極間差圧（水素ガス供給圧とエア供給圧との差圧）の過剰な増大を抑制し得て、電解質膜を破損等から保護することが可能となる。

次に、本実施形態に係る協調制御の具体的内容について説明する。

（１）例えば燃料電池１０内、あるいは燃料電池１０－調圧バルブ４４間に配設された圧力センサを用いてカソード圧力を観測し、該カソード圧力を目標値としてアノード側の加圧を実施する。より具体的には、カソード側の圧力上昇に伴ってアノード側の加圧を実施する。これとは逆に、該アノード圧力を目標値としてカソード側の調圧を実施してもよい。

（２）アノード側およびカソード側の加圧時に、極間差圧を燃料電池１０内に配設された圧力センサで観測し、該差圧が許容圧（設計耐圧）以下になるように、アノード及びカソードのうち高圧側の加圧あるいは調圧を加圧あるいは調圧が遅くなる方向に制御してもよい。例えば、コンプレッサ４１の送気量を減量する、調圧バルブ４４の閉じ速度を減速する、又はアノード側の弁装置（例えば、ＦＣ入口バルブ２５）の開き速度を減速する等により、高圧側の加圧あるいは調圧を遅くすることが可能である。

（３）上記（２）とは逆に、アノード及びカソードのうち低圧側の加圧あるいは調圧を加圧あるいは調圧が速くなる方向に制御してもよい。例えば、コンプレッサ４１の送気量を増量する、調圧バルブ４４の閉じ速度を増速する、又はアノード側の弁装置（例えば、ＦＣ入口バルブ２５）の開き速度を

増速する等により、低圧側の加圧あるいは調圧を速くすることが可能である。

（４）アノード側およびカソード側の加圧時に、極間差圧を燃料電池１０内に配設された圧力センサで観測し、該差圧が許容圧（設計耐圧）以下になるように、高圧側を減圧してもよい。例えば、調圧バルブ４４を開側に制御する、コンプレッサ４１の送気量を減量する、排出バルブ２７を開放してアノード側の圧力を低下させる等により、高圧側を減圧することが可能である。

（５）上記（４）とは逆に、極間差圧が許容圧（設計耐圧）以下になるように、低圧側を加圧してもよい。例えば、調圧バルブ４４を閉側に制御する、コンプレッサ４１の送気量を増量する、アノード側の弁装置（例えば、ＦＣ入口バルブ２５）の開き速度を増速する等により、低圧側を加圧することが可能である。

なお、上記（１）～（５）は、弁装置が開度指令な可能な開度可変式の電磁弁を想定した制御であるが、弁装置が開閉式の電磁弁である場合には、デューティ制御を実施することによって、上記（１）～（５）と略同様の制御を実施することが可能である。

＜他の実施形態＞

以上、本発明の実施の形態を図面により詳述してきたが、具体的な構成はこの実施の形態に限られるものでなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲の設計変更等があっても本発明の範囲に含まれるものである。

例えば、上記各実施の形態では、配管３２上にシャットバルブ２１，レギュレータバルブ２３，開閉バルブ２４，ＦＣ入口バルブ２５等が設置されているが、配管３２のいずれかの箇所に開閉式の弁装置が設置されていれば（例えば、水素タンク２０のシャットバルブ２１）、他のバルブ（例えば、レギュレータバルブ２３，開閉バルブ２４，ＦＣ入口バルブ２５）は設置されていなくてもよい。

また、開度面積を制御される弁装置は、水素供給系の通路（配管３２）に

設置されたバルブ２１，２３～２５に限らず、燃料電池１０から排出されたアノードオフガスを水素供給系に戻す水素循環系の通路（配管３３のうち配管３２に接続された一方）に設置されたバルブ２６，２８や、アノードオフガスを外部に排出する水素排出系の通路（配管３４）に設置された排出バルブ２７の他、燃料電池１０からのカソードオフガスを排出する空気排出系の通路（配管３６）に設置された調圧バルブ４４であってもよい。

さらに、レギュレータバルブ２３に代えて、インジェクタを配管３２上に設置した形態としてもよい。

産業上の利用可能性

本発明によれば、例えばシステム起動時や間欠運転からの再起動時等のように、ガス通路が高圧あるいは加圧された反応ガスや反応オフガスの供給を受けて急激に加圧される虞のある場合であっても、弁装置の上流と下流の差圧の大きさに応じて該弁装置の開度を連続的または断続的に開度面積が増加するように制御するので、異音の発生や機械部品のストレス発生を抑制することができる。

よって、本発明は、そのような要求のある燃料電池システムに広く利用することができる。

請求の範囲

１．　反応ガスの供給を受けて発電し反応オフガスを排出する燃料電池と、前記反応ガスまたは前記反応オフガスが流通するガス通路と、該ガス通路上に設置された弁装置と、該弁装置の開度を制御する制御装置と、を備えた燃料電池システムにおいて、

前記制御装置は、前記ガス通路内のガス圧が増加する際は、前記弁装置の上流と下流の差圧の大きさに応じて該弁装置の開度を連続的または断続的に開度面積が増加するように制御する。

２．　反応ガスの供給を受けて発電し反応オフガスを排出する燃料電池と、前記反応ガスまたは前記反応オフガスが流通するガス通路と、該ガス通路上に設置された弁装置と、該弁装置の開度を制御する制御装置と、を備えた燃料電池システムにおいて、

前記制御装置は、前記弁装置の上下流間の差圧が所定値以上であるときは、該差圧の大きさに応じて該弁装置の開度を連続的または断続的に開度面積が増加するように制御する。

３．　請求項１に記載の燃料電池システムにおいて、

前記制御装置は、前記弁装置の下流圧が目標圧以下であるときは、これら下流圧と目標圧との差圧の大きさに応じて該弁装置の開度を制御する。

４．　請求項１又は２に記載の燃料電池システムにおいて、

前記差圧が大きいほど、前記弁装置の時間当たりの開度面積変化量が小さくなる。

５．　請求項１又は２に記載の燃料電池システムにおいて、

前記弁装置よりも下流の閉空間体積が大きいほど、当該弁装置の時間当たりの開度面積変化量が小さくなる。

６．　請求項１又は２に記載の燃料電池システムにおいて、

前記弁装置は、開閉式電磁弁または開度可変式電磁弁の少なくとも一方である。

７．　請求項６に記載の燃料電池システムにおいて、

前記弁装置が開閉式電磁弁の場合に、デューティ制御により当該弁装置の開度面積が変化する。

８．　請求項１又は２に記載の燃料電池システムにおいて、

前記弁装置は、前記ガス通路上に設けられた調圧弁の下流に設けられた電磁弁である。

９．　請求項１又は２に記載の燃料電池システムにおいて、

前記弁装置の下流圧に基づいて、当該弁装置の時間当たりの開度面積変化量が設定される。

１０．　請求項１又は２に記載の燃料電池システムにおいて、

前記弁装置は、前記ガス通路に接続された高圧ガスタンクの元弁である。

１１．　請求項１又は２に記載の燃料電池システムにおいて、

前記ガス通路上に直列に複数の前記弁装置を備え、上流側弁装置の開閉状態に対応して、下流側弁装置の開度面積が制御される。

１２．　請求項１又は２に記載の燃料電池システムにおいて、

前記燃料電池のアノード側に供給されるガス圧とカソード側に供給されるガス圧とが協調制御される。

１３．　請求項１又は２に記載の燃料電池システムにおいて、

前記ガス通路の一部が互いに並列な通路であって、その一方は他方の通路に比べて圧力損失の大きな通路とされ、前記差圧が所定値以上のときは、前記弁装置の開度面積を連続的または断続的に増加させることに代えて、前記圧力損失の大きな通路が使用される。

１４．　請求項１又は２に記載の燃料電池システムにおいて、

前記燃料電池が電解質膜をその両側からアノード電極とカソード電極とで

狭持されてなる。

１５．　請求項１又は２に記載の燃料電池システムにおいて、

前記制御装置は、前記燃料電池の起動時に、前記弁装置の開度を連続的または断続的に開度面積が増加するように制御する。

図1

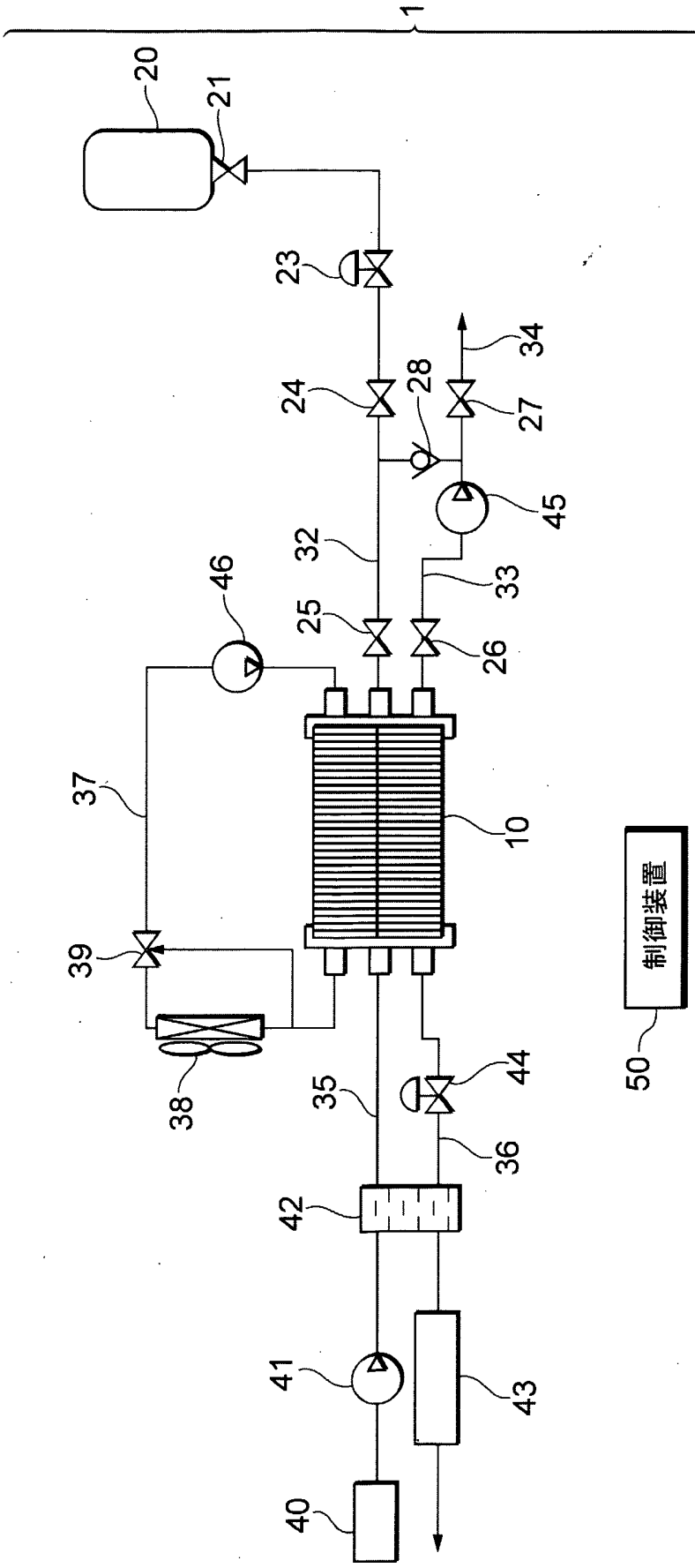

1
20
21
23
24
28
27
34
45
32
33
46
25
26
37
10
39
38
35
44
36
42
41
43
40
50
制御装置

図2

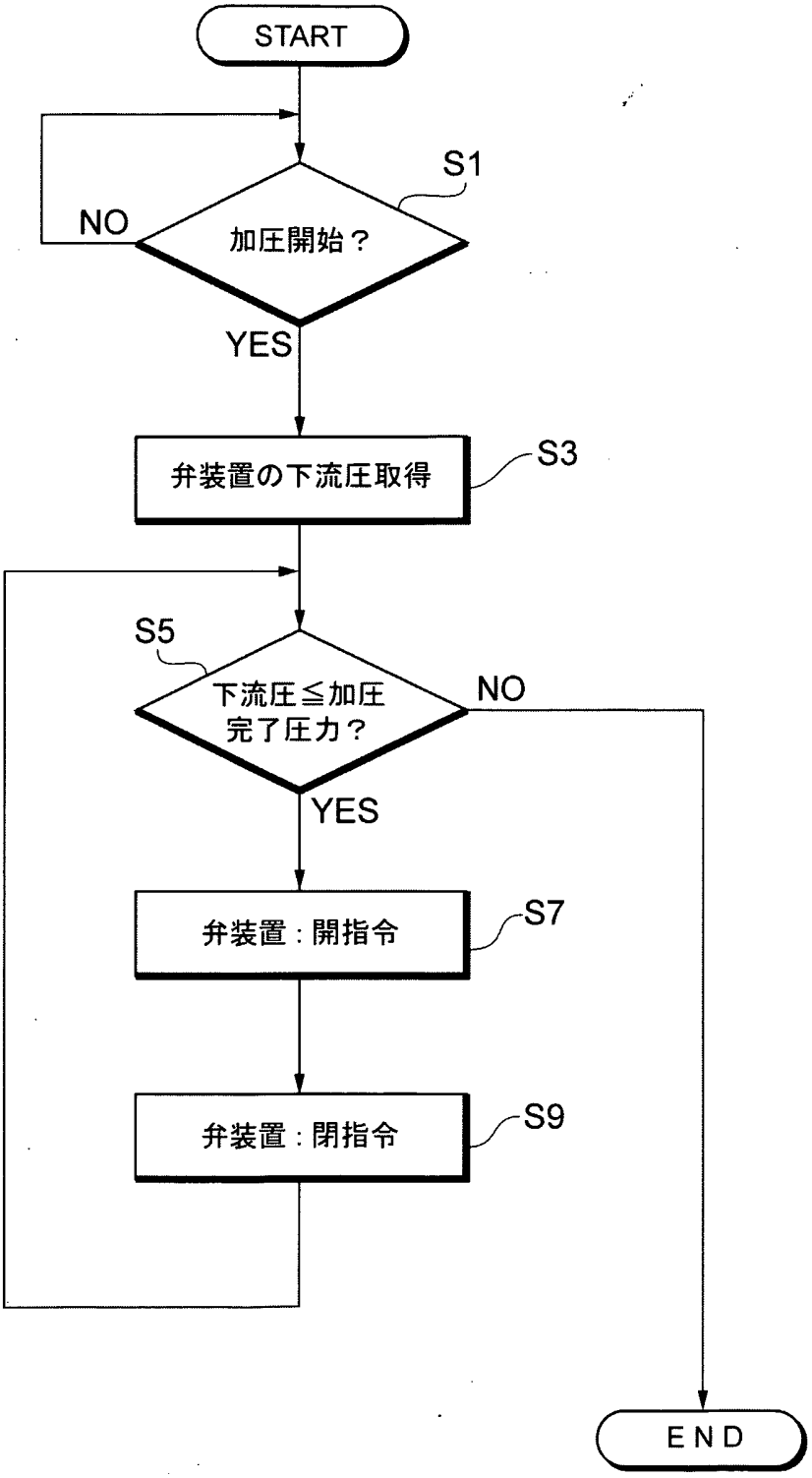

START
S1
NO
加圧開始？
YES
弁装置の下流圧取得
S3
S5
下流圧≦加圧
完了圧力？
NO
YES
弁装置：開指令
S7
弁装置：閉指令
S9
END

図3

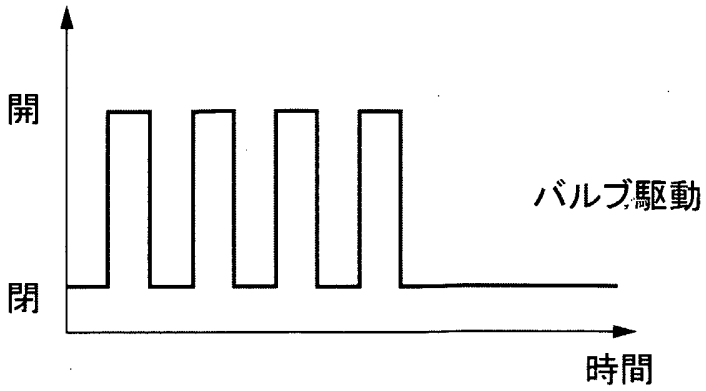


図4

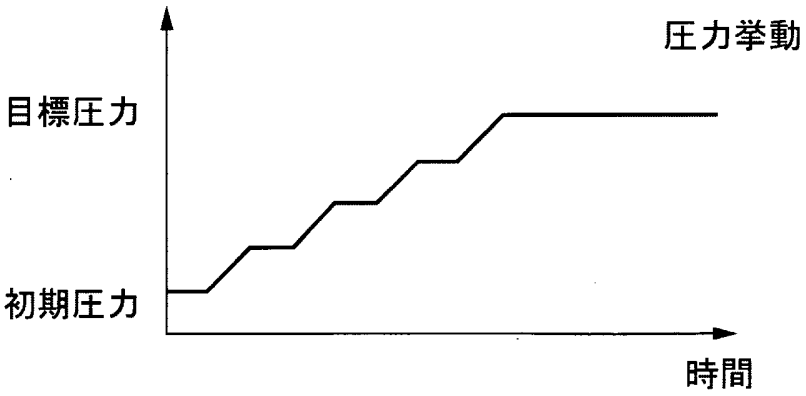


図5

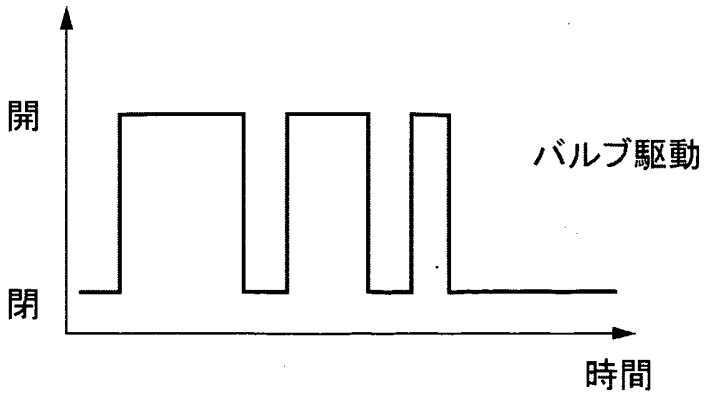


図6

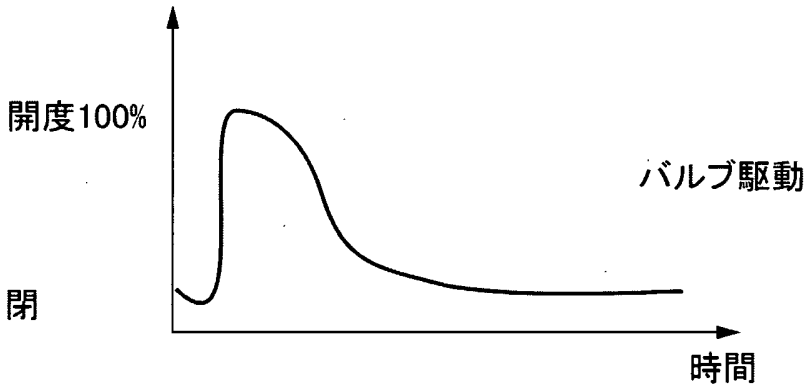


図7

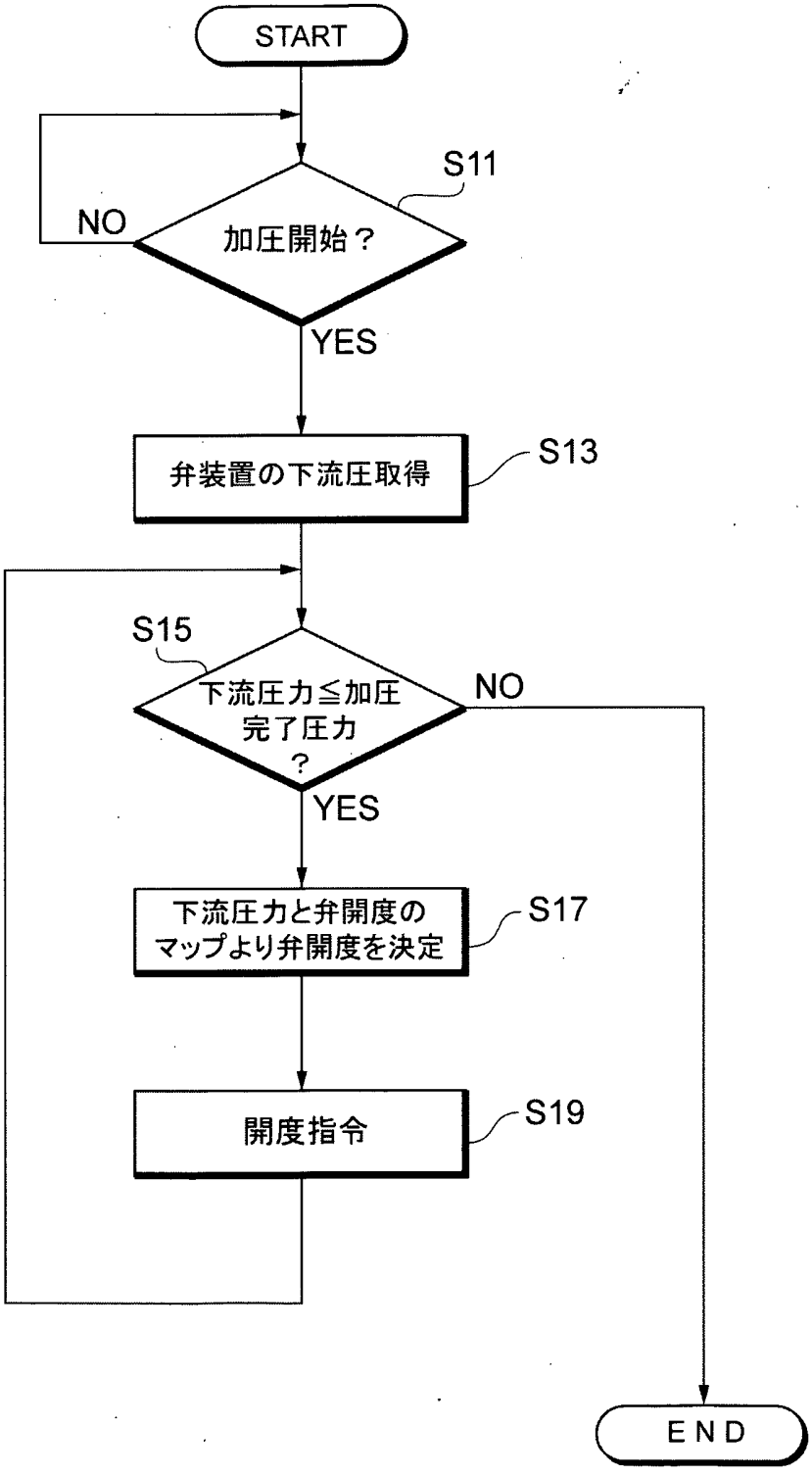

START
S11
NO
加圧開始？
YES
弁装置の下流圧取得
S13
S15
下流圧力≦加圧
完了圧力
？
NO
YES
下流圧力と弁開度の
マップより弁開度を決定
S17
開度指令
S19
END

図8

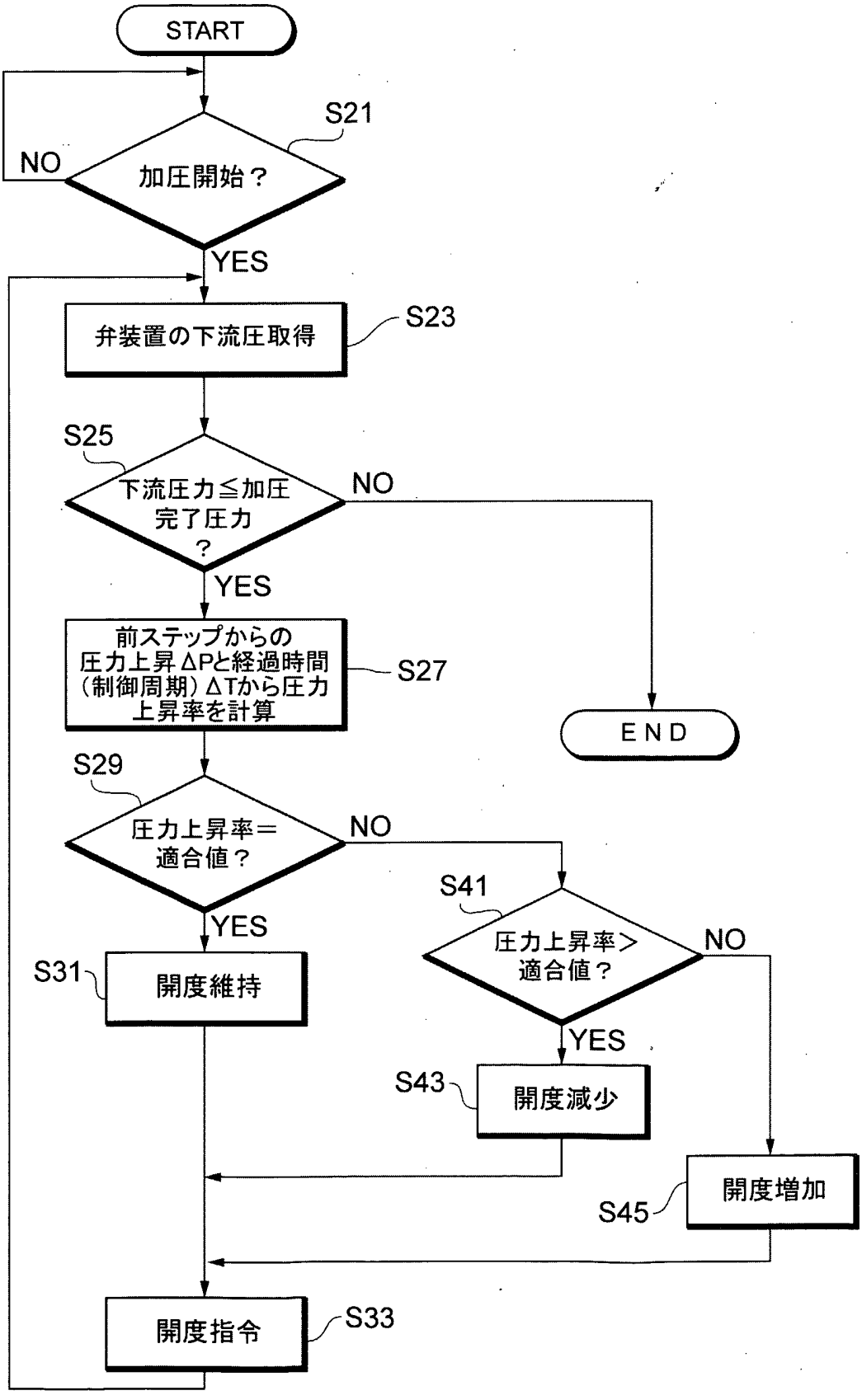

START
S21
NO
加圧開始？
YES
弁装置の下流圧取得
S23
S25
下流圧力≦加圧完了圧力？
NO
YES
前ステップからの圧力上昇ΔPと経過時間（制御周期）ΔTから圧力上昇率を計算
S27
END
S29
圧力上昇率＝適合値？
NO
YES
S41
圧力上昇率＞適合値？
NO
YES
S31
開度維持
S43
開度減少
S45
開度増加
開度指令
S33

図9

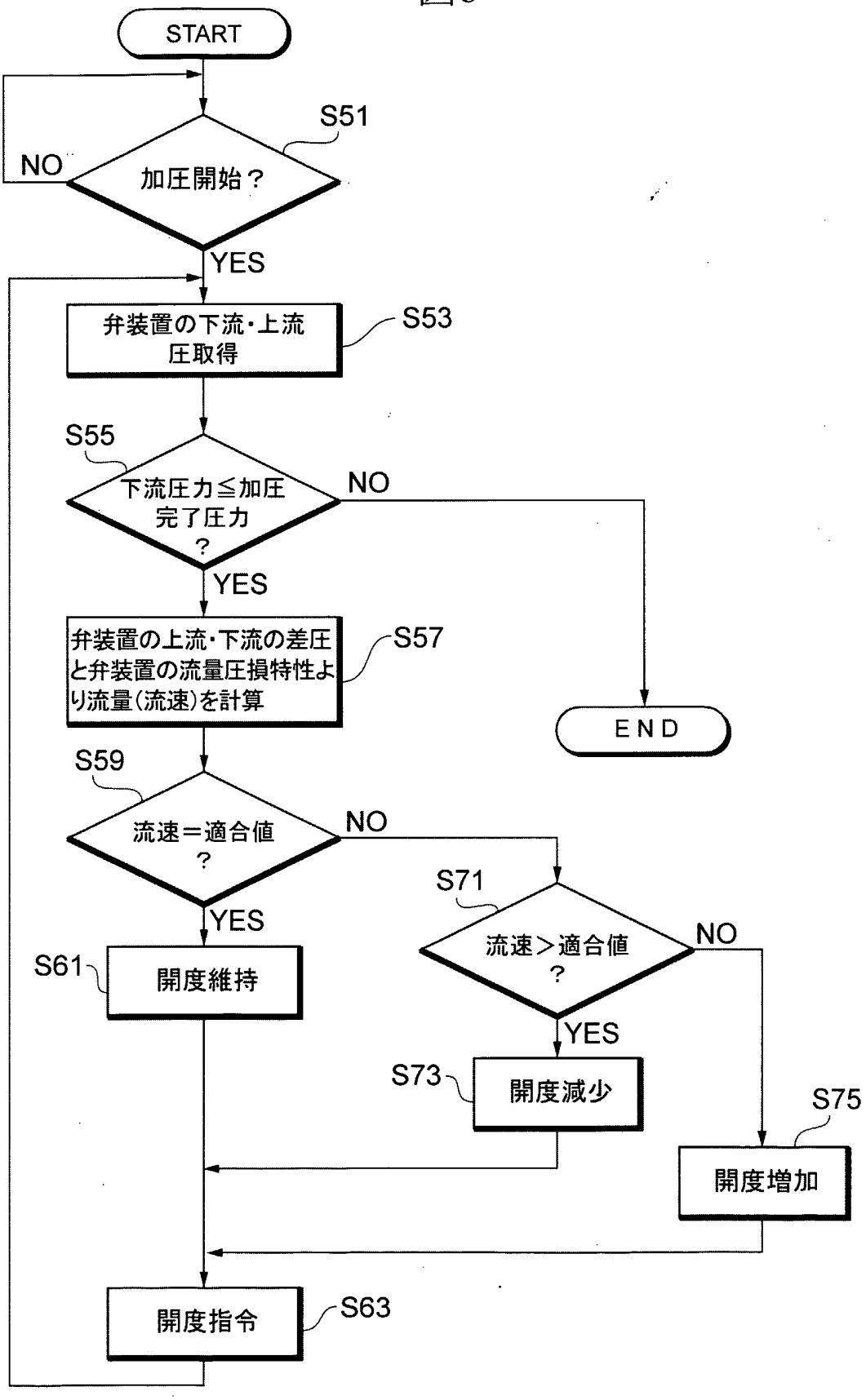

START
S51
NO
加圧開始？
YES
弁装置の下流・上流圧取得
S53
S55
下流圧力≦加圧完了圧力？
NO
YES
弁装置の上流・下流の差圧と弁装置の流量圧損特性より流量(流速)を計算
S57
END
S59
流速＝適合値？
NO
YES
S71
流速＞適合値？
NO
YES
S61
開度維持
S73
開度減少
S75
開度増加
開度指令
S63

図10

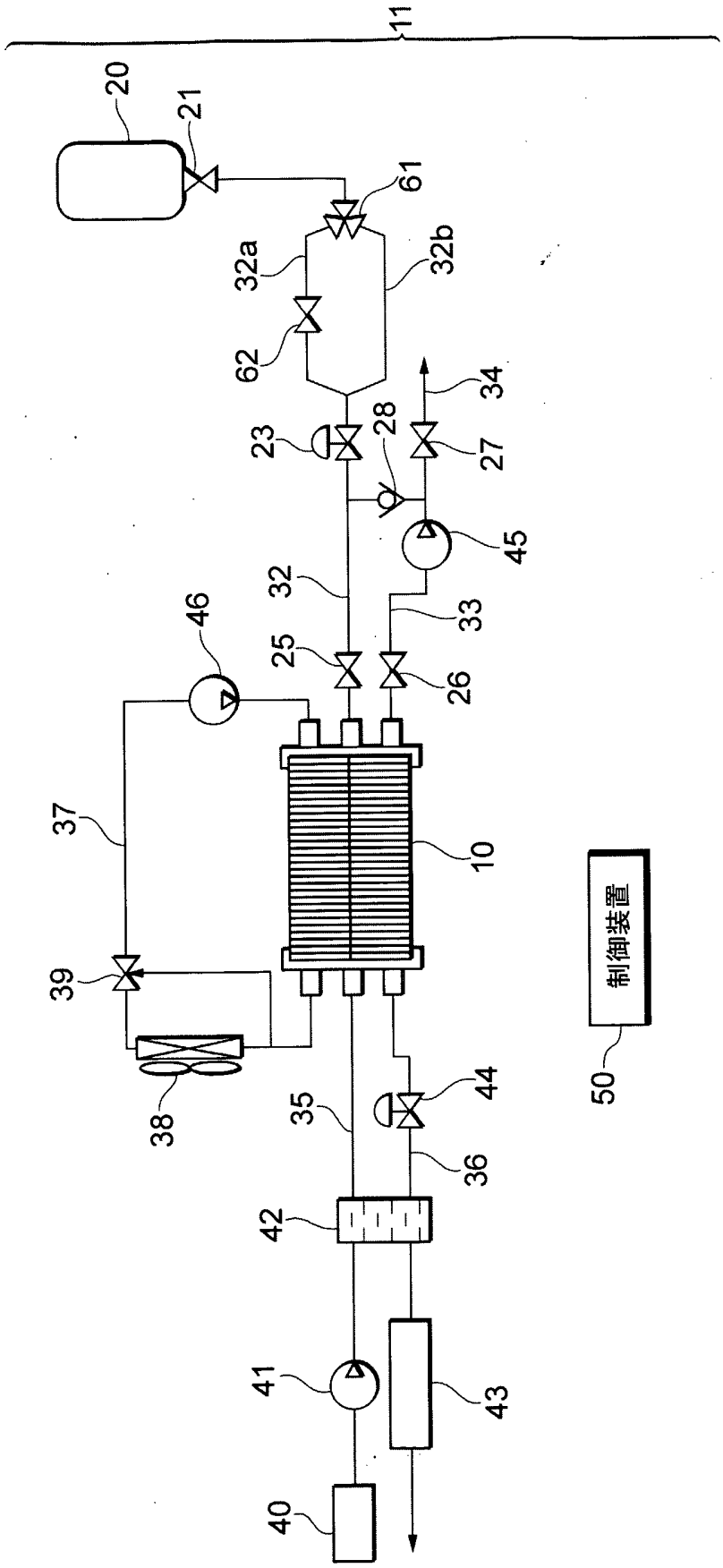
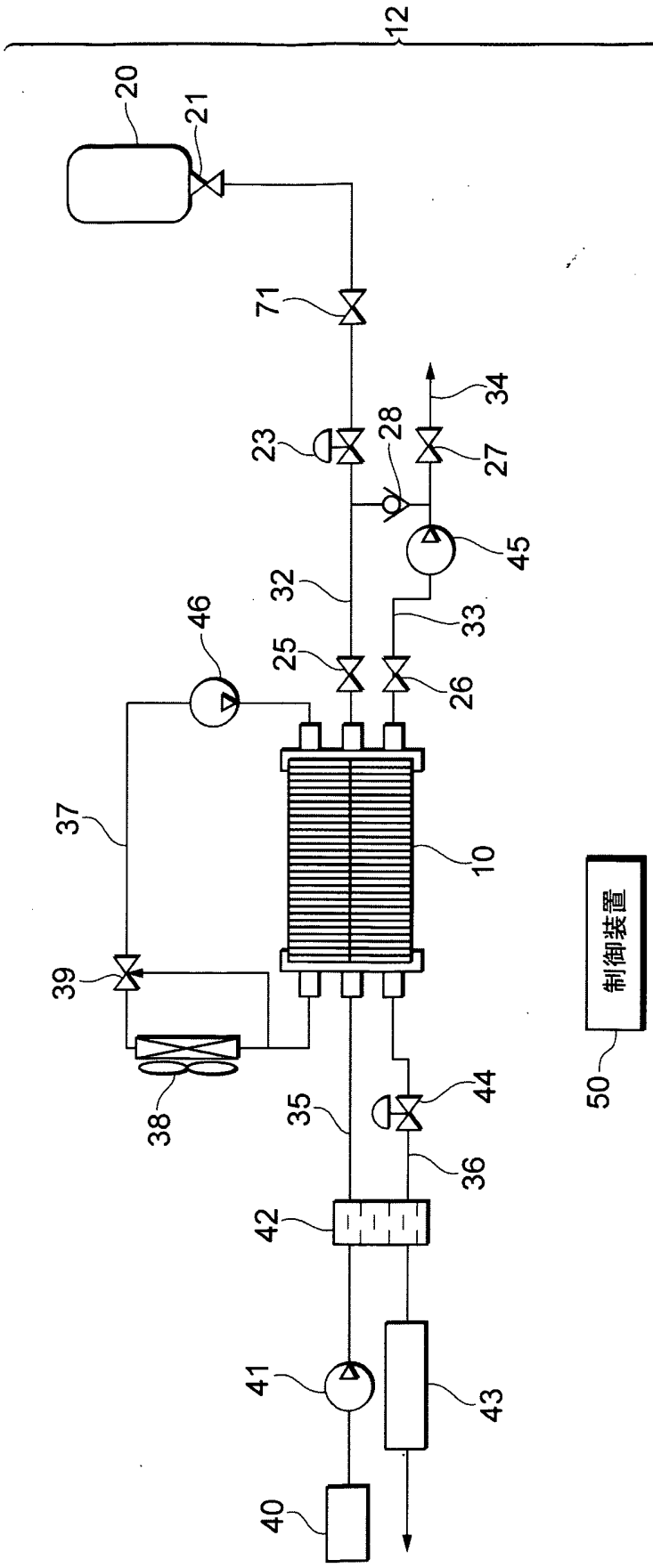

11
20
21
61
32a
32b
62
34
23
28
27
45
32
33
46
25
26
37
10
制御装置
39
38
35
44
50
36
42
41
43
40

図11


12
20
21
71
34
23
28
27
45
32
33
46
25
26
37
10
制御装置
39
38
35
44
50
36
42
41
43
40

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2006/310825

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H01M8/04(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

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 2001-297785 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 26 October, 2001 (26.10.01), Claims; Par. Nos. [0095] to [0117] (Family: none)	1-15
A	JP 2002-222658 A (Honda Motor Co., Ltd.), 09 August, 2002 (09.08.02), Full text & US 2002/0098396 A1	1-15
A	JP 2004-253212 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 09 September, 2004 (09.09.04), Full text & US 2005/0255352 A1 & EP 1525637 A	1-15

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

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
24 July, 2006 (24.07.06)	01 August, 2006 (01.08.06)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２００６／３１０８２５

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

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

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	JP 2001-297785 A (三菱重工業株式会社) 2001.10.26, 【特許請求の範囲】、段落【0095】－【0117】　(ファミリーなし)	1-15
A	JP 2002-222658 A (本田技研工業株式会社) 2002.08.09, 全文 & US 2002/0098396 A1	1-15
A	JP 2004-253212 A (日産自動車株式会社) 2004.09.09, 全文 & US 2005/0255352 A1 & EP 1525637 A	1-15

☐　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー

「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

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

「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献

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

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

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

「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 ２４．０７．２００６	国際調査報告の発送日 ０１．０８．２００６
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 郵便番号１００－８９１５ 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）　４Ｋ　８８２２ 服部　智 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３４３５