

(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  
2017年9月21日(21.09.2017)



(10) 国際公開番号  
WO 2017/158957 A1

- (51) 国際特許分類:  
H01M 8/04119 (2016.01) H01M 8/04746 (2016.01)  
H01M 8/04 (2016.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/086636
- (22) 国際出願日: 2016年12月8日(08.12.2016)
- (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 2016-051340 2016年3月15日(15.03.2016) JP
- (71) 出願人: 日産自動車株式会社(NISSAN MOTOR CO., LTD.) [JP/JP]; 〒2210023 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者: 筑後 隼人(CHIKUGO, Hayato); 〒2430123 神奈川県厚木市森の里青山1-1 日産自動車株式会社 知的財産部内 Kanagawa (JP). 富田 要介(TOMITA, Yousuke); 〒2430123 神奈川県厚木市森の里青山1-1 日産自動車株式会社 知的

財産部内 Kanagawa (JP). 青木 哲也(AOKI, Tetsuya); 〒2430123 神奈川県厚木市森の里青山1-1 日産自動車株式会社 知的財産部内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人後藤特許事務所(GOTOH & PARTNERS); 〒1000013 東京都千代田区霞が関三丁目3番1号尚友会館 Tokyo (JP).

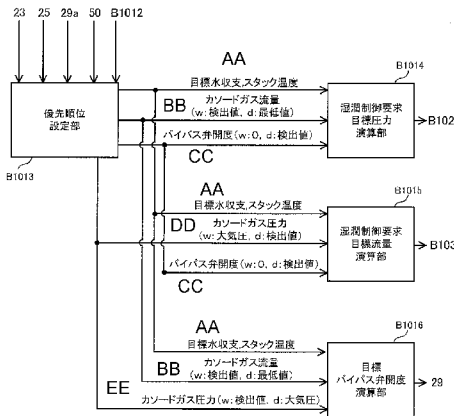
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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, LR, LS, MW,

[続葉有]

(54) Title: WETTING STATE CONTROL METHOD FOR FUEL CELL SYSTEM, AND WETTING STATE CONTROL DEVICE

(54) 発明の名称: 燃料電池システムの湿潤状態制御方法及び湿潤状態制御装置



- B1013 Priority setting unit
- B1014 Unit for calculating target pressure for wetting control request
- B1015 Unit for calculating target flowrate for wetting control request
- B1016 Target bypass valve opening calculation unit
- AA Target water balance, stack temperature
- BB Cathode gas flowrate (w: detected value, d: minimum value)
- CC Bypass valve opening (w: 0, d: detected value)
- DD Cathode gas pressure (w: 0, d: detected value)
- EE Cathode gas pressure (w: detected value, d: maximum pressure)

(57) Abstract: Provided is a wetting state control method for fuel cell system whereby, in a fuel cell system in which some cathode gas undergoes bypassing in being supplied to the fuel cell, wetting control parameters including bypass valve opening, cathode gas pressure and cathode gas flowrate are adjusted to control the wetting state of the fuel cell. When controlling the fuel cell in a wetting direction, priority is given to the adjustment of the bypass valve opening, and at least one of cathode gas flowrate and cathode gas pressure is adjusted.

(57) 要約: カソードガスの一部をバイパスさせつつ燃料電池に供給する燃料電池システムで、バイパス弁開度、カソードガス圧力、及びカソードガス流量を含む湿潤制御パラメータを調節して燃料電池の湿潤状態を制御する燃料電池システムの湿潤状態制御方法であって、燃料電池を湿潤方向に制御する際に、バイパス弁開度の調節に優先して前記カソードガス流量及びカソードガス圧力の少なくとも何れか一方を調節する。

WO 2017/158957 A1

MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユー  
ラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨー  
ロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,  
ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV,  
MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,

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

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

## 明 細 書

発明の名称：

### 燃料電池システムの湿潤状態制御方法及び湿潤状態制御装置

#### 技術分野

[0001] この発明は、燃料電池システムの湿潤状態制御方法及び湿潤状態制御装置に関する。

#### 背景技術

[0002] コンプレッサからカソード系に供給されるカソードガスの一部を、燃料電池をバイパスするようにバイパス通路に流す燃料電池システムが知られている。JP2010-114039Aには、このような燃料電池システムの一例が開示されている。

#### 発明の概要

[0003] JP2010-114039Aの燃料電池システムにおいて、コンプレッサが燃料電池の負荷に応じた目標通りに作動していたとしても、アノードオフガスの希釈やターボサージ回避等の種々の観点から、カソード系の圧力や流量が負荷の要求とは異なって変化することがある。この結果、燃料電池に供給されるカソードガス流量が適切に維持されず、燃料電池の湿潤状態が好適に保たれない恐れがある。

[0004] 本発明は、このような問題点に着目してなされたものであり、より好適に燃料電池の湿潤状態を制御し得る燃料電池システムの湿潤状態制御方法及び湿潤状態制御装置を提供することを目的とする。

[0005] 本発明のある態様によれば、カソードガスの一部をバイパスさせつつ燃料電池に供給する燃料電池システムで、バイパス弁開度、カソードガス圧力、及びカソードガス流量を含む湿潤制御パラメータを調節して燃料電池の湿潤状態を制御する燃料電池システムの湿潤状態制御方法が提供される。特に、この湿潤状態制御方法では、燃料電池を湿潤方向に制御する際に、バイパス弁開度の調節に優先してカソードガス流量及びカソードガス圧力の少なくと

も何れか一方を調節する。

### 図面の簡単な説明

- [0006] [図1]図1は、本発明の実施形態における燃料電池システムの構成を示す図である。
- [図2]図2は、湿潤制御にかかるコントローラの全体的な機能を説明するブロック図である。
- [図3]図3は、膜湿潤F/B制御部による制御の詳細を説明する図である。
- [図4]図4は、目標水収支の演算態様を説明する図である。
- [図5]図5は、ウェット操作時における各湿潤制御パラメータの優先順位を設定するロジック説明する図である。
- [図6]図6は、膜湿潤制御マップを示す図である。
- [図7]図7は、バイパス開度とバイパス流量比率の関係を示すマップである。
- [図8]図8は、目標圧力演算部の機能を説明する図である。
- [図9]図9は、目標圧力の演算態様を説明するブロック図である。
- [図10]図10は、目標流量演算部の機能を説明する図である。
- [図11]図11は、目標流量の演算態様を説明するブロック図である。
- [図12]図12は、空気流量・圧力F/B制御部の機能を説明する図である。
- [図13]図13は、アノード系の制御を説明するブロック図である。
- [図14]図14は、目標HRB回転数マップの一例を示す。
- [図15]図15は、燃料電池システムの湿潤制御を説明するフローチャートである。
- [図16]図16は、ウェット操作の流れを説明するフローチャートである。
- [図17]図17は、ウェット操作時における各湿潤制御パラメータの優先順位と、これら湿潤制御パラメータの増減傾向の関係を示した表である。
- [図18]図18は、ある要求負荷におけるウェット操作時の燃料電池システムの状態の変化の一例を説明する図である。
- [図19]図19は、ドライ操作の流れを説明するフローチャートである。
- [図20]図20は、ドライ操作時における各湿潤制御パラメータの優先順位と

、これら湿潤制御パラメータの増減傾向の関係を示した表である。

[図21]図 2 1 は、燃料電池システムの湿潤制御における経時的な流れを説明するタイムチャートである。

### 発明を実施するための形態

- [0007] 以下、添付図面を参照しながら本発明の実施形態について説明する。
- [0008] 図 1 は、本発明の実施形態における燃料電池システム 100 の構成の一例を示す構成図である。
- [0009] 図に示す燃料電池システム 100 は、燃料電池としての燃料電池スタック 1 に対して外部から発電に必要となるアノードガス（燃料）及びカソードガス（空気）を供給し、電気負荷に応じて燃料電池を発電させる電源システムを構成する。
- [0010] 燃料電池システム 100 は、燃料電池スタック 1 と、カソードガス給排装置 2 と、アノードガス給排装置 3 と、スタック冷却装置 4 と、負荷装置 5 と、インピーダンス計測装置 6 と、コントローラ 200 とを含む。
- [0011] 燃料電池スタック 1 は、上述のとおり、複数の燃料電池が積層された積層電池である。燃料電池スタック 1 は、負荷装置 5 に接続されて負荷装置 5 に電力を供給する。燃料電池スタック 1 は、例えば数百 V（ボルト）の直流の電圧を生じる。また、燃料電池スタック 1 を構成する燃料電池は、主として、電解質膜と、アノード電極と、カソード電極とから構成されている。ここで、電解質膜は、適度な湿潤度（含水量）で良好な電気伝導性を示す。以下では、この各燃料電池における電解質膜の湿潤状態を、「燃料電池スタック 1 の湿潤状態」、「燃料電池の湿潤状態」、又は単に「湿潤状態」と記載する。
- [0012] カソードガス給排装置 2 は、燃料電池スタック 1 にカソードガスを供給するとともに、燃料電池スタック 1 から排出されるカソードオフガスを大気に排出する装置である。
- [0013] カソードガス給排装置 2 は、カソードガス供給通路 21 と、コンプレッサ 22 と、エアフローメータ 23 と、インタークーラー 24 と、カソード圧力

センサ 25 と、カソードガス排出通路 26 と、カソード調圧弁 27、バイパス通路 28 と、バイパス弁 29 と、を含む。

[0014] カソードガス供給通路 21 は、燃料電池スタック 1 にカソードガスを供給するための通路である。カソードガス供給通路 21 の一端は開口しており、他端は、燃料電池スタック 1 のカソードガス入口孔に接続される。

[0015] コンプレッサ 22 は、酸素を含む空気をカソードガス供給通路 21、燃料電池スタック 1、バイパス通路 28、及びカソードガス排出通路 26 からなるカソード系に供給する。コンプレッサ 22 は、カソードガス供給通路 21 の一端の開口端に設けられる。

[0016] また、コンプレッサ 22 は、コンプレッサモータ 22a により駆動され、カソードガス供給通路 21 の開口端から燃料電池システム 100 内に空気を吸入し、カソードガス供給通路 21 を介して燃料電池スタック 1 に供給する。コンプレッサモータ 22a の回転速度、すなわちコンプレッサ 22 の出力（以下では、コンプレッサ出力とも記載する）はコントローラ 200 によって制御される。

[0017] 具体的に、コンプレッサモータ 22a には、その回転速度を検出する回転数センサ 22b が設けられている。回転数センサ 22b は、コンプレッサモータ 22a の回転速度の検出信号をコントローラ 200 に出力する。そして、コントローラ 200 は、回転数センサ 22b からの検出信号に基づき、コンプレッサモータ 22a の回転速度、すなわちコンプレッサ 22 の出力を調節する。なお、コンプレッサ 22 は、例えばターボ式コンプレッサや容積式コンプレッサにより構成することができる。

[0018] エアフローメータ 23 は、コンプレッサ 22 の入り口に設けられる。エアフローメータ 23 は、カソードガス供給通路 21 に供給されるカソードガスの流量を検出するカソードガス流量取得部として機能する。以下では、このカソードガスの流量のことを「コンプレッサ流量」とも記載する。エアフローメータ 23 は、コンプレッサ流量の検出信号をコントローラ 200 に出力する。

- [0019] インタークーラー 24 は、コンプレッサ 22 からカソードガス供給通路 21 に吐出されて燃料電池スタック 1 に送られる空気を冷却する。
- [0020] カソード圧力センサ 25 は、カソードガス供給通路 21 において、インタークーラー 24 と燃料電池スタック 1 との間で且つカソードガス供給通路 21 とバイパス通路 28 との合流部の上流に設けられる。カソード圧力センサ 25 は、カソードガス排出通路 26 におけるカソードガスの圧力を検出する。以下では、カソードガス排出通路 26 におけるカソードガスの圧力のことを「カソードガス圧力」とも記載する。カソード圧力センサ 25 は、カソードガス圧力の検出信号をコントローラ 200 に出力する。
- [0021] カソードガス排出通路 26 は、燃料電池スタック 1 からカソードオフガスを排出するための通路である。カソードガス排出通路 26 の一端は、燃料電池スタック 1 のカソードガス出口孔に接続され、他端は開口している。
- [0022] カソード調圧弁 27 は、カソードガス系の圧力を調整する。カソード調圧弁 27 は、カソードガス排出通路 26 において、カソードガス排出通路 26 とバイパス通路 28 との合流部の下流に設けられる。カソード調圧弁 27 としては、例えば弁の開度を段階的に変更可能な電磁弁が用いられる。カソード調圧弁 27 は、コントローラ 200 によって開閉制御される。この開閉制御によってカソードガス圧力が所望の圧力に調節される。カソード調圧弁 27 の開度が大きくなるほど、カソード調圧弁 27 が開き、カソード調圧弁 27 の開度が小さくなるほど、カソード調圧弁 27 が閉じる。なお、カソード調圧弁 27 は、カソードガス排出通路 26 において、カソードガス排出通路 26 とバイパス通路 28 との合流部の上流に設けても良い。
- [0023] バイパス通路 28 は、コンプレッサ 22 からのカソードガスの一部について、燃料電池スタック 1 をバイパスさせる通路である。本実施形態では、バイパス通路 28 は、カソードガス供給通路 21 におけるカソード圧力センサ 25 の下流部分と、カソードガス排出通路 26 におけるカソード調圧弁 27 の上流部分に亘って接続されている。
- [0024] バイパス弁 29 は、バイパス通路 28 に設けられている。バイパス弁 29

は、燃料電池スタック 1 をバイパスしてカソードガス排出通路 2 6 に供給するカソードガス流量（以下では、「バイパス流量」とも記載する）を調節する弁であり、コントローラ 2 0 0 によって連続的に開度調節可能に構成されている。なお、以下では、コンプレッサ流量からこのバイパス流量を減じて得られる、燃料電池スタック 1 へのカソードガスの供給流量（燃料電池供給流量）を「スタック供給流量」とも記載する。

[0025] また、バイパス弁 2 9 には、その開度を検出する開度センサ 2 9 a が設けられている。開度センサ 2 9 a は、バイパス弁 2 9 の開度（以下では、単に「バイパス弁開度」とも記載する）の検出信号をコントローラ 2 0 0 に出力する。

[0026] アノードガス給排装置 3 は、燃料電池スタック 1 にアノードガスを供給するとともに、燃料電池スタック 1 から排出されるアノードオフガスを燃料電池スタック 1 に導入して循環させる装置である。

[0027] アノードガス給排装置 3 は、高圧タンク 3 1 と、アノードガス供給通路 3 2 と、アノード調圧弁 3 3 と、エゼクタ 3 4 と、アノードガス循環通路 3 5 と、アノードガス循環ブロワ 3 6 と、アノード圧力センサ 3 7 と、パージ通路 3 8 と、パージ弁 3 9 と、を含む。

[0028] 高圧タンク 3 1 は、燃料電池スタック 1 に供給されるアノードガスを高圧状態に保って貯蔵する。

[0029] アノードガス供給通路 3 2 は、高圧タンク 3 1 に貯蔵されたアノードガスを燃料電池スタック 1 に供給するための通路である。アノードガス供給通路 3 2 の一端は、高圧タンク 3 1 に接続され、他端は、エゼクタ 3 4 を介して燃料電池スタック 1 のアノードガス入口孔に接続される。

[0030] アノード調圧弁 3 3 は、燃料系を構成するアノードガス供給通路 3 2 の圧力を調整する。アノード調圧弁 3 3 は、高圧タンク 3 1 とエゼクタ 3 4 との間のアノードガス供給通路 3 2 に設けられる。アノード調圧弁 3 3 の開度を変化させることにより、燃料電池スタック 1 に供給されるアノードガスの圧力は上昇又は降下する。

- [0031] アノード調圧弁33としては、例えば弁の開度を段階的に変更可能な電磁弁が用いられる。アノード調圧弁33は、コントローラ200によって開閉制御される。この開閉制御によって、燃料電池スタック1に供給されるアノードガスの圧力が調節される。
- [0032] エゼクタ34は、アノード調圧弁33と燃料電池スタック1との間のアノードガス供給通路32に設けられる。エゼクタ34は、アノードガス供給通路32に対してアノードガス循環通路35が合流する部分に設けられる機械式ポンプである。
- [0033] アノードガス循環通路35は、燃料系を構成する通路であり、アノードガス供給通路32にエゼクタ34の吸引口を介して接続される。
- [0034] アノードガス循環ブロワ36は、アノードガス循環通路35内でエゼクタ34の上流に設けられる。アノードガス循環ブロワ36は、エゼクタ34を介してアノードオフガスを燃料電池スタック1に循環させる。アノードガス循環ブロワ36の回転速度はコントローラ200によって制御される。これにより、アノードガス循環通路35を循環するアノードガスの流量が調整される。以下では、燃料電池スタック1に循環されるアノードガスの流量のことを「アノードガス循環流量」とも記載する。
- [0035] アノード圧力センサ37は、エゼクタ34と燃料電池スタック1との間のアノードガス供給通路32に設けられる。アノード圧力センサ37は、燃料電池スタック1に供給されるアノードガスの圧力を検出する。以下では、燃料電池スタック1に供給されるアノードガスの圧力のことを単に「アノードガス圧力」とも記載する。アノード圧力センサ37は、アノードガス圧力を検出した信号をコントローラ200に出力する。
- [0036] パージ通路38は、アノードガス循環通路35から分岐して設けられており、カソード調圧弁27よりも下流側のカソードガス排出通路26に合流する。パージ通路38は、アノードオフガスに含まれる窒素ガスや発電による生成水等の不純物を外部に排出する通路である。これにより、パージ通路38を介して排出されるアノードオフガスは、カソードガス排出通路26でカ

ソードオフガスと混合されるので、混合ガス中の水素濃度が規定値以下に維持される。

[0037] パージ弁39は、パージ通路38に設けられる。パージ弁39は、その開度に応じてパージ通路38を介した不純物の排出量を調節する。パージ弁39の開度は、コントローラ200によって制御される。

[0038] なお、アノードガス循環通路35とパージ通路38の合流部に気液分離装置を設けて、不純物を液体成分と気体成分に分離し、液体成分を図示しない排出システムからシステム外部に排出するとともに、気体成分のみをパージ通路38に流すようにしても良い。

[0039] スタック冷却装置4は、燃料電池スタック1の温度を冷却する装置である。スタック冷却装置4は、冷却水循環通路41と、冷却水ポンプ42と、ラジエータ43と、冷却水バイパス通路44と、三方弁45と、入口水温センサ46と、出口水温センサ47とを含む。

[0040] 冷却水循環通路41は、燃料電池スタック1に冷却水を循環させる通路である。冷却水循環通路41の一端は、燃料電池スタック1の冷却水入口孔に接続され、他端は、燃料電池スタック1の冷却水出口孔に接続される。

[0041] 冷却水ポンプ42は、冷却水循環通路41に設けられる。冷却水ポンプ42は、ラジエータ43を介して燃料電池スタック1に冷却水を供給する。冷却水ポンプ42の回転速度は、コントローラ200によって制御される。

[0042] ラジエータ43は、冷却水ポンプ42よりも下流の冷却水循環通路41に設けられる。ラジエータ43は、燃料電池スタック1の内部で温められた冷却水をファンによって冷却する。

[0043] 冷却水バイパス通路44は、ラジエータ43をバイパスする通路であって、燃料電池スタック1から排出される冷却水を燃料電池スタック1に戻して循環させる通路である。冷却水バイパス通路44の一端は、冷却水循環通路41において冷却水ポンプ42とラジエータ43との間で接続され、他端は、三方弁45の一端に接続される。

[0044] 三方弁45は、燃料電池スタック1に供給される冷却水の温度を調整する

。三方弁45は、例えばサーモスタットにより実現される。三方弁45は、ラジエータ43と燃料電池スタック1の冷却水入口孔との間の冷却水循環通路41において冷却水バイパス通路44が合流する部分に設けられる。

[0045] 入口水温センサ46及び出口水温センサ47は、冷却水の温度を検出する。冷却水の温度は、燃料電池スタック1の温度、又はカソードガスの温度として用いられる。

[0046] 入口水温センサ46は、燃料電池スタック1に形成された冷却水入口孔の近傍に位置する冷却水循環通路41に設けられる。入口水温センサ46は、燃料電池スタック1の冷却水入口孔に流入する冷却水の温度を検出する。以下では、燃料電池スタック1の冷却水入口孔に流入する冷却水の温度のことを「スタック入口水温」という。入口水温センサ46は、スタック入口水温の検出信号をコントローラ200に出力する。

[0047] 出口水温センサ47は、燃料電池スタック1に形成された冷却水出口孔の近傍に位置する冷却水循環通路41に設けられる。出口水温センサ47は、燃料電池スタック1から排出された冷却水の温度を検出する。以下では、燃料電池スタック1から排出された冷却水の温度のことを「スタック出口水温」という。出口水温センサ47は、スタック出口水温の検出信号をコントローラ200に出力する。

[0048] 本実施形態では、コントローラ200において入口水温センサ46及び出口水温センサ47のそれぞれの検出値の平均値が算出される。そして、この平均値がスタック温度として用いられる。なお、スタック温度は、入口水温センサ46及び出口水温センサ47のそれぞれの検出値の平均値とするに限りならず、例えば、コントローラ200が、入口水温センサ46と出口水温センサ47のそれぞれの検出値の小さい方又は大きい方をスタック温度として取得しても良い。

[0049] 負荷装置5は、燃料電池スタック1から供給される発電電力を受けて駆動する。負荷装置5としては、例えば、車両を駆動する電動モータや、電動モータを制御する制御ユニット、燃料電池スタック1の発電を補助する補機な

どが挙げられる。燃料電池スタック 1 の補機としては、例えば、コンプレッサ 2 2、アノードガス循環ブロワ 3 6、及び冷却水ポンプ 4 2 などが挙げられる。

[0050] なお、負荷装置 5 を制御する制御ユニットは、負荷装置 5 の作動に必要な電力を、燃料電池スタック 1 に対する要求電力としてコントローラ 2 0 0 に出力する。例えば、車両に設けられたアクセルペダルの踏込み量が大きくなるほど、負荷装置 5 の要求電力は大きくなる。本実施形態では、この負荷装置 5 の要求電力が要求負荷に相当する。

[0051] 負荷装置 5 と燃料電池スタック 1 との間には、電流センサ 5 1 と電圧センサ 5 2 とが配置される。

[0052] 電流センサ 5 1 は、燃料電池スタック 1 の正極端子 1 p と負荷装置 5 の正極端子との間の電源線に接続される。電流センサ 5 1 は、燃料電池スタック 1 から負荷装置 5 に出力される電流を検出する。以下では、燃料電池スタック 1 から負荷装置 5 に出力される電流のことを「スタック出力電流」とも記載する。電流センサ 5 1 は、スタック出力電流の検出信号をコントローラ 2 0 0 に出力する。

[0053] 電圧センサ 5 2 は、燃料電池スタック 1 の正極端子 1 p と負極端子 1 n との間に接続される。電圧センサ 5 2 は、正極端子 1 p と負極端子 1 n との間の電圧である端子間電圧を検出する。以下では、燃料電池スタック 1 の端子間電圧のことを「スタック出力電圧」という。電圧センサ 5 2 は、スタック出力電圧の検出信号をコントローラ 2 0 0 に出力する。

[0054] インピーダンス計測装置 6 は、電解質膜の湿潤状態を取得する湿潤状態取得装置として機能する。インピーダンス計測装置 6 は、燃料電池スタック 1 に接続され、電解質膜の湿潤状態と相関のある燃料電池スタック 1 の内部インピーダンスを測定する。

[0055] 一般に、電解質膜の含水量（水分）が少なくなるほど、すなわち電解質膜が乾き気味になるほど、内部インピーダンスは大きくなる。一方、電解質膜の含水量が多くなるほど、すなわち電解質膜が濡れ気味になるほど、内部イ

ンピーダンスは小さくなる。このため、本実施形態では、電解質膜の湿潤状態を示すパラメータとして、燃料電池スタック 1 の内部インピーダンスが用いられる。

[0056] そして、インピーダンス計測装置 6 は、例えば、電解質膜の電気抵抗を検出するのに適した高周波数の交流電流を供給し、出力される交流電圧の振幅を当該交流電流の振幅で除することにより、内部インピーダンスを算出する。

[0057] 以下では、この高周波数の交流電圧及び交流電流に基づいて算出される内部インピーダンスを H F R (High Frequency Resistance) と記載する。インピーダンス計測装置 6 は、算出した H F R 値を H F R 測定値としてコントローラ 200 に出力する。

[0058] コントローラ 200 は、中央演算装置 (C P U)、読み出し専用メモリ (R O M)、ランダムアクセスメモリ (R A M)、及び入出力インタフェース (I / O インタフェース) を備えたマイクロコンピュータで構成される。

[0059] コントローラ 200 は、少なくとも、インピーダンス計測装置 6、回転数センサ 22 b、エアフローメータ 23、カソード圧力センサ 25、開度センサ 29 a、アノード圧力センサ 37、入口水温センサ 46、出口水温センサ 47、及び大気圧センサ 50 からの各検出信号と負荷装置 5 からの要求負荷などを入力信号として取得する。

[0060] 特に、本実施形態において、コントローラ 200 は、上記各入力信号に基づいて、コンプレッサ 22 (コンプレッサモータ 22 a)、カソード調圧弁 27、及びバイパス弁 29 を操作して、コンプレッサ流量、カソードガス圧力、及びバイパス弁開度 (バイパス流量) を調節する。さらにコントローラ 200 は、アノード調圧弁 33 の開度及びアノードガス循環ブロワ 36 の出力を調節して、アノードガス流量及びアノードガス圧力を制御する。また、コントローラ 200 は、燃料電池システム 100 の運転状態に関するパラメータに応じて、冷却水ポンプ 42 の出力及び三方弁 45 の開度を調節して、燃料電池スタック 1 の温度を制御する。

- [0061] 特に、本実施形態では、コントローラ200は、燃料電池スタック1の湿潤状態が発電に適した状態で維持されるように、コンプレッサ流量、カソードガス圧力、及びバイパス弁開度が調節される湿潤制御が行われる。
- [0062] すなわち、本実施形態の湿潤制御では、コントローラ200は、主として、コンプレッサ流量、カソードガス圧力、及びバイパス開度の3つの湿潤制御パラメータを制御する。すなわち、湿潤制御においてコントローラ200により制御されるアクチュエータは、コンプレッサ22、カソード調圧弁27、及びバイパス弁29である。
- [0063] さらに、本実施形態において、コントローラ200により実行される湿潤制御には、電解質膜の余剰な水分を減らすために、燃料電池スタック1の湿潤状態を乾燥（ドライ）側に遷移させる操作である「ドライ操作」、及び電解質膜の水分を増やすために、燃料電池スタック1の湿潤状態を湿潤方向に遷移させる「ウェット操作」が含まれる。
- [0064] ウェット操作には、コンプレッサ流量を減少させる操作（コンプレッサ22の出力を低下）、カソードガス圧力を増加させる操作（カソード調圧弁27の開度の減少）、及びバイパス弁開度を増加させる操作（バイパス流量の増加）が含まれる。
- [0065] ここで、コンプレッサ流量を減少させる操作によれば、スタック供給流量も減少するので、燃料電池スタック1の湿潤が進行することとなる。
- [0066] また、カソードガス圧力を増加させる操作によれば、カソードガス圧力が増加するほど、燃料電池スタック1から排水される排水量が減少する。したがって、燃料電池スタック1内に水分がより保たれるようになり、燃料電池スタック1の湿潤がより進行することとなる。
- [0067] さらに、バイパス弁開度を増加させる操作によれば、スタック供給流量が減少するので燃料電池スタック1の湿潤が進行することとなる。
- [0068] また、ドライ操作には、バイパス弁開度を減少させる操作（バイパス流量の減少）、カソードガス圧力を減少させる操作（カソード調圧弁27の開度の増加）、及びコンプレッサ流量を増加させる操作（コンプレッサ22の出

力の向上)が含まれる。

[0069] ここで、バイパス弁開度を減少させる操作によれば、スタック供給流量が増加するので燃料電池スタック1の乾燥が進行することとなる。

[0070] また、カソードガス圧力を減少させる操作によれば、カソードガス圧力が減少するほど、燃料電池スタック1から排水される排水量が増加する。したがって、燃料電池スタック1内に水分がより排出されるようになり、燃料電池スタック1の乾燥がより進行することとなる。

[0071] ここで、コンプレッサ流量は、要求負荷、希釈要求、及びサージング回避のための最低流量に応じて定められる。しかしながら、希釈要求やサージング回避の観点から、コンプレッサ流量が要求負荷に応じて必要なスタック供給流量を超える場合には、バイパス弁開度を増加させ、この余剰分をバイパス通路28を介してバイパスさせ、スタック供給流量を適切に保つことが考えられる。

[0072] しかしながら、この場合、例えば、カソードガス圧力が低く、カソードガス供給通路21とカソードガス排出通路26の差圧が大きい状態でバイパス弁開度を増加させると、スタック供給流量が要求よりも減少することがある。また、コンプレッサ流量が、要求負荷に応じた下限流量に対して過剰な状態でバイパス弁開度を増加させると、コンプレッサ出力が過剰な状態に制御され、消費電力が増大する。

[0073] そこで、本実施形態では、バイパス弁開度、カソードガス圧力、及びカソードガス流量を湿潤制御パラメータとして、燃料電池の湿潤状態が目標よりも乾燥側であってウェット操作を行う際には、バイパス弁開度を増加させる操作に優先して、コンプレッサ流量を減少させる操作及びカソードガス圧力を増加させる操作を行うようにした。

[0074] これにより、ウェット操作の際に、コンプレッサ流量が十分に減少しない状態でバイパス弁開度が増加し、燃料電池スタック1に過剰にカソードガスが供給されることを防止することができる。また、カソードガス圧力が十分に増加していない状態でバイパス弁開度が増加し、スタック供給流量が低下

して出力電圧やセル電圧が低下してしまうことを防止することができる。

[0075] さらに、燃料電池の湿潤状態が目標よりも湿潤側であってドライ操作を行う際には、コンプレッサ流量を増加させる操作及びカソードガス圧力を減少させる操作に優先して、バイパス弁開度を減少させる操作が行われる。

[0076] ここで、本実施形態における「優先」とは、ウェット操作又はドライ操作にあたり、コンプレッサ流量の調節、カソードガス圧力の調節、及びバイパス弁開度の調節の内、一の湿潤制御パラメータの調節量を最大化（又は支配的に）することを、他の湿潤制御パラメータの調節に対して優先させることを意味する。

[0077] 例えば、本実施形態では、ウェット操作の場合においては、コンプレッサ流量を可能な限り多く調節し（優先順位1）、次に、カソード調圧弁27の開度を可能な限り多く調節し（優先順位2）、最後に、バイパス弁開度を減少させる調節を行う（優先順位3）。

[0078] 以下では、本実施形態にかかるウェット操作及びドライ操作にかかる制御構成及びそのロジックを詳細に説明する。

[0079] 図2は、本実施形態における湿潤制御にかかるコントローラ200の全体的な機能を説明するブロック図である。

[0080] 図示のように、コントローラ200は、膜湿潤F/B制御部B101と、目標圧力演算部B102と、目標流量演算部B103と、流量・圧力F/B制御部B104と、を有する。

[0081] 膜湿潤F/B制御部B101は、燃料電池の湿潤状態の観点から定められるカソードガス圧力の目標値としての湿潤制御要求目標圧力と、燃料電池の湿潤状態の観点から定められるコンプレッサ流量の目標値としての湿潤制御要求目標流量と、を演算する。そして、膜湿潤F/B制御部B101は、演算した湿潤制御要求目標圧力及び湿潤制御要求目標流量を、それぞれ、目標圧力演算部B102と目標流量演算部B103に出力する。

[0082] 目標圧力演算部B102は、入力された湿潤制御要求目標圧力に基づいて、カソードガス圧力の最終的な目標値である目標圧力を演算し、目標流量演

算部 B 1 0 3 と流量・圧力 F / B 制御部 B 1 0 4 に出力する。

[0083] 目標流量演算部 B 1 0 3 は、入力された目標圧力及び湿潤制御要求目標流量に基づいて、コンプレッサ流量の最終的な目標値である目標流量を演算し、流量・圧力 F / B 制御部 B 1 0 4 に出力する。

[0084] 流量・圧力 F / B 制御部 B 1 0 4 は、入力された目標圧力及び目標流量に基づいて、コンプレッサ 2 2 及びカソード調圧弁 2 7 をフィードバック制御する。以下では、図 3 ~ 図 1 2 に基づいて、本実施形態にかかる湿潤制御におけるカソードの制御をより詳細に説明する。

[0085] 図 3 は、膜湿潤 F / B 制御部 B 1 0 1 による制御の詳細を説明する図である。

[0086] 図示のように、膜湿潤 F / B 制御部 B 1 0 1 には、負荷装置 5 からの要求負荷、インピーダンス計測装置 6 で算出された HFR 値、エアフローメータ 2 3 からのコンプレッサ流量の検出値（以下では「コンプレッサ流量検出値」とも記載する）、カソード圧力センサ 2 5 からのカソードガス圧力の検出値（以下では「カソードガス圧力検出値」とも記載する）、入口水温センサ 4 6 及び出口水温センサ 4 7 の検出値に基づくスタック温度、大気圧センサ 5 0 からの大気圧検出値が入力される。そして、膜湿潤 F / B 制御部 B 1 0 1 は、これら各値に基づいて湿潤制御要求目標圧力及び湿潤制御要求目標流量を演算する。ここで、膜湿潤 F / B 制御部 B 1 0 1 による湿潤制御要求目標圧力及び湿潤制御要求目標流量の演算の詳細について説明する。

[0087] 図 4 は、膜湿潤 F / B 制御部 B 1 0 1 による目標水収支の演算態様を説明する図である。また、図 5 は、膜湿潤 F / B 制御部 B 1 0 1 によるウェット操作時における各湿潤制御パラメータの優先順位を設定するロジックを説明する図である。

[0088] 図 4 及び図 5 に示すように、膜湿潤 F / B 制御部 B 1 0 1 は、目標 HFR 演算部 B 1 0 1 1 と、目標水収支演算部 B 1 0 1 2 と、優先順位設定部 B 1 0 1 3 と、湿潤制御要求目標圧力演算部 B 1 0 1 4 と、湿潤制御要求目標流量演算部 B 1 0 1 5 と、目標バイパス弁開度演算部 B 1 0 1 6 と、を有して

いる。

[0089] 目標HFR演算部B1011には、要求負荷が入力される。目標HFR演算部B1011は、要求負荷に基づいて予め定められた膜湿潤制御マップからHFR値の目標値である目標HFRを演算する。

[0090] 図6は、膜湿潤制御マップを示す図である。膜湿潤制御マップでは、要求負荷が相対的に小さい領域Iでは、要求発電量が小さく燃料電池内の液水量が低くすることができるので、目標HFRは相対的に大きい所定の一定値をとる。

[0091] また、要求負荷が中間の値をとる領域IIでは、要求負荷が増加するにつれて燃料電池内をより湿潤方向に制御し発電状態を適切に維持する。したがって、この領域IIでは、要求負荷が増加するにつれて目標HFRが小さくなる。

[0092] さらに、要求負荷が相対的に大きい領域IIIでは、コンプレッサ流量が十分に大きくなるため、燃料電池スタック1内に滞留する液水の影響が小さくなる。そのため、高要求負荷の範囲内の目標HFRは、相対的に最も小さい一定値に設定される。

[0093] 図4に戻り、目標HFR演算部B1011は、演算した目標HFRを出力する。

[0094] 目標水収支演算部B1012には、目標HFRをHFR測定値で減算した値（以下では、この値を「HFR偏差」とも記載する）が入力される。目標水収支演算部B1012は、HFR偏差に基づいて目標水収支を演算する。

[0095] ここで、目標水収支とは、燃料電池スタック1の発電に伴って生成される水量と、燃料電池スタック1から燃料電池システム100の外部に排出される水量との収支を意味する。

[0096] すなわち、目標水収支は、燃料電池において目標とする湿潤状態からの水分の過不足を表わすパラメータとなる。具体的には、目標水収支から燃料電池スタック1の実際の水収支である実水収支を減算した値が正の値である場合には、燃料電池が乾燥している状態でウェット操作が要求されることを意

味する。一方で、目標水収支から実水収支を減算した値が負の値である場合には、燃料電池の水分が余剰状態でドライ操作が要求されることを意味する。したがって、燃料電池の湿潤状態を適切に保つ観点から、実水収支から目標水収支を減算した値をゼロとすることが目標とされる。

[0097] 本実施形態において、目標水収支演算部 B 1 0 1 2 は、目標水収支  $Q_{F\_net\_water}$  を以下の式 (1) に基づいて算出する。

[数1]

$$Q_{F\_net\_water} = Q_{F\_H2O\_in} - \frac{C_{C\_H2O\_out}}{C_{C\_dry\_out}} \times Q_{C\_dry\_out} \quad (1)$$

ただし、

$Q_{F\_H2O\_in}$  : 燃料電池の発電による生成水量

$C_{C\_H2O\_out}$  : カソード出口水蒸気濃度

$C_{C\_dry\_out}$  : カソード出口ドライガス濃度

$Q_{C\_dry\_out}$  : カソード出口ドライガス流量

である。

[0098] ここで、カソード出口水蒸気濃度  $C_{C\_H2O\_out}$  とは、燃料電池スタック 1 のカソード出口におけるカソードガスに含まれる水蒸気の濃度であり、例えば下記の式 (2) に基づいて求められる。

[数2]

$$C_{C\_H2O\_out} = \frac{P_{CH2O\_out}}{P_{C\_out}} \quad (2)$$

ただし、

$P_{CH2O\_out}$  : カソード出口水蒸気分圧

$P_{C\_out}$  : カソード出口圧力

である。

[0099] さらに、カソード出口水蒸気分圧  $P_{CH_2O\_out}$  とは、燃料電池スタック 1 のカソード出口におけるカソードガスに含まれる水蒸気分圧であり、例えば下記の式 (3) に基づいて求められる。

[数3]

$$P_{CH_2O\_out} = EXP\{16.57 - 3985/(-39.72 + T_s + 273.15)\} \quad (3)$$

ただし、EXP は、自然対数を意味する。

[0100] また、カソード出口ドライガス濃度  $C_{C\_dry\_out}$  とは、燃料電池スタック 1 のカソード出口におけるカソードガスに含まれる水蒸気以外の気体の濃度であり、下記の式 (4) に基づいて求められる。

[数4]

$$C_{C\_dry\_out} = 1 - C_{C\_H_2O\_out} \quad (4)$$

[0101] さらに、カソード出口ドライガス流量  $Q_{C\_dry\_out}$  は、燃料電池スタック 1 のカソード出口におけるカソードガスに含まれる水蒸気以外の気体の流量であり、下記の式 (5) に基づいて求められる。

[数5]

$$Q_{C\_dry\_out} = Q_{S\_in} - Q_{O\_exp} \quad (5)$$

ただし、

$Q_{S\_in}$  : スタック供給流量

$Q_{O\_exp}$  : 酸素消費流量

である。

- [0102] スタック供給流量  $Q_{S, in}$  は、既に述べたように、コンプレッサ流量から、バイパス通路 28 にバイパスされるカソードガスの流量であるバイパス流量を減算することで求められる。
- [0103] また、本実施形態では、バイパス流量は、予め定められたマップにより、バイパス弁開度とコンプレッサ流量に基づいて算出することができる。
- [0104] 図 7 は、バイパス開度とバイパス流量比率の関係を示すマップである。ここで、バイパス流量比率  $\lambda$  とは、バイパス弁開度に応じたコンプレッサ流量の中のバイパス流量の割合を意味する。したがって、バイパス流量 = バイパス流量比率  $\lambda$  × コンプレッサ流量となる。なお、図 7 に示すバイパス流量マップを用いてバイパス弁開度からバイパス流量比率  $\lambda$  が定まるので、コンプレッサ流量からバイパス流量を求めることができる。
- [0105] 酸素消費流量  $Q_{O, exp}$  は、燃料電池スタック 1 内における電気化学反応によって消費されるカソードガス中の酸素の流量である。酸素消費流量  $Q_{O, exp}$  は、例えば、予め実験等により定められる酸素消費流量変換係数を要求負荷に乘じること求めることができる。
- [0106] そして、図 4 に戻り、目標水収支演算部 B 1 0 1 2 は、演算した目標水収支  $Q_{F, net, water}$  を、優先順位設定部 B 1 0 1 3 に出力する。
- [0107] 図 5 に示すように、優先順位設定部 B 1 0 1 3 には、コンプレッサ流量検出値、カソードガス圧力検出値、バイパス弁開度、大気圧検出値、及び目標水収支演算部 B 1 0 1 2 で演算した目標水収支  $Q_{F, net, water}$  が入力される。
- [0108] 優先順位設定部 B 1 0 1 3 は、これら入力された値に基づいて、湿潤制御に用いられるカソードガス圧力、コンプレッサ流量、及びバイパス弁開度の各湿潤制御パラメータを調節する優先度を設定する。
- [0109] 優先順位設定部 B 1 0 1 3 は、HFR 計測値から予め定められた水収支マップに基づいて実水収支  $Q_{F, net, water, R}$  を取得する。そして、優先順位設定部 B 1 0 1 3 は、目標水収支  $Q_{F, net, water}$  と実水収支  $Q_{F, net, water, R}$  に基づいて、ウェット操作を実施する必要があるか、ドライ操作を実施する必要があるかを判断する。

- [0110] 具体的に、優先順位設定部B1013は、目標水収支 $Q_{F \text{ net water}} - \text{実水収支 } Q_{F \text{ net water } R} > 0$ である場合には、ウェット操作を実施する必要があると判断し、目標水収支 $Q_{F \text{ net water}} - \text{実水収支 } Q_{F \text{ net water } R} \leq 0$ である場合には、ドライ操作を実施する必要があると判断する。以下では、目標水収支 $Q_{F \text{ net water}} - \text{実水収支 } Q_{F \text{ net water } R}$ を水収支偏差 $\Delta Q$ とも記載する。
- [0111] また、優先順位設定部B1013は、湿潤状態制御パラメータとしての水収支偏差 $\Delta Q$ 、スタック温度、コンプレッサ流量、及びバイパス弁開度を湿潤制御要求目標圧力演算部B1014に出力する。さらに、優先順位設定部B1013は、湿潤状態制御パラメータとしての水収支偏差 $\Delta Q$ 、スタック温度、カソードガス圧力、及びバイパス弁開度を湿潤制御要求目標流量演算部B1015に出力する。また、優先順位設定部B1013は、湿潤状態制御パラメータとしての水収支偏差 $\Delta Q$ 、スタック温度、コンプレッサ流量、及びカソードガス圧力を目標バイパス弁開度演算部B1016に出力する。
- [0112] 特に、本実施形態では、優先順位設定部B1013は、上述した水収支偏差 $\Delta Q$ の正負に基づいて行ったウェット操作を実施するのかドライ操作を実施するのかの判断結果に応じて、湿潤制御要求目標圧力演算部B1014に出力するコンプレッサ流量及びバイパス弁開度、湿潤制御要求目標流量演算部B1015に出力するカソードガス圧力及びバイパス弁開度、並びに目標バイパス弁開度演算部B1016に出力するコンプレッサ流量及びカソードガス圧力を適宜定める。
- [0113] 先ず、ウェット操作を実施する必要があると判断した場合には、優先順位設定部B1013は、目標水収支、スタック温度、コンプレッサ流量としてのコンプレッサ流量検出値、バイパス弁開度としての0（全閉）を湿潤制御要求目標圧力演算部B1014に出力する。
- [0114] また、優先順位設定部B1013は、目標水収支、スタック温度、カソードガス圧力としてのカソードガス圧力検出値、及びバイパス弁開度としての値0を湿潤制御要求目標流量演算部B1015に出力する。
- [0115] さらに、優先順位設定部B1013は、目標水収支、スタック温度、コン

プレッサ流量としてのコンプレッサ流量検出値、及びカソードガス圧力としてのカソードガス圧力検出値を目標バイパス弁開度演算部B1016に出力する。

[0116] 一方、ドライ操作を実施する必要があると判断した場合には、優先順位設定部B1013は、水収支偏差、スタック温度、コンプレッサ流量としての流量最低値、バイパス弁開度としてのバイパス弁開度検出値を湿潤制御要求目標圧力演算部B1014に出力する。

[0117] また、優先順位設定部B1013は、目標水収支、スタック温度、カソードガス圧力としての大気圧検出値、バイパス弁開度としてのバイパス弁開度検出値を湿潤制御要求目標流量演算部B1015に出力する。

[0118] さらに、優先順位設定部B1013は、目標水収支、スタック温度、コンプレッサ流量としての流量最低値、及びカソードガス圧力としての大気圧検出値を目標バイパス弁開度演算部B1016に出力する。

[0119] 次に、湿潤制御要求目標圧力演算部B1014は、優先順位設定部B1013から入力された水収支偏差 $\Delta Q$ 、スタック温度、コンプレッサ流量、及びバイパス弁開度に基づいて、湿潤制御要求目標圧力を演算する。

[0120] 具体的に、湿潤制御要求目標圧力演算部B1014は、入力された目標水収支が大きい（又は小さい）ほど、湿潤制御要求目標圧力が高く（又は低く）なるように演算を行う。また、湿潤制御要求目標圧力演算部B1014は、入力されたスタック温度が大きい（又は小さい）ほど、湿潤制御要求目標圧力が高く（又は低く）なるように演算を行う。さらに、湿潤制御要求目標圧力演算部B1014は、入力されたコンプレッサ流量が高い（低い）ほど湿潤制御要求目標圧力が高く（低く）なるように演算を行う。さらに、湿潤制御要求目標圧力演算部B1014は、入力されたバイパス弁開度が高い（低い）ほど湿潤制御要求目標圧力が低く（高く）なるように演算を行う。

[0121] 湿潤制御要求目標流量演算部B1015は、優先順位設定部B1013から入力された目標水収支、スタック温度、カソードガス圧力、及びバイパス弁開度に基づいて、湿潤制御要求目標流量を演算する。

[0122] 具体的に、湿潤制御要求目標流量演算部B1015は、入力された目標水収支が大きい（又は小さい）ほど、湿潤制御要求目標流量が高く（又は低く）なるように演算を行う。また、湿潤制御要求目標流量演算部B1015は、スタック温度が大きい（又は小さい）ほど、湿潤制御要求目標流量が低く（又は高く）なるように演算を行う。また、湿潤制御要求目標流量演算部B1015は、入力されたカソードガス圧力が高い（又は低い）ほど湿潤制御要求目標流量が高く（又は低く）なるように演算を行う。さらに、湿潤制御要求目標流量演算部B1015は、入力されたバイパス弁開度が高い（又は低い）ほど湿潤制御要求目標流量が高く（又は低く）なるように演算を行う。

[0123] 目標バイパス弁開度演算部B1016は、優先順位設定部B1013から入力された目標水収支、スタック温度、コンプレッサ流量、及びカソードガス圧力に基づいて、目標バイパス弁開度を演算する。

[0124] 具体的に、目標バイパス弁開度演算部B1016は、入力された目標水収支が大きい（又は小さい）ほど、目標バイパス弁開度が高く（又は低く）なるように演算を行う。目標バイパス弁開度演算部B1016は、入力されたスタック温度が大きい（又は小さい）ほど、目標バイパス弁開度が高く（又は低く）なるように演算を行う。また、目標バイパス弁開度演算部B1016は、入力されたコンプレッサ流量が高い（又は低い）ほど目標バイパス弁開度が高く（又は低く）なるように演算を行う。さらに、目標バイパス弁開度演算部B1016は、入力されたカソードガス圧力が高い（又は低い）ほど目標バイパス弁開度が低く（又は高く）なるように演算を行う。

[0125] 次に、ウェット操作時における各目標値の演算について説明する。

[0126] ウェット操作時には、既に述べたように、湿潤制御要求目標流量演算部B1015には、目標水収支、スタック温度、カソードガス圧力としての大気圧検出値、及びバイパス弁開度としてのゼロが優先順位設定部B1013から入力される。

[0127] ここで、大気圧検出値はカソードガス圧力として想定される最低値であり

、バイパス弁開度がゼロであるとはバイパス弁 29 が全閉であることを意味する。したがって、湿潤制御要求目標流量演算部 B 1 0 1 5 は、ウェット操作にあたり、カソードガス圧力が最も低く、且つバイパス弁開度が最も低いことを前提に、湿潤制御要求目標流量を演算することとなる。すなわち、湿潤制御要求目標流量は、燃料電池を湿潤方向に制御する上で可能な限り小さい値として演算されることとなる。

[0128] また、ウェット操作時において、湿潤制御要求目標圧力演算部 B 1 0 1 4 には、目標水収支、スタック温度、コンプレッサ流量の検出値、及びバイパス弁開度としてのゼロが入力される。

[0129] ここで、湿潤制御要求目標圧力演算部 B 1 0 1 4 は、ウェット操作にあたり、バイパス弁開度を最も低い 0 としつつ、コンプレッサ流量として湿潤制御要求目標流量により減少方向（燃料電池スタック 1 の湿潤方向）に調節されている検出値を用いて、湿潤制御要求目標圧力を演算することとなる。すなわち、湿潤制御要求目標圧力は、ウェット操作において、バイパス弁開度が最も低いことを前提とする一方で、湿潤状態を調節すべくコンプレッサ流量が減少されているものとして湿潤制御要求目標圧力を演算する。

[0130] さらに、ウェット操作時において、目標バイパス弁開度演算部 B 1 0 1 6 には、目標水収支、スタック温度、コンプレッサ流量の検出値、及びカソードガス圧力の検出値が入力される。

[0131] したがって、目標バイパス弁開度演算部 B 1 0 1 6 は、コンプレッサ流量として上記湿潤制御要求目標流量により減少方向（燃料電池スタック 1 の湿潤方向）に調節されている検出値、及びカソードガス圧力として上記湿潤制御要求目標圧力により増加方向（燃料電池スタック 1 の湿潤方向）に調節されている検出値に基づいて、目標バイパス弁開度を演算することとなる。すなわち、目標バイパス弁開度は、コンプレッサ流量の減少及びカソードガス圧力の増加により燃料電池の湿潤方向への制御がなされている前提で、バイパス弁開度の増加量が最小限に設定されるように演算されることとなる。

[0132] 以上のように、ウェット操作時における湿潤制御要求目標圧力演算部 B 1

014、湿潤制御要求目標流量演算部B1015、及び目標バイパス弁開度演算部B1016による各湿潤制御パラメータの目標値の演算態様によれば、ウェット操作を実行するにあたり、コンプレッサ流量を減少させる操作が、燃料電池の湿潤方向への制御することに最も寄与するように湿潤制御要求目標流量が演算される。

[0133] 次に、カソードガス圧力を増加させる操作が、燃料電池の湿潤方向への制御に寄与するように湿潤制御要求目標圧力が演算される。そして、最後に、バイパス弁開度を増加させる操作による燃料電池の湿潤方向への制御に対する寄与が最も低くなるように、目標バイパス弁開度が演算される。

[0134] 次に、ドライ操作について説明する。

[0135] ドライ操作時においては、目標バイパス弁開度演算部B1016には、目標水収支、スタック温度、コンプレッサ流量として流量最低値、及びカソードガス圧力として大気圧検出値が入力される。

[0136] ここで、流量最低値とは、燃料電池スタック1の湿潤状態を最大にするときのコンプレッサ流量である。なお、流量最低値は、低すぎるとカソードガスの燃料電池スタック1への供給量不足による発電不良が生じるおそれがある。その一方で、高すぎるとサージング等による騒音が発生しやすくなるおそれがある。したがって流量最低値は、これらを総合的に考慮して燃料電池スタック1の性能を確保できる範囲で最も低い値が採用される。この流量最低値は、予め実験によって燃料電池の運転状態に応じて設定されている。

[0137] したがって、目標バイパス弁開度演算部B1016は、燃料電池を乾燥方向に制御するにあたり、コンプレッサ流量が流量最低値であり、カソードガス圧力が大気圧検出値であることを前提として、目標バイパス弁開度を演算する。すなわち、目標バイパス弁開度演算部B1016は、目標バイパス弁開度を、バイパス弁開度が可能な限り小さく設定されるように演算される。

[0138] また、ドライ操作時において、湿潤制御要求目標圧力演算部B1014には、目標水収支、スタック温度、コンプレッサ流量としての流量最低値、及びバイパス弁開度として検出値が入力される。

- [0139] これにより、湿潤制御要求目標圧力演算部 B 1 0 1 4 は、コンプレッサ流量として燃料電池スタック 1 の乾燥側への制御に対する寄与が最も低い流量最低値、及びバイパス弁開度として上記目標バイパス弁開度により減少方向（燃料電池スタック 1 の乾燥方向）に調節されている検出値に基づいて、湿潤制御要求目標圧力を演算する。
- [0140] さらに、ドライ操作時において、湿潤制御要求目標流量演算部 B 1 0 1 5 には、目標水収支、スタック温度、バイパス弁開度の検出値、及びカソードガス圧力の検出値が入力される。したがって、湿潤制御要求目標流量演算部 B 1 0 1 5 は、バイパス弁開度として上記目標バイパス弁開度により減少方向（燃料電池スタック 1 の乾燥方向）に調節されている検出値、及びカソードガス圧力として上記湿潤制御要求目標圧力により減少方向（燃料電池スタック 1 の乾燥方向）に調節されている検出値に基づいて、湿潤制御要求目標流量を演算することとなる。
- [0141] 以上のように、ドライ操作時における湿潤制御要求目標圧力演算部 B 1 0 1 4、湿潤制御要求目標流量演算部 B 1 0 1 5、及び目標バイパス弁開度演算部 B 1 0 1 6 による目標値の演算態様によれば、バイパス弁開度の調節によるドライ操作が最も優先して行われる。特に、バイパス弁開度の減少、カソードガス圧力の減少、及びコンプレッサ流量の増加の優先順位でドライ操作が行われる。
- [0142] そして、図 5 に示すように、湿潤制御要求目標圧力演算部 B 1 0 1 4、湿潤制御要求目標流量演算部 B 1 0 1 5、及び目標バイパス弁開度演算部 B 1 0 1 6 は、ウェット操作時及びドライ操作時の何れの場合においても、演算した湿潤制御要求目標圧力、及び湿潤制御要求目標流量をそれぞれ、目標圧力演算部 B 1 0 2 及び目標流量演算部 B 1 0 3 に出力する。
- [0143] また、本実施形態では、図 2 及び図 3 に示すように、膜湿潤 F / B 制御部 B 1 0 1 は、目標バイパス弁開度演算部 B 1 0 1 6 で演算された目標バイパス弁開度に基づき、バイパス弁 2 9 の開度が目標バイパス弁開度に近づくように当該バイパス弁 2 9 をフィードバック制御する（図 2 参照）。すなわち

、バイパス弁29は、膜湿潤F/B制御部B101により、燃料電池の湿潤状態に応じて行われるウェット操作やドライ操作に応じて適宜開閉されることとなる。

[0144] 図8は、図2に示す目標圧力演算部B102の機能を説明する図である。図示のように、目標圧力演算部B102には、膜湿潤F/B制御部B101で演算された湿潤制御要求目標圧力、要求負荷、アノード圧力センサ37からのアノードガス圧力の検出値、及びスタック温度が入力される。目標圧力演算部B102は、これらパラメータに基づいて、カソードガス圧力の最終的な目標値である目標圧力を演算する。

[0145] 図9は、目標圧力演算部B102における目標圧力の演算態様を説明するブロック図である。

[0146] 図示のように、目標圧力演算部B102は、酸素分圧確保要求空気圧力算出部B1021と、過剰昇圧防止上限圧力算出部B1022と、マックスセレクト部B1023と、ミニマムセレクト部B1024と、マックスセレクト部B1025と、を有している。

[0147] 酸素分圧確保要求空気圧力算出部B1021には、要求負荷が入力される。酸素分圧確保要求空気圧力算出部B1021は、要求負荷に基づき、予め定められた酸素分圧確保要求空気圧力マップから酸素分圧確保要求空気圧力を算出する。

[0148] ここで、酸素分圧確保要求空気圧力とは、要求負荷に応じた燃料電池スタック1の発電力を確保すべく定められた燃料電池スタック1内の酸素濃度の要求を満たすために定められるカソードガス圧力の最低値である。

[0149] したがって、酸素分圧確保要求空気圧力マップでは、要求負荷が大きくなって燃料電池スタック1内の電気化学反応により消費されるべき酸素量が増加するにつれて、求めるべき酸素分圧確保要求空気圧力の値が高くなっている。

[0150] そして、酸素分圧確保要求空気圧力算出部B1021は、算出した酸素分圧確保要求空気圧力をマックスセレクト部B1023に出力する。

- [0151] 過剰昇圧防止上限圧力算出部 B 1 0 2 2 には、要求負荷及びスタック温度が入力される。過剰昇圧防止上限圧力算出部 B 1 0 2 2 は、要求負荷及びスタック温度に基づき、予め定められた過剰昇圧防止上限圧力マップから、過剰昇圧防止上限圧力を算出する。
- [0152] ここで、過剰昇圧防止上限圧力とは、ウェット操作やドライ操作において、カソードガス圧力が上昇し続けることを防止する観点から定められるカソードガス圧力の上限值である。
- [0153] 過剰昇圧防止上限圧力マップでは、要求負荷が大きくなるにつれて、求めるべき過剰昇圧防止上限圧力が高くなる。また、過剰昇圧防止上限圧力マップでは、スタック温度が高くなるにつれて、求めるべき過剰昇圧防止上限圧力が高くなる。
- [0154] このような過剰昇圧防止上限圧力マップの傾向は、高負荷状態や高温時においては、過剰昇圧防止上限圧力を相対的に高く設定する一方で、低負荷状態や低温時においては、過剰昇圧防止上限圧力を相対的に低く設定する。
- [0155] なお、過剰昇圧防止上限圧力算出部 B 1 0 2 2 では、要求負荷及びスタック温度に代えて又はこれらとともに、目標 H F R 演算部 B 1 0 1 1 で演算された目標 H F R 又は目標水収支等の燃料電池スタック 1 の湿潤状態を考慮して過剰昇圧防止上限圧力を定めるようにしても良い。特に、過剰昇圧防止上限圧力を、燃料電池スタック 1 が乾燥側に移行するにつれて高くしても良い。
- [0156] 特に、低負荷状態、低温時、及び燃料電池スタック 1 の乾燥時において、過剰昇圧防止上限圧力を相対的に低く設定しておけば、バイパス弁 2 9 が閉塞される場合であってもカソードガス圧力が過剰に増加することが抑制され、コンプレッサ 2 2 の消費電力を減少させることができ、燃費の改善や騒音の抑制に寄与することができる。
- [0157] 次に、マックスセレクト部 B 1 0 2 3 には、酸素分圧確保要求空気圧力算出部 B 1 0 2 1 で算出された酸素分圧確保要求空気圧力及び湿潤制御要求目標圧力演算部 B 1 0 1 4 で演算された湿潤制御要求目標圧力が入力される。

そして、マックスセレクト部B1023は、これら入力された酸素分圧確保要求空気圧力及び湿潤制御要求目標圧力の内の大きい方をミニマムセレクト部B1024に出力する。

[0158] これにより、ミニマムセレクト部B1024から出力された値では、燃料電池スタック1における発電量の要求に応じた酸素濃度の確保、及び燃料電池スタック1の湿潤制御において要求されるカソードガス圧力の確保の双方が考慮されることとなる。

[0159] ミニマムセレクト部B1024には、マックスセレクト部B1023から出力された圧力値、及び過剰昇圧防止上限圧力算出部B1022で算出された過剰昇圧防止上限圧力が入力される。ミニマムセレクト部B1024は、これら入力された圧力値及び過剰昇圧防止上限圧力の内の小さい方をマックスセレクト部B1025に出力する。

[0160] これにより、ミニマムセレクト部B1024から出力された値では、燃料電池スタック1内の酸素濃度の確保及び湿潤制御において要求される値を満たしつつも、過剰昇圧防止上限圧力を超えないように制限することが考慮される。

[0161] さらに、マックスセレクト部B1025には、ミニマムセレクト部B1024から入力される圧力値、及びアノードガス圧力の検出値から許容差圧上限を減算して得られる膜間差圧許容上限値が入力される。

[0162] ここで、許容差圧上限とは、燃料電池の電解質膜を保護する観点から、燃料電池スタック1内のアノードガス圧力とカソードガス圧力の差圧として許容される上限の圧力である。したがって、アノードガス圧力の検出値から許容差圧上限を減算することで、燃料電池の電解質膜を保護する観点から許容されるカソードガス圧力の上限としての膜間差圧許容上限圧力を得ることができる。

[0163] そして、マックスセレクト部B1025は、ミニマムセレクト部B1024から入力される圧力値と上記膜間差圧許容上限圧力の内の大きい方を目標圧力として、目標流量演算部B103及び流量・圧力F/B制御部B104

に出力する。

[0164] これにより、カソードガス圧力の最終的な目標値である目標圧力は、膜間差圧の過度な上昇を制限しつつ、燃料電池スタック 1 内の酸素濃度の確保及び湿潤制御において要求を満たし、過剰昇圧防止上限圧力を超えないように設定されることとなる。

[0165] 図 10 は、目標流量演算部 B 103 の機能を説明する図である。図示のように、目標流量演算部 B 103 には、要求負荷、アノードガス圧力の検出値、スタック温度、大気圧検出値、湿潤制御要求目標流量、及び目標圧力が入力される。目標流量演算部 B 103 は、これら入力された値に基づいて、コンプレッサ流量の最終的な目標値である目標流量を演算する。

[0166] 図 11 は、目標流量演算部 B 103 における目標流量の演算態様を説明するブロック図である。

[0167] 図示のように、目標流量演算部 B 103 は、酸素分圧確保下限流量算出部 B 1031 と、圧力確保要求流量算出部 B 1032 と、パージ水素希釈要求流量算出部 B 1033 と、負荷／酸素消費流量変換部 B 1034 と、マックスセレクト部 B 1035 と、を有している。

[0168] 酸素分圧確保下限流量算出部 B 1031 には、要求負荷が入力される。酸素分圧確保下限流量算出部 B 1031 は、要求負荷に基づき、予め定められた酸素分圧確保下限流量マップから酸素分圧確保下限流量を算出する。酸素分圧確保下限流量とは、燃料電池スタック 1 内の酸素濃度の要求を満たす観点から定められた予め実験等で得られるコンプレッサ流量の下限値である。

[0169] したがって、酸素分圧確保下限流量マップでは、要求負荷が大きくなって燃料電池スタック 1 内の電気化学反応により消費される酸素量が増加するにつれて、求めるべき酸素分圧確保下限流量の値が高くなっている。

[0170] なお、このコンプレッサ流量の下限値は、燃料電池スタック 1 内のフラッシングや局所水つまりを防止する観点から定めても良い。特に、燃料電池スタック 1 内の酸素濃度を確保しつつ、フラッシングや局所水つまりを防止し得る値に設定されることが好ましい。

- [0171] そして、酸素分圧確保下限流量算出部B1031は、算出した酸素分圧確保要求空気流量をマックスセレクト部B1035に出力する。
- [0172] 圧力確保要求流量算出部B1032には、目標圧力演算部B102からの目標圧力及びスタック温度が入力される。圧力確保要求流量算出部B1032は、目標圧力及びスタック温度に基づき、予め定められた圧力確保要求流量マップから、圧力確保要求流量を算出する。なお、ここで、圧力確保要求流量とは、スタック温度に応じて、サージング回避の観点から目標圧力を確保するために要求されるコンプレッサ流量の最低値である。
- [0173] 圧力確保要求流量マップでは、目標圧力が高くなるにつれて、求めるべき圧力確保要求流量が高くなる。また、圧力確保要求流量マップでは、スタック温度が高くなるにつれて、求めるべき圧力確保要求流量が低くなるよう補正される。
- [0174] そして、圧力確保要求流量算出部B1032は、算出した圧力確保要求流量をマックスセレクト部B1035に出力する。
- [0175] パージ水素希釈要求流量算出部B1033には、アノードガス圧力の検出値及び大気圧検出値が入力される。パージ水素希釈要求流量算出部B1033は、入力されたこれらパラメータに基づき、予め定められたパージ水素希釈要求流量マップからパージ水素希釈要求流量を算出する。パージ水素希釈要求流量は、燃料電池スタック1から排出されるアノード排ガスを希釈するために要求されるコンプレッサ流量である。
- [0176] パージ水素希釈要求流量マップでは、アノードガス圧力の検出値が大きくなるほど、求めるべきパージ水素希釈要求流量が大きくなる。これは、アノードガス圧力が高くなるほど、希釈に必要なコンプレッサ流量が大きくなるためである。また、パージ水素希釈要求流量マップでは、大気圧検出値が大きくなるほど、求めるべきパージ水素希釈要求流量が小さくなるよう補正される。これは、大気圧が大きくなると、カソードガス供給通路21とカソードガス排出通路26の差圧が大きくなり、バイパス流量が大きくなるため、コンプレッサ流量としてのパージ水素希釈要求流量を低くすることができる

ためである。

- [0177] 負荷／酸素消費流量変換部B1034には、要求負荷が入力される。負荷／酸素消費流量変換部B1034は、入力された要求負荷に予め実験等で定められた負荷／酸素消費流量変換係数を乗じて燃料電池スタック1における酸素消費流量を算出する。なお、負荷／酸素消費流量変換部B1034は、要求負荷と燃料電池スタック1における酸素消費流量の関係を規定する所定のマップに基づいて酸素消費流量を算出しても良い。
- [0178] そして、本実施形態では、ページ水素希釈要求流量算出部B1033で算出されたページ水素希釈要求流量に、補正值としての上記酸素消費流量を加算してマックスセレクト部B1035に出力する。このように、ページ水素希釈要求流量に、燃料電池スタック1において電気化学反応で消費される酸素流量を表す酸素消費流量を加える補正を行うことで、ページ水素希釈要求流量の精度がより向上する。
- [0179] マックスセレクト部B1035には、湿潤制御要求目標流量演算部B1015からの湿潤制御要求目標流量、酸素分圧確保下限流量算出部B1031からの酸素分圧確保要求空気流量、圧力確保要求流量算出部B1032からの圧力確保要求流量、及び補正されたページ水素希釈要求流量が入力される。
- [0180] マックスセレクト部B1035は、これら湿潤制御要求目標流量、酸素分圧確保要求空気流量、圧力確保要求流量、及びページ水素希釈要求流量の内の最大の値を目標流量として流量・圧力F／B制御部B104に出力する。
- [0181] これにより、最終的な目標流量は、要求負荷に応じた燃料電池スタック1内の酸素分圧の確保、燃料電池スタック1の湿潤制御における要求、燃料電池スタック1へのカソードガスの圧力の確保、及び希釈要求の全てを満たした値となる。
- [0182] 図12は、流量・圧力F／B制御部B104の機能を説明する図である。図示のように、流量・圧力F／B制御部B104には、目標圧力演算部B102で演算された目標圧力、目標流量演算部B103で演算された目標流量

、カソードガス圧力の検出値、及びコンプレッサ流量の検出値が入力される。

[0183] 流量・圧力F/B制御部B104は、入力されたこれら値に基づいて、コンプレッサ出力、及びカソード調圧弁27の開度を調節する。

[0184] 本実施形態では、流量・圧力F/B制御部B104は、コンプレッサ流量が目標流量に収束するように、コンプレッサ出力を調節する。また、流量・圧力F/B制御部B104は、カソードガス圧力が目標圧力に収束するように、カソード調圧弁27の開度を調節する。

[0185] 次に、アノード系の制御について説明する。

[0186] 図13は、コントローラ200におけるアノード系の制御を説明するブロック図である。図示のように、コントローラ200は、目標水素圧力演算部B105と、水素調圧弁F/B制御部B106と、目標HRB (Hydrogen recirculation blower) 回転数演算部B107と、HRBF/B制御部B108と、を有する。

[0187] 図示のように、目標水素圧力演算部B105には、要求負荷及びカソードガス圧力の検出値が入力される。目標水素圧力演算部B105は、これら入力された値に基づいて、所定の目標アノードガス圧力マップを用いて目標アノードガス圧力を演算する。

[0188] 水素調圧弁F/B制御部B106には、演算された目標アノードガス圧力及びアノードガス圧力の検出値が入力される。水素調圧弁F/B制御部B106は、アノードガス圧力の検出値が目標アノードガス圧力に収束するように、アノード調圧弁33の開度を制御する。

[0189] また、目標HRB回転数演算部B107には、要求負荷が入力される。目標HRB回転数演算部B107は、入力された要求負荷に基づいて所定の目標HRB回転数マップからアノードガス循環ブロワ36の目標回転数である目標HRB回転数を演算する。

[0190] 図14は、目標HRB回転数マップの一例を示す。図示のように、要求負荷が増加するにつれて、すなわち燃料電池内の電気化学反応で消費されるベ

きアノードガス量が増加するにつれて、目標HRB回転数が高い値に設定される。

[0191] 図13に戻り、HRBF/B制御部B108には、目標HRB回転数演算部B107で演算された目標HRB回転数が入力される。HRBF/B制御部B108は、入力された目標HRB回転数に基づきアノードガス循環ブロワ36の回転数を制御する。

[0192] 以下では、本実施形態における燃料電池システム100の湿潤制御についてより詳細に説明する。

[0193] 図15は、本実施形態における燃料電池システム100の湿潤制御を説明するフローチャートである。この制御の処理手順は、所定の制御周期で繰り返し実行される。

[0194] ステップS10においてコントローラ200は、燃料電池スタック1の運転状態を検出する。本実施形態では、コントローラ200の指示に従って、エアフローメータ23がコンプレッサ流量を検出し、カソード圧力センサ25がカソードガス圧力を検出する。さらに、開度センサ29aが、バイパス弁29の開度を検出する。また、コントローラ200は、入口水温センサ46及び出口水温センサ47による冷却水温度の検出値に基づいてスタック温度の検出値を演算する。

[0195] ステップS20においてコントローラ200は、負荷装置5の要求負荷を取得する。

[0196] ステップS30においてコントローラ200は、インピーダンス計測装置6から、電解質膜の湿潤状態と相関のあるHFR測定値を取得する。

[0197] ステップS40においてコントローラ200の目標HFR演算部B1011(図4参照)は、要求負荷に基づいて目標HFRを演算する。

[0198] ステップS50においてコントローラ200の目標水収支演算部B1012(図4参照)は、HFR測定値が目標HFRに収束するように、すなわちHFR偏差に基づいて目標水収支を演算する。

[0199] ステップS60においてコントローラ200の優先順位設定部B1013

(図5参照)は、HFR計測値から実水収支を求める。

- [0200] ステップS70においてコントローラ200の優先順位設定部B1013は、ウェット操作を実施するか否かを判断する。具体的には、既に説明したように、優先順位設定部B1013は、目標水収支と実水収支の大小関係を判定し、 $\text{目標水収支} - \text{実水収支} > 0$ ならばウェット操作を実施すると判断し、そうでない場合、すなわち $\text{目標水収支} - \text{実水収支} \leq 0$ ならばウェット操作を実施しないと判断する。
- [0201] 上記ステップS70においてウェット操作を実施すると判断されると、ステップS80においてコントローラ200がウェット操作処理を実行する。また、上記ステップS70においてウェット操作を実施しないと判断されると、ステップS90においてコントローラ200がドライ操作を実行する。
- [0202] 以下では、ウェット操作及びドライ操作の流れを説明する。
- [0203] 図16は、ステップ80で実行されるウェット操作の流れを説明するフローチャートである。
- [0204] ステップS81において、湿潤制御要求目標流量演算部B1015(図5参照)が湿潤制御要求目標流量を演算する。既に図5において説明したように、湿潤制御要求目標流量演算部B1015は、目標水収支、スタック温度、カソードガス圧力としての大気圧検出値、及びバイパス弁開度としてのゼロに基づいて湿潤制御要求目標流量を演算する。
- [0205] したがって、湿潤制御要求目標流量演算部B1015は、ウェット操作にあたり、これらカソードガス圧力が最も低く、且つバイパス弁開度が最も低いことを前提に、湿潤制御要求目標流量を演算することとなる。すなわち、湿潤制御要求目標流量は、燃料電池を湿潤方向に制御することに最も寄与する最小の値として演算されることとなる。
- [0206] ステップS82において、湿潤制御要求目標圧力演算部B1014は、湿潤制御要求目標圧力を演算させる。既に図5において説明したように、湿潤制御要求目標圧力演算部B1014は、目標水収支、スタック温度、コンプレッサ流量の検出値、及びバイパス弁開度としてのゼロに基づいて、湿潤制

御要求目標圧力を演算する。

- [0207] すなわち、湿潤制御要求目標圧力演算部 B 1 0 1 4 は、バイパス弁開度を最も低い 0 としつつ、湿潤制御要求目標流量により減少方向（燃料電池スタック 1 の湿潤方向）に調節されているコンプレッサ流量としての検出値を用いて、湿潤制御要求目標圧力を演算する。
- [0208] ステップ S 8 3 において、目標バイパス弁開度演算部 B 1 0 1 6 が、目標バイパス弁開度を演算する。既に図 5 において説明したように、目標バイパス弁開度演算部 B 1 0 1 6 は、目標水収支、スタック温度、コンプレッサ流量の検出値、及びカソードガス圧力の検出値に基づいて目標バイパス弁開度を演算する。
- [0209] すなわち、目標バイパス弁開度演算部 B 1 0 1 6 は、コンプレッサ流量の減少及びカソードガス圧力の増加により燃料電池の湿潤方向への制御がなされている前提で、バイパス弁開度の増加量が最小限に設定されるように目標バイパス弁開度を演算することになる。
- [0210] ステップ S 8 4 においてコントローラ 2 0 0 は、ステップ S 8 1 で演算された湿潤制御要求目標流量、ステップ S 8 2 で演算された湿潤制御要求目標圧力、及びステップ S 8 3 で演算された目標バイパス弁開度に基づいて、コンプレッサ 2 2、カソード調圧弁 2 7、及びバイパス弁 2 9 を制御する。
- [0211] 具体的に、目標流量演算部 B 1 0 3（図 1 1 参照）が、ステップ S 8 1 で演算された湿潤制御要求目標流量等に基づいて、図 1 1 で説明したロジックにしたがい、目標流量を算出する。そして、流量・圧力 F / B 制御部 B 1 0 4（図 1 2 参照）が、算出された目標流量及びコンプレッサ流量検出値に基づいてコンプレッサ出力を調節する。
- [0212] また、目標圧力演算部 B 1 0 2（図 9 参照）が、ステップ S 8 2 で演算された湿潤制御要求目標圧力に基づいて、図 9 で説明したロジックにしたがい、目標圧力を算出する。そして、流量・圧力 F / B 制御部 B 1 0 4（図 1 2 参照）が、算出された目標圧力及びカソードガス圧力検出値に基づいてカソード調圧弁開度を調節する。

- [0213] さらに、膜湿潤F/B制御部B101（図3参照）が、ステップS83で演算された目標バイパス弁開度に基づいてバイパス弁開度を調節する。
- [0214] したがって、カソードガス圧力を大気圧検出値及びバイパス弁開度をゼロとして演算された湿潤制御要求目標流量に基づく目標流量で定まるコンプレッサ流量は、湿潤制御パラメータとして最も優先された第1位湿潤制御パラメータとなる。
- [0215] 一方、図11において説明したように、目標流量は、湿潤制御要求目標流量、酸素分圧確保下限流量、圧力確保要求流量、及びパージ水素希釈要求流量の内の最大値として設定されるので、目標流量は酸素分圧確保下限流量を下回らない。したがって、本実施形態ではコンプレッサ流量は酸素分圧確保下限流量を下回らないように調節されることとなる。
- [0216] また、コンプレッサ流量を検出値及びバイパス弁開度をゼロとして演算された湿潤制御要求目標圧力に基づく目標圧力により定まるカソードガス圧力は、湿潤制御パラメータとして2番目に優先された第2位湿潤制御パラメータとなる。
- [0217] 一方、図9において説明したロジックに従えば、目標圧力は過剰昇圧防止上限圧力を超えないように設定される。したがって、本実施形態では、カソードガス圧力は過剰昇圧防止上限圧力を超えないように調節されることとなる。
- [0218] さらに、コンプレッサ流量を検出値及びカソードガス圧力を検出値として演算された目標バイパス弁開度により定まるバイパス弁開度は、湿潤制御パラメータとして最も優先度が低い第3位湿潤制御パラメータとなる。
- [0219] ここで、図17において、ウェット操作時における各湿潤制御パラメータの優先順位と、これら湿潤制御パラメータのその増減傾向の関係を現した表を示す。
- [0220] 図示のように、ウェット操作では、第1位湿潤制御パラメータとしてのコンプレッサ流量が減少するように、コンプレッサ出力が低下される。また、このコンプレッサ流量の減少が実行された上で、第2位湿潤制御パラメータ

としてのカソードガス圧力が増加するようにカソード調圧弁 27 の開度が減少される。さらに、コンプレッサ流量の減少及びカソードガス圧力の増加が実行された上で、バイパス流量が増加するように第 3 位湿潤制御パラメータとしてのバイパス弁開度が増加される。

[0221] すなわち、ウェット操作において、コンプレッサ流量の減少、カソードガス圧力の増加、及びバイパス弁開度の増加の優先順位で、燃料電池スタック 1 の湿潤方向への制御が行われることとなる。

[0222] 図 18 は、ある要求負荷におけるウェット操作時の燃料電池システム 100 の状態の変化の一例を説明する図である。ここで、図に示す符号「C1」で示す直線の矢印は、コンプレッサ 22 の出力を低下させてコンプレッサ流量を減少させる操作を表す。すなわち、図 18 から明らかであるが、この操作においてはバイパス弁開度が一定ならば、スタック流量が減少することとなる。

[0223] また、符号「C2」で示す屈折した矢印は、カソード調圧弁 27 の開度を減少させる操作を表す。そして、符号「C3」で示す直線の矢印は、バイパス弁開度を増加させる操作、すなわちバイパス流量を増加させる操作を表す。

[0224] また、図 18 においては、スタック温度がある温度  $T_1$  であるときの目標湿潤状態線及びスタック温度がある温度  $T_2$  であるときの目標湿潤状態線を点線で示している ( $T_1 < T_2$ )。さらに、図 18 では、コンプレッサ 22 のサージング回避の観点から定められるカソードガス圧力に対するスタック供給流量の最低値を表すカソード系運転限界線を一点鎖線で示している。また、酸素分圧確保下限流量及び過剰昇圧防止上限圧力を破線で示している。

[0225] 図 18 では、ウェット操作を行い、燃料電池システム 100 の運転点を、現在の運転点から目標の運転点へ遷移させることを想定している。ここで、現在の運転点は、スタック温度がある温度  $T_1$  であり、当該温度  $T_1$  に応じた目標湿潤状態を満たしている状態である。なお、目標湿潤状態とは、水収支偏差  $\Delta Q$  がゼロとなる状態である。

- [0226] 一方、目標の運転点は、スタック温度が温度  $T_2$  ( $> T_1$ ) であり、当該温度  $T_2$  に応じた目標湿潤状態を満たすある運転点である。したがって、燃料電池システム 100 の運転点を現在の運転点から目標の運転点へ遷移させるには、燃料電池をより湿潤させるようにウェット操作を行われることとなる。
- [0227] ウェット操作においては、先ず、矢印 C 1 で示すように、現在の運転点からコンプレッサ流量を減少させる。既に説明したように目標流量は酸素分圧確保下限流量を下回らないように調節されるので（図 11 参照）、コンプレッサ流量（スタック供給流量）は酸素分圧確保下限流量で下げ止まる。
- [0228] 次に、矢印 C 2 で示すように、カソードガス圧力を増加させる。既に説明したように目標圧力は過剰昇圧防止上限圧力を超えないように調節されるので（図 9 参照）、カソードガス圧力は過剰昇圧防止上限圧力で上げ止まる。ここで、矢印 C 2 では、カソードガス圧力が過剰昇圧防止上限圧力を越えて増加しないように調節されていることで、カソードガス圧力が過剰に増加することが抑制される。
- [0229] 特に、このカソードガス圧力を増加させる操作では、運転点をカソード系運転限界線に維持するように、コンプレッサ流量も増加する。しかしながら、コンプレッサ流量が増加し続けると、コンプレッサ出力が高くなり、電力消費量の増大に起因する燃費の低下が懸念される。また、コンプレッサ流量が増加すると、スタック供給流量が増加し、燃料電池スタック 1 の過乾燥を誘発する恐れもある。
- [0230] このような懸念に対して、本実施形態ではカソードガス圧力が過剰昇圧防止上限圧力を超えないように制限していることで、コンプレッサ 22 の消費電力の増大や燃料電池スタック 1 の過乾燥の発生を抑制することができる。
- [0231] さらに、矢印 C 3 で示すように、バイパス弁開度を増加させて、スタック供給流量を減少させ、燃料電池を湿潤方向にし、燃料電池システム 100 を目標運転点に到達させる。
- [0232] このように、本実施形態では、ウェット操作を行うにあたり、コンプレッ

サ流量を減少させる操作を、バイパス弁開度を増加させる操作に優先して実行している。これにより、コンプレッサ流量が流量下限値に低下する前にバイパス弁開度を増加させた結果、スタック供給流量確保の観点から目標流量が高く設定されてしまい、コンプレッサ出力が過剰に増加することによる消費電力の増大や騒音の発生を抑制することができる。

[0233] また、本実施形態では、カソードガス圧力を増加させる操作を、バイパス弁開度を増加させる操作に優先して実行している。したがって、カソードガス圧力が低い状態でバイパス弁開度を増加させた結果、スタック供給流量が減少し、燃料電池スタック1の出力電圧の低下や燃料電池セル電圧のばらつきが増大してしまうことを抑制することができる。

[0234] 図19は、図15のステップS90で実行されるドライ操作の流れを説明するフローチャートである。

[0235] ステップS91において、目標バイパス弁開度演算部B1016は、目標バイパス弁開度を演算する。既に図5において説明したように、ドライ操作では、目標バイパス弁開度演算部B1016は、目標水収支、スタック温度、コンプレッサ流量としての流量最低値、及びカソードガス圧力としての大気圧検出値に基づいて目標バイパス弁開度を演算する。

[0236] すなわち、目標バイパス弁開度演算部B1016は、ドライ操作を行うにあたり、コンプレッサ流量が流量最低値であり、カソードガス圧力が大気圧検出値であることを前提として、目標バイパス弁開度を演算する。すなわち、目標バイパス弁開度演算部B1016は、目標バイパス弁開度を、バイパス弁開度が可能な限り小さく設定されるように演算される。

[0237] ステップS92において、湿潤制御要求目標圧力演算部B1014は、湿潤制御要求目標圧力を演算する。既に図5において説明したように、ドライ操作時では、湿潤制御要求目標圧力演算部B1014は、目標水収支、スタック温度、コンプレッサ流量としての流量最低値、及びバイパス弁開度として検出値に基づいて、湿潤制御要求目標圧力を演算する。

[0238] すなわち、コンプレッサ流量として燃料電池スタック1の乾燥側への制御

に対する寄与が最も低い流量最低値、及びバイパス弁開度として上記目標バイパス弁開度により減少方向（燃料電池スタック1の乾燥方向）に調節されている検出値に基づいて、湿潤制御要求目標圧力を演算する。

[0239] ステップS93において、湿潤制御要求目標流量演算部B1015は、湿潤制御要求目標流量を演算する。既に図5において説明したように、湿潤制御要求目標流量演算部B1015は、ドライ操作時において、目標水収支、スタック温度、バイパス弁開度の検出値、及びカソードガス圧力の検出値に基づいて湿潤制御要求目標流量を演算する。

[0240] すなわち、湿潤制御要求目標流量演算部B1015は、上記目標バイパス弁開度により既に減少方向（燃料電池スタック1の乾燥方向）に調節されているバイパス弁開度の検出値、及び上記湿潤制御要求目標圧力により既に減少方向（燃料電池スタック1の乾燥方向）に調節されているカソードガス圧力の検出値に基づいて、湿潤制御要求目標流量を演算する。

[0241] ステップS94においてコントローラ200は、ステップS91で演算された目標バイパス弁開度、ステップS82で演算された湿潤制御要求目標圧力、及びステップS93で演算された湿潤制御要求目標流量に基づいて、バイパス弁29、カソード調圧弁27、及びコンプレッサ22を制御する。なお、具体的な制御の態様は、ステップS84の場合と同様である。

[0242] 具体的に、ステップS91で算出された目標バイパス弁開度に基づいて、膜湿潤F/B制御部B101が、バイパス弁開度を調節する（図3及び図5参照）。また、目標圧力演算部B102がステップS92で算出された湿潤制御要求目標圧力に基づいて、図9で説明したロジックにしたがい目標圧力を演算する。そして、流量・圧力F/B制御部B104がこの目標圧力に基づいてカソード調圧弁27の開度を調節する。

[0243] さらに、目標流量演算部B103が、ステップS93で算出された湿潤制御要求目標流量に基づいて、図11で説明したロジックにしたがい目標流量を演算する。そして、流量・圧力F/B制御部B104がこの目標流量に基づいてコンプレッサ出力を調節する。

- [0244] したがって、ドライ操作時においては、コンプレッサ流量を流量最低値及びカソードガス圧力を大気圧検出値として演算された目標バイパス弁開度により定まるバイパス弁開度は、湿潤制御パラメータとして最も優先された第1位乾燥制御パラメータとなる。
- [0245] また、ドライ操作時においては、バイパス弁開度を検出値及びコンプレッサ流量を流量最低値として演算された湿潤制御要求目標圧力に基づく目標圧力による定まるカソードガス圧力は、湿潤制御パラメータとして2番目に優先された第2位乾燥制御パラメータとなる。
- [0246] さらに、ドライ操作時においては、バイパス弁開度を検出値及びカソードガス圧力を検出値として演算された湿潤制御要求目標流量に基づく目標流量による定まるコンプレッサ流量は、湿潤制御パラメータとして最も優先度が低い第3位乾燥制御パラメータとなる。
- [0247] ここで、図20において、ドライ操作時における各湿潤制御パラメータの優先順位と、これら湿潤制御パラメータのその増減傾向の関係を示した表を示す。
- [0248] 図示のように、ドライ操作では、バイパス流量が減少するように、第1位乾燥制御パラメータとしてのバイパス弁開度が減少される。また、バイパス弁開度が減少された上で、第2位乾燥制御パラメータとしてのカソードガス圧力が減少するようにカソード調圧弁27の開度が増加される。さらに、バイパス弁開度の減少及びカソードガス圧力の減少が実行された上で、第3位乾燥制御パラメータとしてのコンプレッサ流量が増加される。
- [0249] このように、ドライ操作においては、カソードガス圧力の減少及びコンプレッサ流量の増加に優先して、バイパス弁開度を減少させる。これにより、ドライ操作時において、バイパス弁開度が比較的大きい状態で、カソードガス圧力を減少させることを抑制することができる。したがって、当該カソードガス圧力の減少に起因してコンプレッサ流量を増加させるべくコンプレッサ22の出力が上昇するよう制御されることが抑制され、その結果、消費電力の増大や騒音が発生をより低減することができる。

[0250] 次に、燃料電池システム100の湿潤制御の一例における経時的な流れを説明する。

[0251] 図21は、燃料電池システム100の湿潤制御の一例における経時的な流れを説明するタイムチャートである。特に、図21(a)～図21(f)は、それぞれ、燃料電池システム100の負荷（例えば、各負荷への電力供給量又は出力電流を意味する）、スタック温度、HFR、圧力、流量、及びバイパス弁開度の経時変化を表している。

[0252] なお、図21(c)では、目標HFRを実線で示し、HFR測定値を破線で示す。また、図21(d)では、目標圧力を太い実線で示し、酸素分圧確保要求圧力を細い実線で示し、湿潤制御要求目標圧力を破線で示し、過剰昇圧防止上限圧力を一点鎖線で示す。なお、説明の簡略化のため、膜間差圧許容上限圧力は図において反映していない。さらに、図21(e)では、コンプレッサ流量を太い実線で示し、スタック供給流量を細い実線で示す。また、図21(f)では、バイパス弁開度の検出値を実線で示し、バイパス弁29が全開状態のときに相当する開度を破線で示している。

[0253] 図に示す時間区間(i)において、燃料電池システム100はアイドル状態である。ここで、アイドル状態とは、燃料電池スタック1から走行モータやコンプレッサモータ22a等の補記類への電力供給量が略ゼロであり、燃料電池スタック1の発電電力量が相対的に少なく、発電電力が図示しないバッテリー等に供給されている状態である。

[0254] 時間区間(i)では、燃料電池スタック1への発電要求電力（要求負荷）が小さいため、燃料電池スタック1を湿潤させる要求は低い。したがって、燃料電池スタック1を比較的湿潤していない状態（乾燥した状態）に保つべく、目標HFRが比較的高い一定値に設定される。したがって、目標水収支が比較的小さい一定値に設定された状態で湿潤制御が行われている。

[0255] 一方、時間区間(i)において、図9で説明したロジックにしたがいロードガス圧力の上限值とされる過剰昇圧防止上限圧力は、要求負荷やスタック温度が低いため、比較的低い値に設定されている（図21(a)、(b)）

、(d) )。したがって、カソードガス圧力は過剰昇圧防止上限圧力に応じた比較的低い値をとる。また、上述した湿潤制御の結果として、バイパス弁開度は比較的小さい一定値に設定される(図21(f))。

[0256] 時間区間(i i)において、アイドル状態が終了して要求負荷及びスタック温度が上昇し(図21(a)、(b))、燃料電池システム100の負荷が上昇する。これにともない、要求負荷及びスタック温度が上昇し、目標HFRが低下する(図21(c))。ここで、図示のように時間区間(i i)では、HFR測定値が目標HFR値を超えた状態となる。したがって、目標水収支よりも実水収支が低くなり、目標湿潤状態を実現すべくウェット操作が開始されることとなる。

[0257] ここで、時間区間(i i)におけるウェット操作では、要求負荷の上昇にもとない図11で説明した酸素分圧確保下限流量をある程度の値に確保する必要がある。したがって、図11で示すロジックから理解されるように、湿潤制御要求目標流量を減少させたとしても目標流量を減少させることはできない。したがって、ウェット操作を行うにあたり、図5で説明したロジックにしたがい、第1位湿潤制御パラメータであるコンプレッサ流量の減少ではなくその次に優先される第2位湿潤制御パラメータであるカソードガス圧力の増加させる操作が実行される(図21(d)の目標圧力参照)。一方、図9のロジックに従えば、目標圧力は過剰昇圧防止上限圧力以下に制御されるので、カソードガス圧力は上限である過剰昇圧防止上限圧力に制限されつつ増加されることとなる。

[0258] また、時間区間(i i)では、カソードガス圧力を過剰昇圧防止上限圧力まで増加させることで、燃料電池スタック1を要求される程度に湿潤方向へ移行させることができるので、第3位湿潤制御パラメータであるバイパス弁開度は維持されたままである。

[0259] 時間区間(i i i)において、燃料電池システム100の負荷の上昇が終了する。これに伴い、目標HFRが静定する。そして、時間区間(i i)からのウェット操作により湿潤が進行し、目標水収支よりも実水収支が高くな

る。したがって、時間区間（*i i i*）では、目標湿潤状態を実現すべくドライ操作が開始される。

[0260] ここで、時間区間（*i i i*）のドライ操作では、図5で説明したロジックにしたがい、操作することが最も優先される第1位乾燥制御パラメータであるバイパス弁開度がゼロとされる（図21（f））。そして、バイパス弁開度をゼロとするドライ操作を補完するように、第2位乾燥制御パラメータであるカソードガス圧力を減少させる（図21（d））。これにより、カソードガス圧力が、図9で説明した下限値の酸素分圧確保要求圧力まで減少する。なお、これら操作により、燃料電池スタック1を要求される程度に乾燥方向へ移行させることができるので、第3位乾燥制御パラメータであるコンプレッサ流量は維持される（図21（e））。

[0261] 時間区間（*i v*）において、時間区間（*i i i*）におけるドライ操作の結果、HFR測定値が目標HFRに静定し（図21（c））、そして、カソードガス圧力が下限値である酸素分圧確保要求圧力まで低下する（図21（d））。

[0262] 時間区間（*v*）において、スタック温度の上昇に応じてHFR測定値が増加する。これにより、目標水収支よりも実水収支が低くなり、ウェット操作が開始される。このウェット操作において、図11のロジックにしたがい、第1位湿潤制御パラメータであるコンプレッサ流量について、酸素分圧確保下限流量を確保する観点から目標流量は減少しない。したがって、このウェット操作では、第2位湿潤制御パラメータであるカソードガス圧力を増加させるべく、目標圧力を増加させる。

[0263] 次に、時間区間（*v i*）において、時間区間（*v*）のウェット操作によりカソードガス圧力が上昇する。したがって、図11のロジックにしたがい、圧力確保要求流量が増加し、結果として目標流量が増加するため、コンプレッサ流量が増加する。

[0264] そして、時間区間（*v i i*）において、時間区間（*v*）のウェット操作によるカソードガス圧力の増加にともない、カソードガス圧力が再度過剰昇圧

防止上限圧力に到達する。したがって、図9のロジックにしたがえば、これ以上、カソードガス圧力は増加しない。しかしながら、燃料電池スタック1はまだ目標湿潤状態に到達してないので、第3位湿潤制御パラメータであるバイパス弁開度の増加が開始される(図21(f))。このバイパス弁開度の増加により、HFR測定値が目標HFRに近づくように減少する(図21(c))。

[0265] 時間区間(v i i i)において、HFR測定値が時間区間(v i i)から引き続き減少しており、目標HFRに静定する(図21(c))。また、負荷も高負荷状態及びスタック温度も高温状態に静定する(図21(a)及び(b))。

[0266] 時間区間(i x)において、負荷及びスタック温度が減少する。この負荷の減少にともない、過剰昇圧防止上限圧力が低下するので(図21(d))、図9のロジックにしたがい、カソードガス圧力が過剰昇圧防止上限圧力に制限されつつ低下することとなる。また、カソードガス圧力の低下にともない、HFR測定値がさらに増加する(燃料電池スタック1がより乾燥側になる)。

[0267] したがって、再度、ウェット操作が行われる。ここで、第1位湿潤制御パラメータであるコンプレッサ流量は、図11のロジックにしたがい、酸素分圧確保下限流量に制限されているため、減少しない。また、第2位湿潤制御パラメータであるカソードガス圧力は、過剰昇圧防止上限圧力に制限されているため、図9のロジックにしたがい増加しない。したがって、本ウェット操作においては、第3位湿潤制御パラメータであるバイパス弁開度をさらに増加させ、全開相当の開度とする(図21(f))。

[0268] 次に、時間区間(x)において、スタック温度の低下及び時間区間(i x)における上記ウェット操作にともない、HFR測定値が低下する(図21(c))。その結果、燃料電池スタック1の湿潤が進み、目標水収支よりも実水収支よりも高くなる。したがって、ドライ操作が行われる。本ドライ操作においては、第1位乾燥制御パラメータであるバイパス弁開度を減少させ

る（図 21（f））。また、本時間区間（x）では、スタック温度の低下にともない、過剰昇圧防止上限圧力が低下する（図 21（d））。したがって、過剰昇圧防止上限圧力に制限されているカソードガス圧力も低下する。

[0269] 時間区間（x i）において、バイパス弁開度の減少（ウェット操作）が終了し、燃料電池システム 100 は再びアイドル状態に移行する。

[0270] 以上、説明した本実施形態にかかる燃料電池システム 100 の制御方法の効果について説明する。

[0271] 本実施形態によれば、カソードガスの一部をバイパスさせつつ燃料電池としての燃料電池スタック 1 に供給する燃料電池システム 100 で、湿潤制御パラメータを調節して燃料電池スタック 1 の湿潤状態を制御する燃料電池システム 100 の湿潤状態制御方法が提供される。そして、この燃料電池システム 100 の湿潤状態制御方法では、湿潤制御パラメータが、バイパス弁開度、カソードガス圧力、及びカソードガス流量としてのコンプレッサ流量を含み、燃料電池スタック 1 を湿潤方向に制御する際（ウェット操作時）に、バイパス弁開度の調節に優先してカソードガス圧力及びコンプレッサ流量を調節する。

[0272] 特に、本実施形態では、燃料電池スタック 1 と、燃料電池スタック 1 を含むカソード系 1、21、26、28 にカソードガスを供給するカソードガス供給装置としてのコンプレッサ 22 と、コンプレッサ 22 から燃料電池スタック 1 に供給されるカソードガスの一部をバイパスするバイパス通路 28 と、バイパス通路 28 に設けられるバイパス弁 29 と、バイパス弁 29 の開度を調節するバイパス弁開度調節装置としての膜湿潤 F/B 制御部 B101 と、カソードガス圧力を調節するカソードガス圧力調節装置としてのカソード調圧弁 27 と、コンプレッサ 22 によりカソード系 1、21、26、28 に供給されるカソードガス流量を調節するカソードガス流量調節装置としてのコンプレッサモータ 22a と、燃料電池スタック 1 の湿潤状態を取得する湿潤状態取得装置としてのインピーダンス計測装置 6 と、バイパス弁 29 の開度を取得するバイパス弁開度取得装置としての開度センサ 29a と、カソー

ドガス圧力を取得するカソードガス圧力取得部としてのカソード圧力センサ 25 と、コンプレッサ流量を取得するカソードガス流量取得部としてのエアフローメータ 23 と、膜湿潤 F / B 制御部 B 1 0 1 によるバイパス弁開度の調節、カソード調圧弁 27 によるカソードガス圧力の調節、及びコンプレッサモータ 22 a によるコンプレッサ流量の調節の優先順位を設定する優先順位設定部 B 1 0 1 3 と、を有する湿潤状態制御装置が提供される。

[0273] そして、この湿潤状態制御装置では、優先順位設定部 B 1 0 1 3 は、燃料電池スタック 1 を湿潤方向に制御する際に、膜湿潤 F / B 制御部 B 1 0 1 によるバイパス弁開度の調節に対して、カソード調圧弁 27 によるカソードガス圧力の調節及びコンプレッサモータ 22 a によるカソードガス流量の調節が優先されるように優先順位を設定する。

[0274] これにより、ウェット操作にあたり、バイパス弁開度の調節に優先して、カソードガス圧力及びコンプレッサ流量が調節されることとなる。したがって、ウェット操作時に、コンプレッサ流量やカソードガス圧力の調節がなされていない状態でバイパス弁開度を調節することにより発生するスタック供給流量の過不足を抑制し、燃料電池スタック 1 の湿潤状態を好適に維持することができる。

[0275] また、本実施形態では、燃料電池スタック 1 を乾燥方向に制御するドライ操作を実行する際に、コンプレッサ流量及びカソードガス圧力の調節に優先してバイパス弁開度を調節する。

[0276] 特に、本実施形態の燃料電池システム 100 の湿潤状態制御装置では、優先順位設定部 B 1 0 1 3 は、ドライ操作の際に、カソード調圧弁 27 によるカソードガス圧力の調節及びコンプレッサモータ 22 a によるカソードガス流量の調節の少なくとも一方に対し、膜湿潤 F / B 制御部 B 1 0 1 によるバイパス弁開度の調節を優先させる。

[0277] これにより、ドライ操作時には、バイパス弁開度が調節されていない状態で、コンプレッサ流量やカソードガス圧力が調節されることを抑制することができる。したがって、ドライ操作時に、バイパス弁開度が調節され

ていない状態でコンプレッサ流量やカソードガス圧力を調節することにより発生するスタック供給流量の過不足を抑制し、燃料電池スタック1の湿潤状態を好適に維持することができる。

[0278] また、本実施形態によれば、カソードガスの一部をバイパスさせつつ燃料電池としての燃料電池スタック1に供給する燃料電池システム100で、湿潤制御パラメータを調節して燃料電池スタック1の湿潤状態を目標湿潤状態に近づけるように制御する燃料電池システム100の湿潤状態制御方法が提供される。そして、この湿潤状態制御方法では、湿潤制御パラメータが、バイパス弁開度、カソードガス圧力、及びカソードガス流量としてのコンプレッサ流量を含み、ウェット操作の際には、カソードガス流量としてのコンプレッサ流量の減少及びカソードガス圧力の増加を実行し、コンプレッサ流量の減少及びカソードガス圧力の増加による燃料電池スタック1の湿潤方向への制御を補完するように、バイパス弁開度を増加させる。

[0279] これにより、ウェット操作時において、バイパス弁開度を増加させることが優先して実行され、コンプレッサ流量の減少及びカソードガス圧力の増加が補助的に実行されることとなる。したがって、ウェット操作時に、燃料電池スタック1の湿潤状態を目標湿潤状態により確実に近づけつつ、コンプレッサ流量の減少やカソードガス圧力の増加がなされていない状態でバイパス弁開度を増加させることによるスタック供給流量の過不足を抑制し、燃料電池スタック1の湿潤状態を好適に維持することができる。

[0280] 特に、ウェット操作時において、コンプレッサ流量の減少がバイパス弁開度の増加に優先して実行されることで、コンプレッサ流量が低下する前にバイパス弁開度を増加させた結果、目標流量が高く設定されてしまいコンプレッサ出力が過剰に増加することによる消費電力の増大や騒音の発生を抑制することができる。

[0281] さらに、ウェット操作時において、カソードガス圧力の増加がバイパス弁開度の増加に優先して実行されることとなる。したがって、カソードガス圧力が増加する前にバイパス弁開度を増加させた結果、燃料電池スタック1へ

のカソードガスの供給流量が減少し、燃料電池スタック1の出力電圧の低下や燃料電池セル電圧のばらつきが増大することを抑制することができる。

[0282] また、本実施形態における湿潤状態制御方法では、コントローラ200が、燃料電池スタック1を湿潤方向に制御するウェット操作の際には、カソードガス圧力の最低値である大気圧検出値、及びバイパス弁開度の最低値(=0)に基づいてコンプレッサ22の湿潤制御要求目標流量を演算し、コンプレッサ流量検出値、及びバイパス弁開度の最低値に基づいてカソードガスの湿潤制御要求目標圧力を演算し、カソードガス圧力検出値、コンプレッサ流量検出値に基づいてバイパス弁開度目標値を演算し、コンプレッサ流量、カソードガス圧力、及びバイパス弁開度を、それぞれ、湿潤制御要求目標流量、湿潤制御要求目標圧力、及び目標バイパス弁開度に近づくように調節する。

[0283] これにより、ウェット操作時において、コンプレッサ流量の減少、カソードガス圧力の増加、及びバイパス弁開度の増加の順に操作の優先順位が定められることとなる。したがって、コンプレッサ流量やカソードガス圧力の調節がなされていない状態でバイパス流量を調節しないようにする構成をより容易に実現することができる。

[0284] さらに、本実施形態における湿潤状態制御方法では、燃料電池スタック1を乾燥方向に制御するドライ操作の際に、バイパス弁開度を減少させる操作を行い、このバイパス弁開度の減少操作を補完するように、コンプレッサ流量の増加及びカソードガス圧力の減少を実行する。

[0285] これにより、ドライ操作時において、バイパス弁開度が減少した後にコンプレッサ流量が増加するので、バイパス弁開度が減少する前にコンプレッサ流量が増加することで生じ得る、燃料電池スタック1へのカソードガスの過剰供給をより確実に防止することができる。

[0286] また、ドライ操作時において、バイパス弁開度が減少した後にカソードガス圧力が減少するので、バイパス流量が減少しきっていない状態でカソードガス圧力を減少させることを抑制することができる。これにより、カソード

ガス圧力の減少に起因してコンプレッサ流量を増加させるべくコンプレッサ出力が上昇するよう制御されることが抑制され、その結果、消費電力の増大や騒音が発生をより低減することができる。

[0287] さらに、本実施形態における湿潤状態制御方法では、コントローラ200は、燃料電池スタック1を乾燥方向に制御するドライ操作の際には、カソードガスの圧力の最低値である大気圧検出値、及びカソードガス流量の最低値である流量最低値に基づいてバイパス弁開度の目標値を演算し、バイパス開度の検出値、及び流量最低値に基づいて湿潤制御要求目標圧力を演算し、バイパス弁開度の検出値、及びカソードガス圧力の検出値に基づいて湿潤制御要求目標流量を演算し、バイパス弁開度、カソードガス圧力、及びカソードガス流量を、それぞれ、目標バイパス弁開度、湿潤制御要求目標圧力、及び湿潤制御要求目標流量に近づくように調節する。

[0288] これにより、ドライ操作時において、バイパス弁開度の減少、カソードガス圧力の減少、及びコンプレッサ流量の順に操作の優先順位が定められることとなる。バイパス弁開度を減少させた後に、カソードガス圧力の減少及びコンプレッサ流量の増加を実行する構成をより容易に実現することができる。

[0289] また、本実施形態における湿潤状態制御方法では、カソードガス圧力が圧力上限値としての過剰昇圧防止上限圧力を超えないように制限される。

[0290] これにより、カソードガス圧力が無駄に増加することが抑制され、コンプレッサ流量が増加し続けることによるコンプレッサ22の出力の増加を抑制し、燃費の改善や騒音の抑制に寄与することができる。

[0291] さらに、本実施形態における湿潤状態制御方法では、過剰昇圧防止上限圧力を、要求負荷、及び燃料電池の温度であるスタック温度に基づいて演算している。

[0292] これにより、高負荷状態などにおいては、目標圧力が高くなることから過剰昇圧防止上限圧力を相対的に高く設定する一方で、低負荷状態などにおいては、目標圧力が低くなることから過剰昇圧防止上限圧力を相対的に低く設

定できる。特に、低負荷状態や低温時に、過剰昇圧防止上限圧力を相対的に低く設定しておけば、カソードガス圧力が過剰に増加することが抑制され、コンプレッサ出力を減少させることができ、燃費の改善や騒音の抑制に寄与することができる。

[0293] なお、過剰昇圧防止上限圧力を、目標HFRや目標水収支等の目標湿潤状態に基づいて演算するようにしても良い。これにより、燃料電池スタック1が目標とする湿潤状態に応じて好適にカソードガス圧力の上限を調節することができる。

[0294] また、本実施形態における燃料電池システム100の制御方法では、コンプレッサ流量がその下限値である流量下限値（酸素分圧確保下限流量）を下回らないように調節される。

[0295] これにより、ウェット操作時等においてコンプレッサ流量が過小になることにより、燃料電池スタック1に供給されるコンプレッサ流量が不足して発電状態が不安定になることが防止される。

[0296] 特に、流量下限値である酸素分圧確保下限流量は、燃料電池スタック1が要求するカソードガスの供給流量（スタック供給流量）を満たすように設定される。

[0297] これにより、例えば要求負荷に応じた発電量を満たすために必要なスタック供給流量がより確実に確保されることとなり、燃料電池スタック1内の酸素濃度が好適に保たれ、発電状態が適切に維持される。

[0298] さらに、流量下限値を、燃料電池スタック1内における局所水つまりを防止し得るように設定しても良い。これにより、より一層、燃料電池の湿潤状態が好適に保たれ、過乾燥やフラディングが防止され、より良好な発電状態の維持に資することとなる。

[0299] 以上、本発明の実施形態について説明したが、上記実施形態は本発明の適用例の一部を示したに過ぎず、本発明の技術的範囲を上記実施形態の具体的な構成に限定する趣旨ではない。

[0300] 例えば、上記実施形態では、ウェット操作時に、コンプレッサ流量を第1

位湿潤制御パラメータ、カソードガス圧力を第2位湿潤制御パラメータ、及びバイパス弁開度を第3位湿潤制御パラメータとして湿潤制御を行っている。

[0301] しかしながら、本発明は、少なくともコンプレッサ流量及びカソードガス圧力の何れか一方が、バイパス弁開度よりも優先される湿潤制御パラメータとされるならば、必ずしも上記実施形態における湿潤制御パラメータの優先順位に限定されるものではない。すなわち、コンプレッサ流量を第1位湿潤制御パラメータ、バイパス弁開度を第2位湿潤制御パラメータ、及びカソードガス圧力を第3位湿潤制御パラメータとしても良い。また、カソードガス圧力を第1位湿潤制御パラメータ、バイパス弁開度を第2位湿潤制御パラメータ、及びコンプレッサ流量を第3位湿潤制御パラメータとしても良い。

[0302] また、本実施形態においては、図5で説明したように、ウェット操作を実行するにあたり、調節量が最大とされるコンプレッサ流量が第1位湿潤制御パラメータとして優先され、カソードガス圧力やバイパス弁開度が第2位又は第3位湿潤制御パラメータとされている。しかしながら、優先順位の設定の様子はこれに限られず、例えば、ウェット操作にあたり、第1位湿潤制御パラメータであるコンプレッサ流量の調節を最初に行い、その後、第2位湿潤制御パラメータであるカソードガス圧力の調節を次に行い、最後にバイパス弁開度の調節を行うなど、各湿潤制御パラメータに時間的な優先関係を設定するようにしても良い。なお、ドライ操作においても、各湿潤制御パラメータに時間的な優先関係を設定することができる。

[0303] さらに、ドライ操作時における、湿潤制御パラメータの優先順位についても、必ずしも上記実施形態に限定されるものではない。

[0304] また、湿潤制御パラメータとして、コンプレッサ流量及びカソードガス圧力以外の他のパラメータ、例えばHRB回転数等が含まれていても良い。

[0305] また、本実施形態の燃料電池システム100の各構成も、上記実施形態に限定されるものではない。例えば、カソード調圧弁27を電磁弁に代えて、オリフィス等の固定開度を有する絞り部として構成しても良い。また、コン

プレッサ22に、カソードガス排出通路26からのカソードガスや高圧タンク31からのアノードガスの供給を受けて駆動するタービンを付属しても良い。

[0306] また、本実施形態におけるHFR測定値を、スタック温度により補正するようにしても良い。

[0307] なお、上記実施形態は、適宜組み合わせ可能である。

[0308] 本願は、2016年3月15日に日本国特許庁に出願された特願2016-051340号に基づく優先権を主張し、この出願の全ての内容は参照により本明細書に組み込まれる。

## 請求の範囲

- [請求項1]           カソードガスの一部をバイパスさせつつ燃料電池に供給する燃料電池システムで、湿潤制御パラメータを調節して前記燃料電池の湿潤状態を制御する燃料電池システムの湿潤状態制御方法であって、
- 前記湿潤制御パラメータが、バイパス弁開度、カソードガス圧力、及びカソードガス流量を少なくとも含み、
- 前記燃料電池を湿潤方向に制御する際に、前記バイパス弁開度の調節に優先して前記カソードガス流量及び前記カソードガス圧力の少なくとも何れか一方を調節する、
- 燃料電池システムの湿潤状態制御方法。
- [請求項2]           請求項1に記載の燃料電池システムの湿潤状態制御方法であって、
- 前記燃料電池を乾燥方向に制御する際に、前記カソードガス流量及び前記カソードガス圧力の少なくとも何れか一方の調節に優先して、前記バイパス弁開度を調節する、
- 燃料電池システムの湿潤状態制御方法。
- [請求項3]           カソードガスの一部をバイパスさせつつ燃料電池に供給する燃料電池システムで、湿潤制御パラメータを調節して前記燃料電池の湿潤状態を目標湿潤状態に近づけるように制御する燃料電池システムの湿潤状態制御方法であって、
- 前記湿潤制御パラメータが、バイパス弁開度、カソードガス圧力、及びカソードガス流量を少なくとも含み、
- 前記燃料電池を湿潤方向に制御する際には、
- 前記カソードガス流量の減少及び前記カソードガス圧力の増加の少なくとも何れか一方を実行し、
- 前記カソードガス流量の減少及び前記カソードガス圧力の増加の少なくとも何れか一方による前記燃料電池の湿潤方向への制御を補完するように、前記バイパス弁開度を増加させる、
- 燃料電池システムの湿潤状態制御方法。

[請求項4] 請求項3に記載の燃料電池システムの湿潤状態制御方法であって、  
前記燃料電池を湿潤方向に制御する際には、  
前記カソードガス圧力の最低値、及び前記バイパス弁開度の最低値に基づいて前記カソードガスの湿潤制御要求目標流量を演算し、  
前記カソードガス流量の検出値、及び前記バイパス弁開度の最低値に基づいて前記カソードガスの湿潤制御要求目標圧力を演算し、  
前記カソードガス圧力の検出値、前記カソードガス流量の検出値に基づいて前記バイパス弁開度の目標値を演算し、  
前記カソードガス流量、前記カソードガス圧力、及び前記バイパス弁開度を、それぞれ、前記湿潤制御要求目標流量、前記湿潤制御要求目標圧力、及び前記バイパス弁開度の目標値に近づくように調節する、  
燃料電池システムの湿潤状態制御方法。

[請求項5] 請求項3又は4に記載の燃料電池システムの湿潤状態制御方法であって、  
前記燃料電池を乾燥方向に制御する際には、  
前記バイパス弁開度を減少させる操作を行い、  
前記バイパス弁開度の減少操作を補完するように、前記カソードガス流量の増加及び前記カソードガス圧力の減少の少なくとも何れか一方を実行する、  
燃料電池システムの湿潤状態制御方法。

[請求項6] 請求項5に記載の燃料電池システムの湿潤状態制御方法であって、  
前記燃料電池を乾燥方向に制御する際には、  
前記カソードガスの圧力の最低値、及び前記カソードガス流量の最低値に基づいて前記バイパス弁開度の目標値を演算し、  
前記バイパス弁開度の検出値、及び前記カソードガス流量の最低値に基づいて前記カソードガスの湿潤制御要求目標圧力を演算し、  
前記バイパス弁開度の検出値、及び前記カソードガス圧力の検出値

に基づいて前記カソードガスの湿潤制御要求目標流量を演算し、

前記バイパス弁開度、前記カソードガス圧力、及び前記カソードガス流量、を、それぞれ、前記バイパス弁開度の目標値、前記湿潤制御要求目標圧力、及び前記湿潤制御要求目標流量に近づくように調節する、

燃料電池システムの湿潤状態制御方法。

[請求項7] 請求項3～6の何れか1項に記載の燃料電池システムの湿潤状態制御方法であって、

前記カソードガス圧力が圧力上限値を超えないように制限される、  
燃料電池システムの湿潤状態制御方法。

[請求項8] 請求項7に記載の燃料電池システムの湿潤状態制御方法であって、  
前記圧力上限値を、要求負荷、前記燃料電池の温度、及び目標とする湿潤状態の少なくとも何れか1つに基づいて演算する、

燃料電池システムの湿潤状態制御方法。

[請求項9] 請求項3～8の何れか1項に記載の燃料電池システムの湿潤状態制御方法であって、

前記カソードガス流量がその下限値である流量下限値を下回らないように調節される、

燃料電池システムの湿潤状態制御方法。

[請求項10] 請求項9に記載の燃料電池システムの湿潤状態制御方法であって、  
前記流量下限値を、前記燃料電池に供給されるカソードガスの流量である燃料電池供給流量の要求を満たすように設定する、

燃料電池システムの湿潤状態制御方法。

[請求項11] 請求項9又は10に記載の燃料電池システムの湿潤状態制御方法であって、

前記流量下限値を、前記燃料電池における局所水つまりを防止し得るように設定する、

燃料電池システムの湿潤状態制御方法。

[請求項12]

燃料電池と、  
前記燃料電池を含むカソード系にカソードガスを供給するカソードガス供給装置と、  
前記カソードガス供給装置から前記燃料電池に供給されるカソードガスの一部をバイパスするバイパス通路と、  
前記バイパス通路に設けられるバイパス弁と、  
前記バイパス弁の開度を調節するバイパス弁開度調節装置と、  
カソードガス圧力を調節するカソードガス圧力調節装置と、  
前記カソードガス供給装置により前記カソード系に供給されるカソードガス流量を調節するカソードガス流量調節装置と、  
前記燃料電池の湿潤状態を取得する湿潤状態取得装置と、  
前記バイパス弁の開度を取得するバイパス弁開度取得装置と、  
前記カソードガス圧力を取得するカソードガス圧力取得部と、  
前記カソードガス流量を取得するカソードガス流量取得部と、  
前記バイパス弁開度調節装置によるバイパス弁開度の調節、前記カソードガス圧力調節装置によるカソードガス圧力の調節、及び前記カソードガス流量調節装置によるカソードガス流量の調節の優先順位を設定する優先順位設定部と、  
を有し、  
前記優先順位設定部は、  
前記燃料電池を湿潤方向に制御する際に、前記バイパス弁開度調節装置によるバイパス弁開度の調節に対して、前記カソードガス圧力調節装置によるカソードガス圧力の調節及び前記カソードガス流量調節装置によるカソードガス流量の調節の少なくとも一方が優先されるように優先順位を設定する、  
燃料電池システムの湿潤状態制御装置。

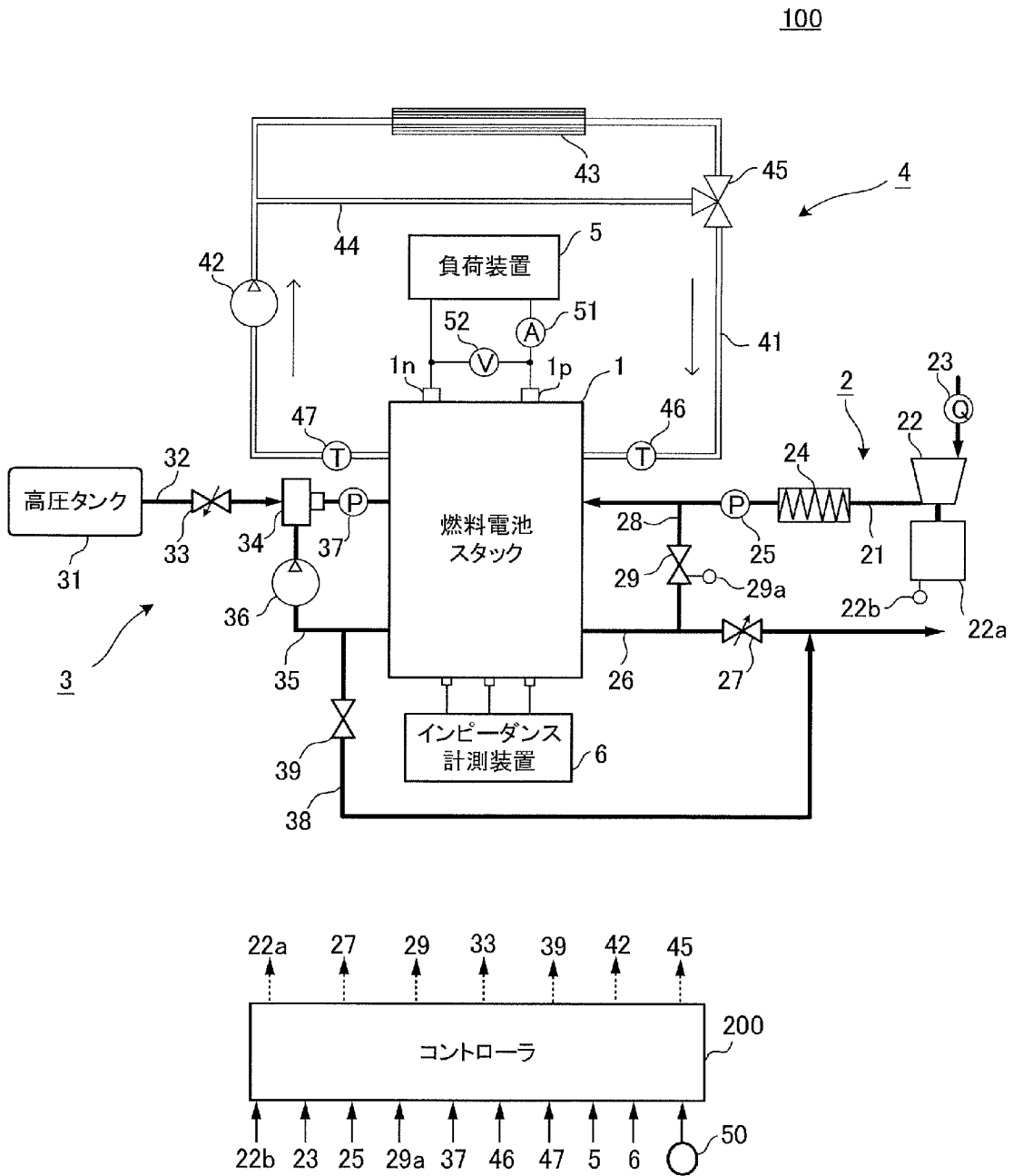
[請求項13]

請求項12に記載の燃料電池システムの湿潤状態制御装置であって、  
、

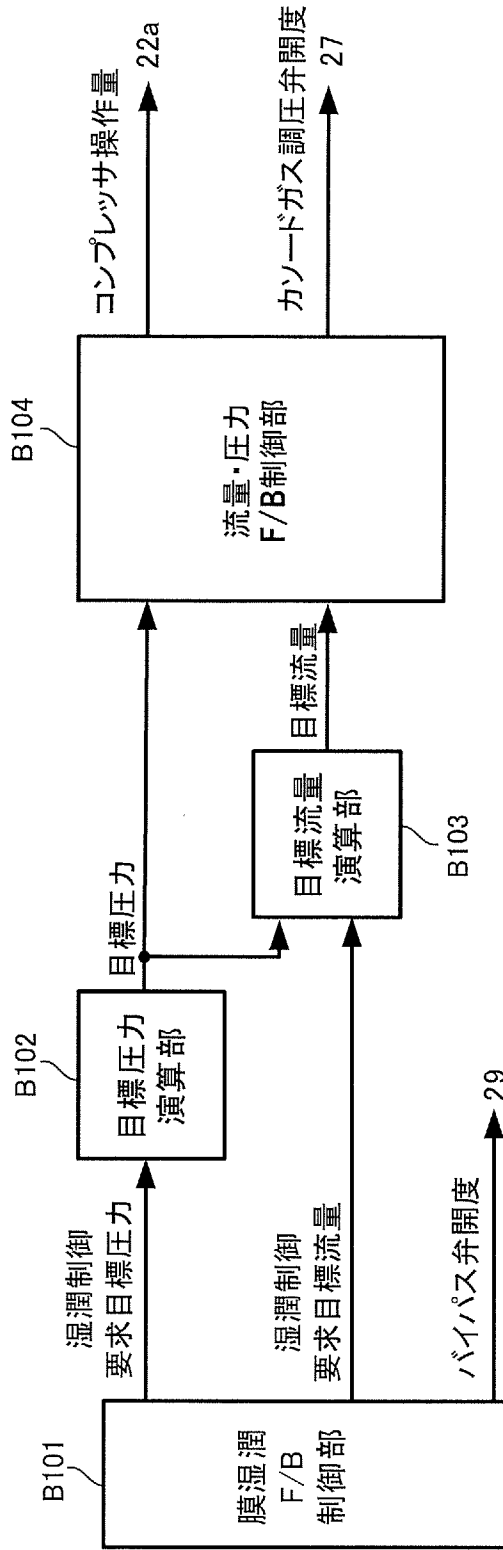
前記優先順位設定部は、

前記燃料電池を乾燥方向に制御する際に、前記カソードガス圧力調節装置によるカソードガス圧力の調節及び前記カソードガス流量調節装置によるカソードガス流量の調節の少なくとも一方に対し、前記バイパス弁開度調節装置によるバイパス流量の調節を優先させる、  
燃料電池システムの湿潤状態制御装置。

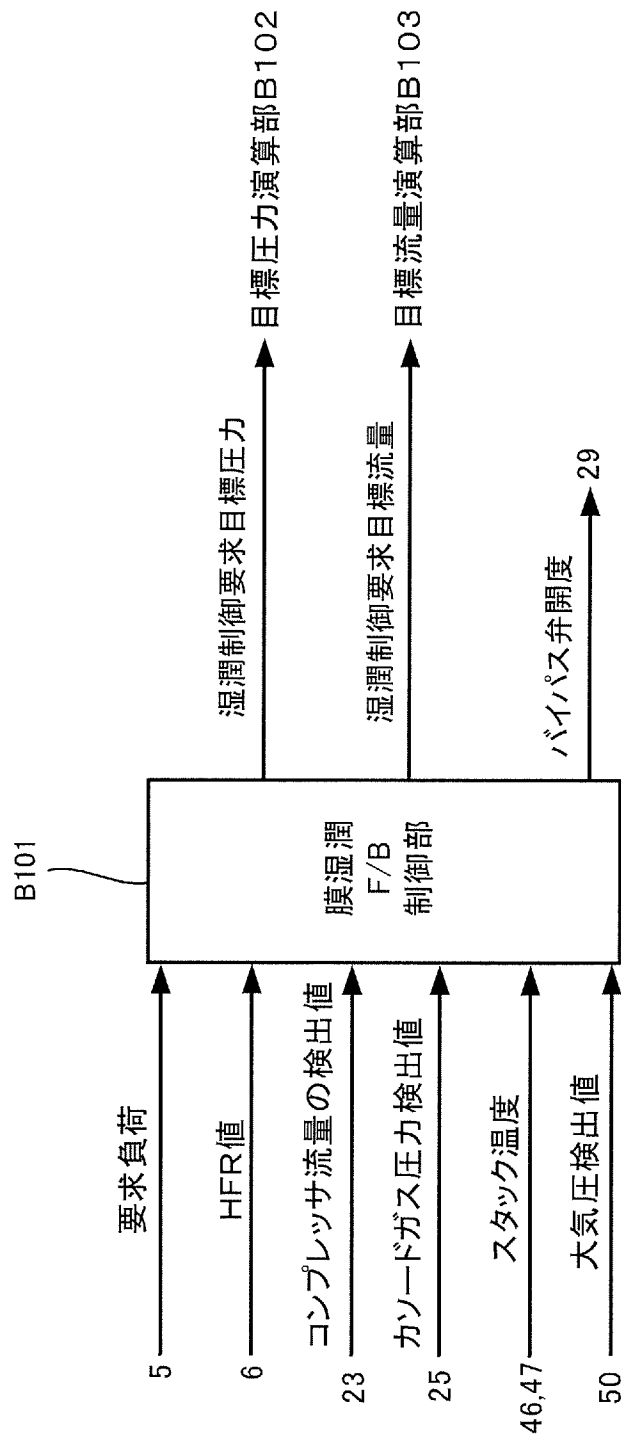
[図1]



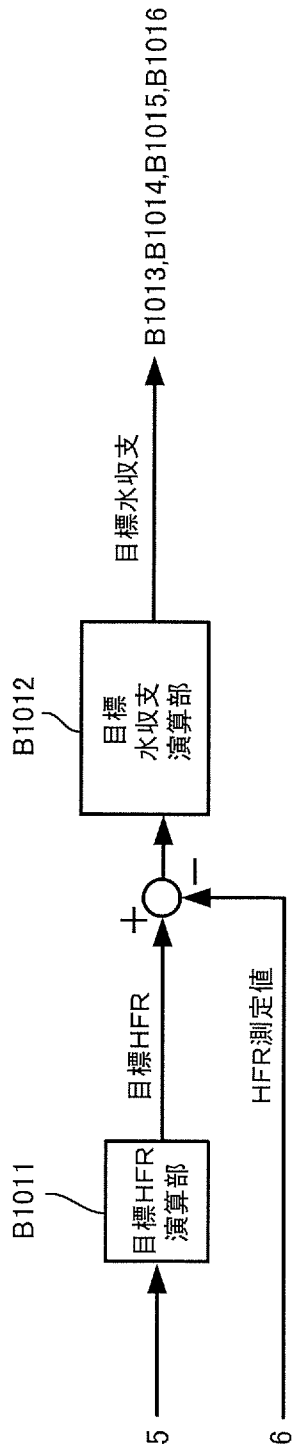
[図2]



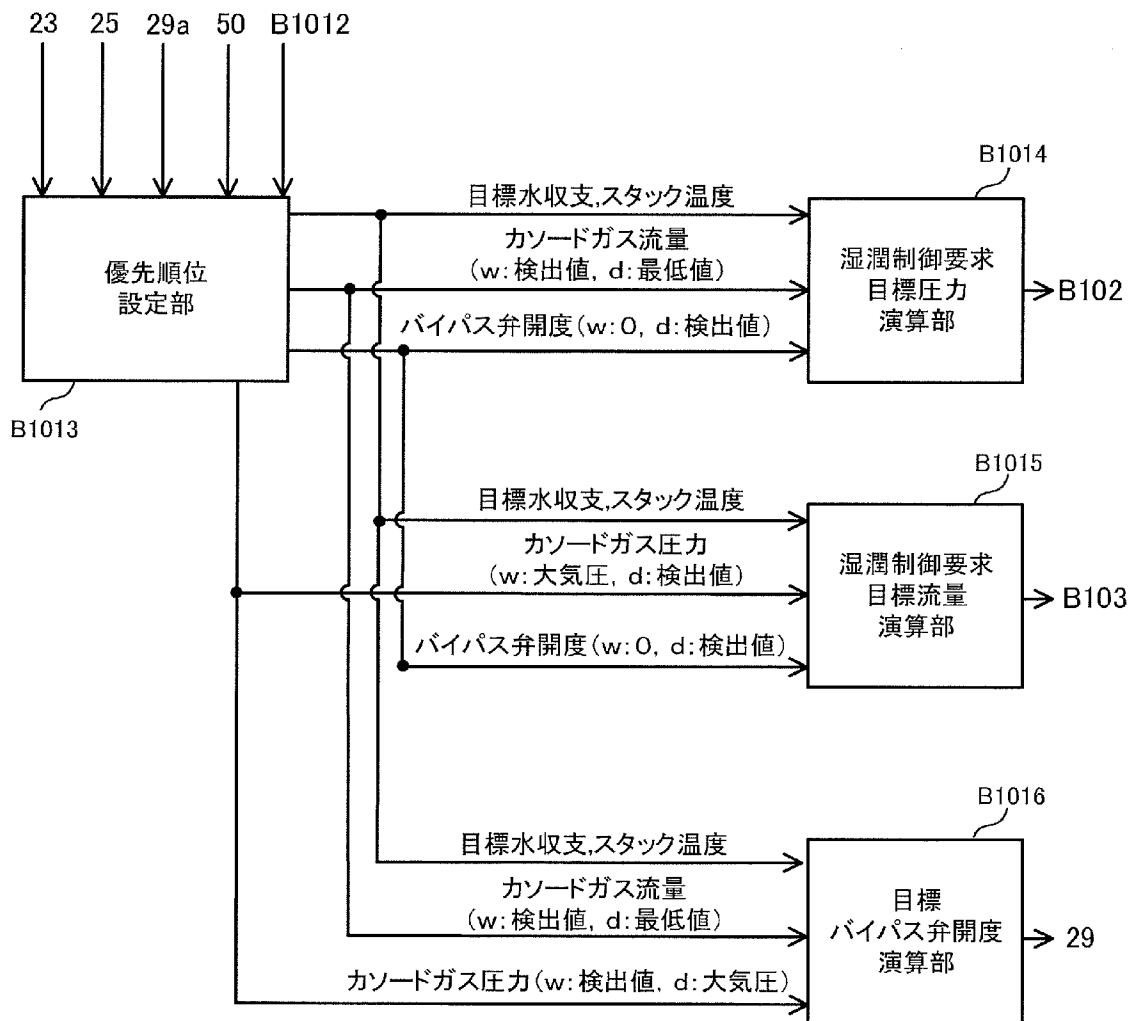
[図3]



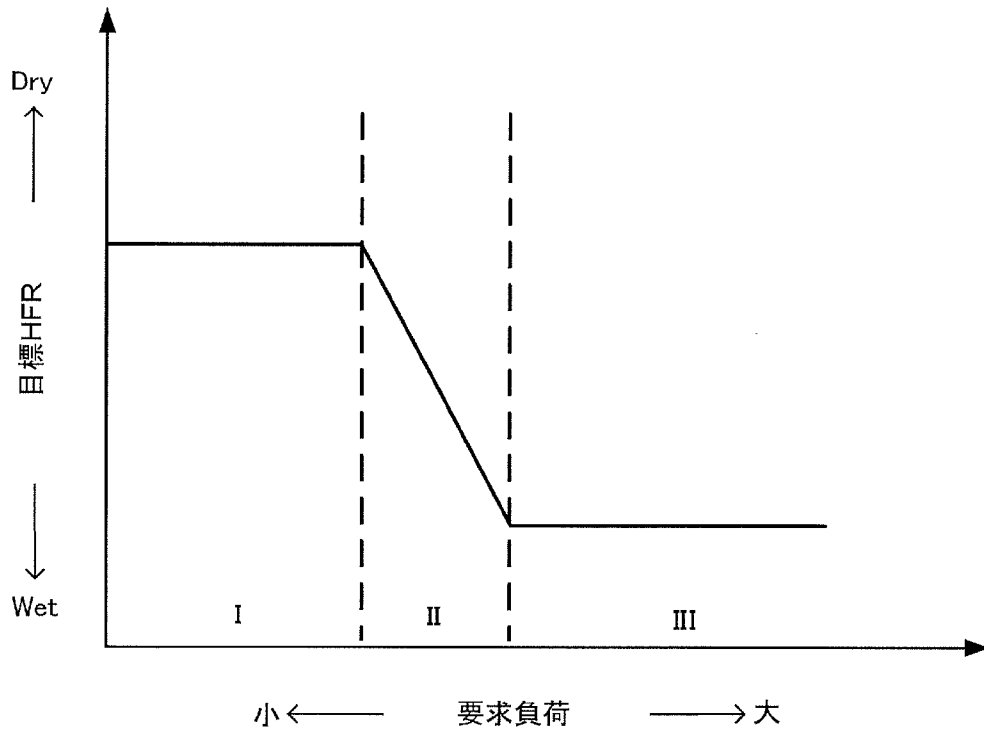
[図4]



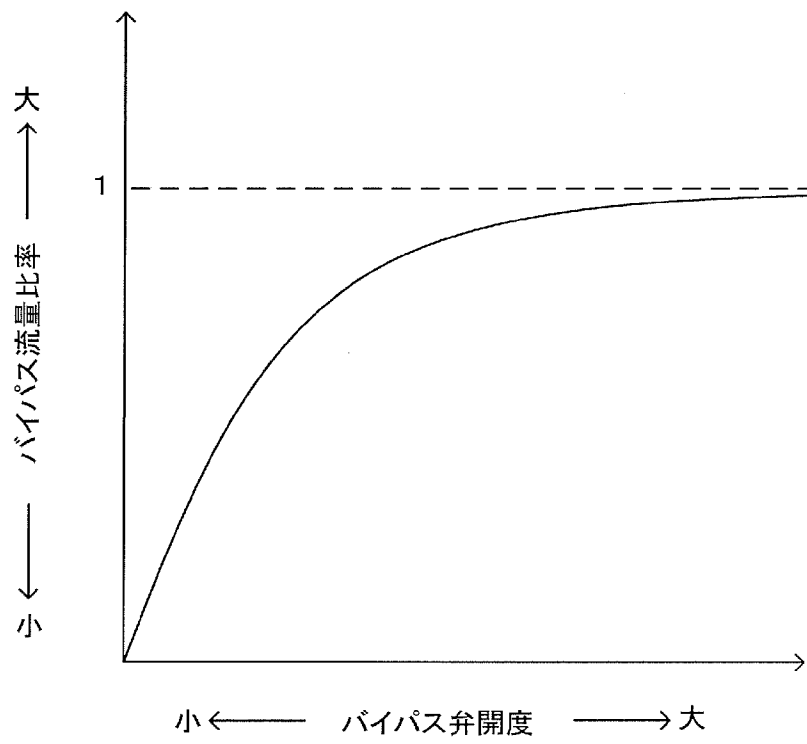
[図5]



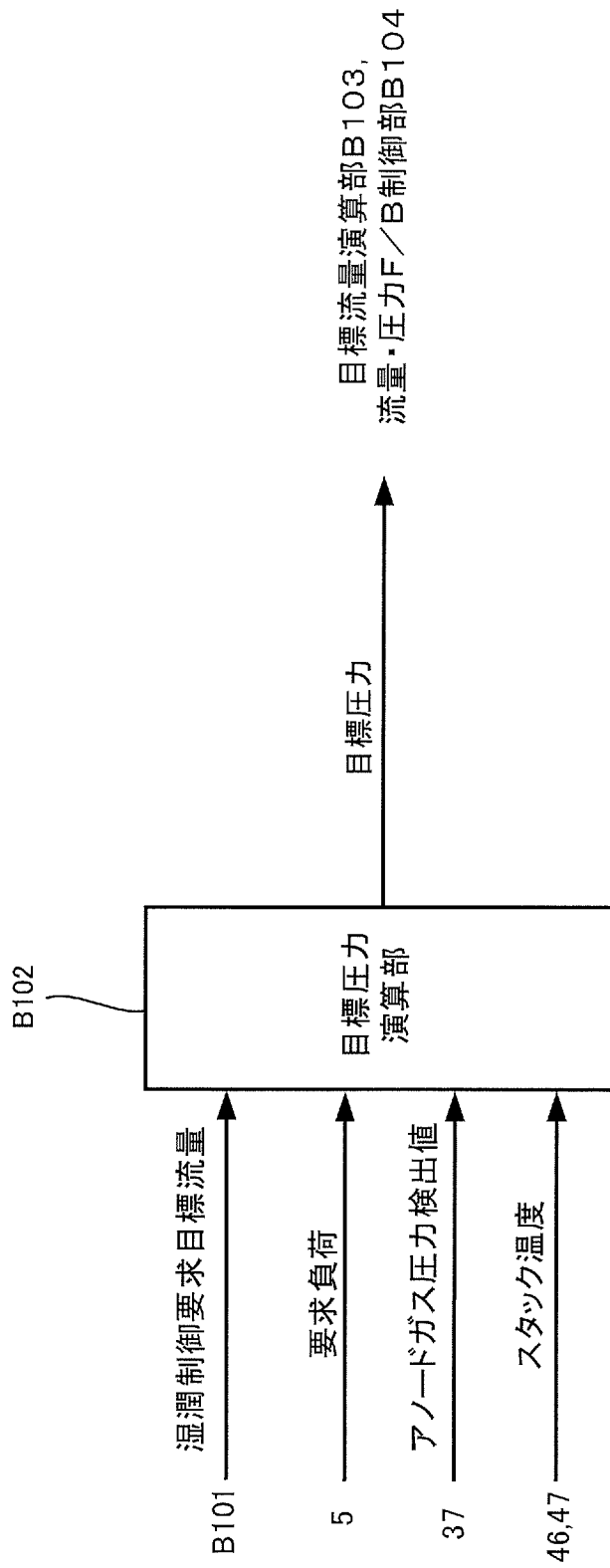
[図6]



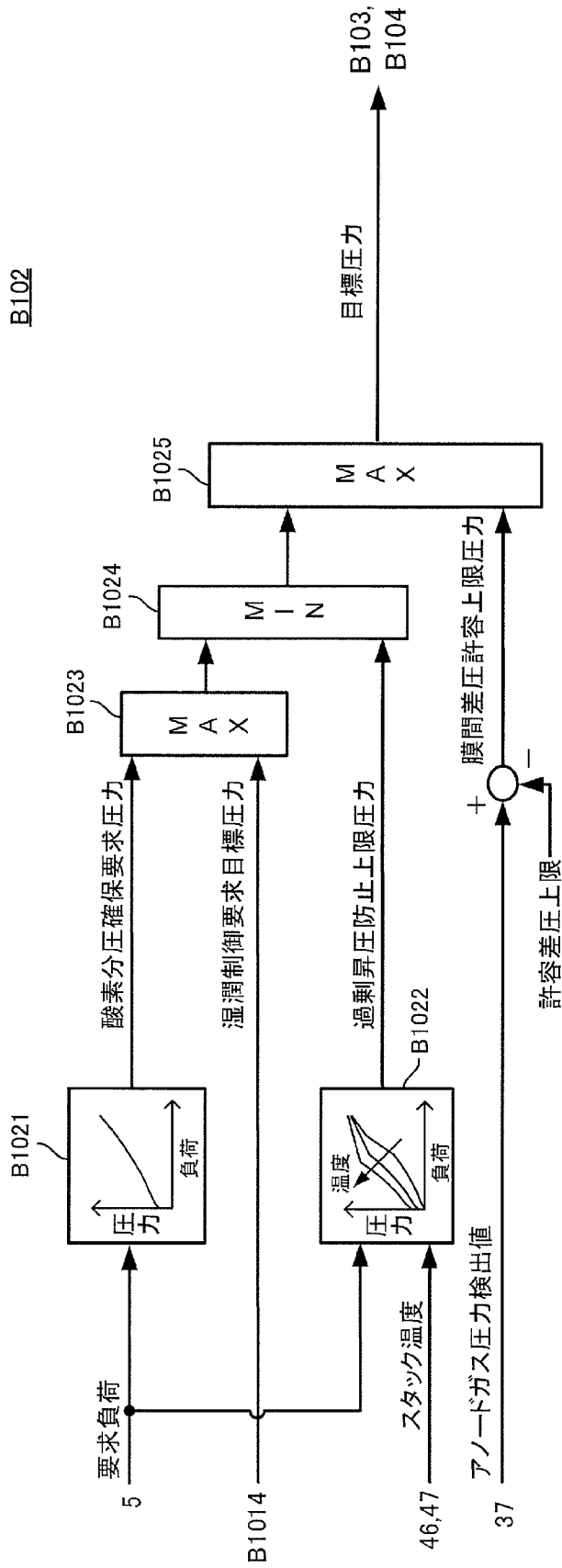
[図7]



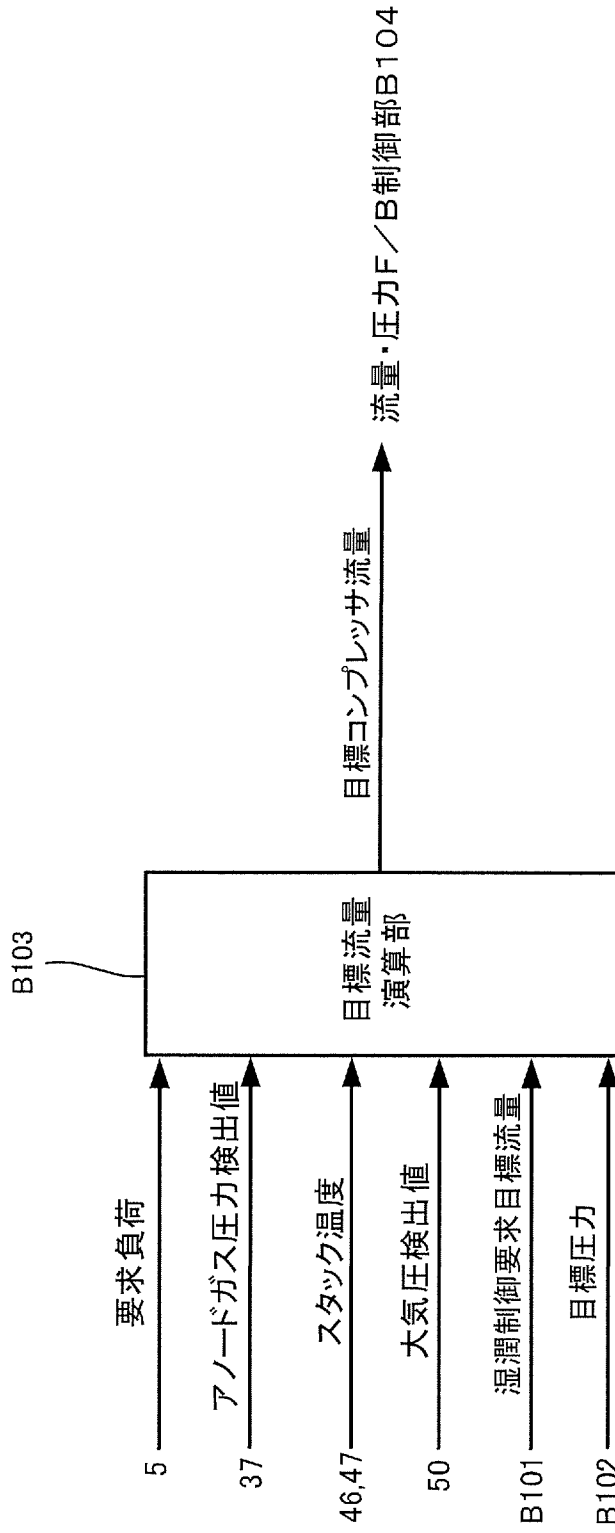
[図8]



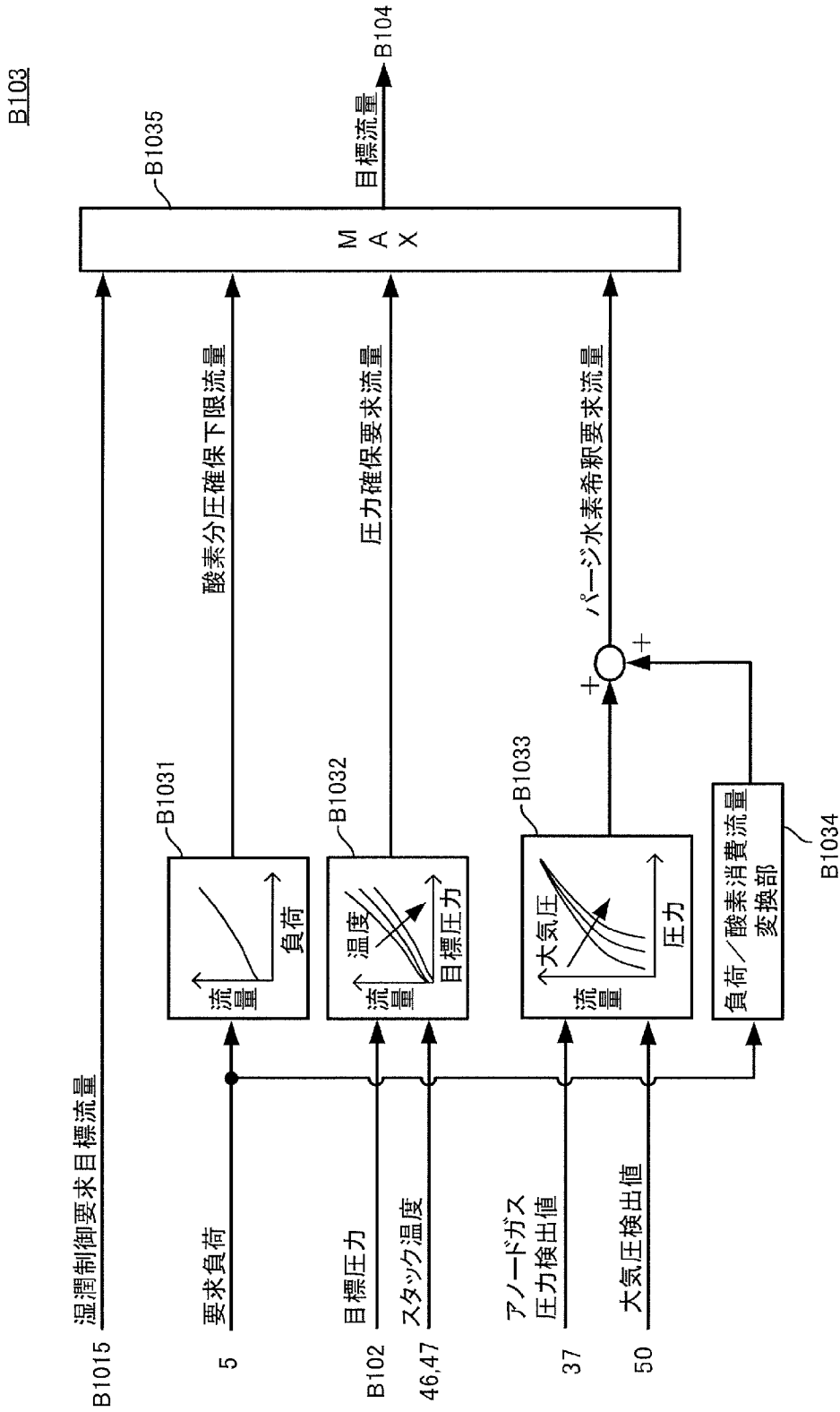
[図9]



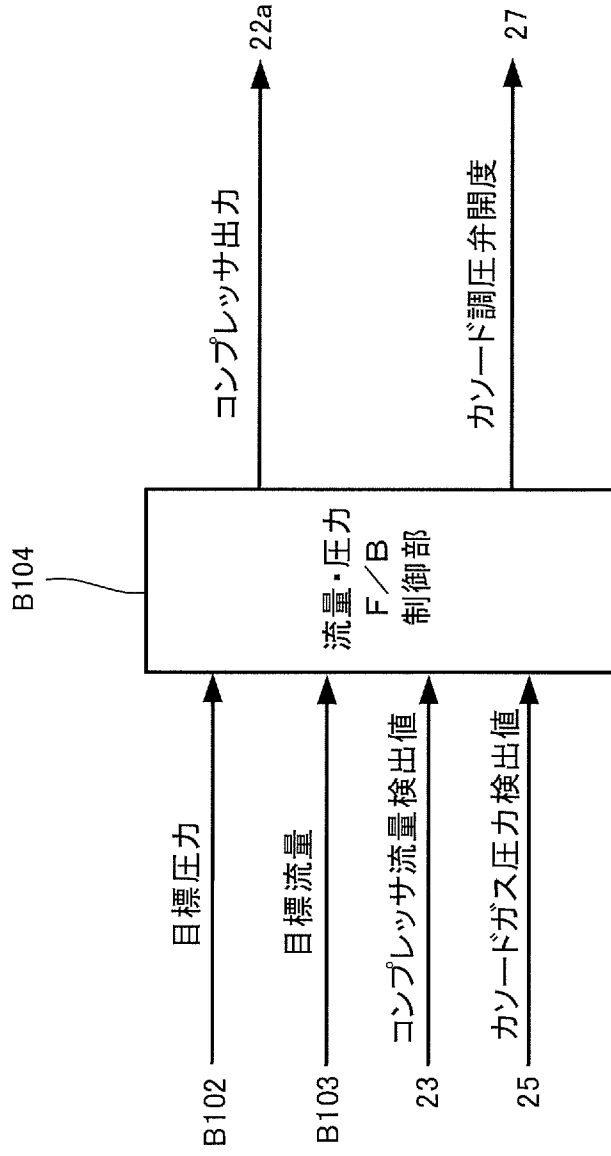
[図10]



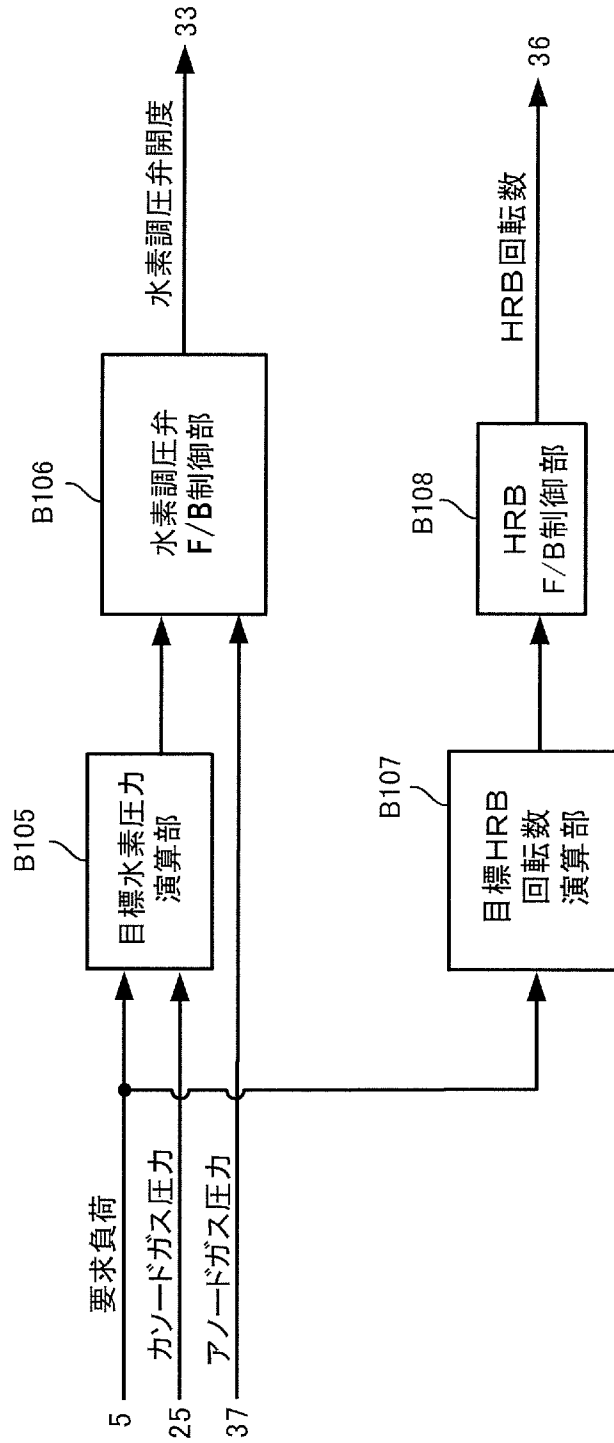
[図11]



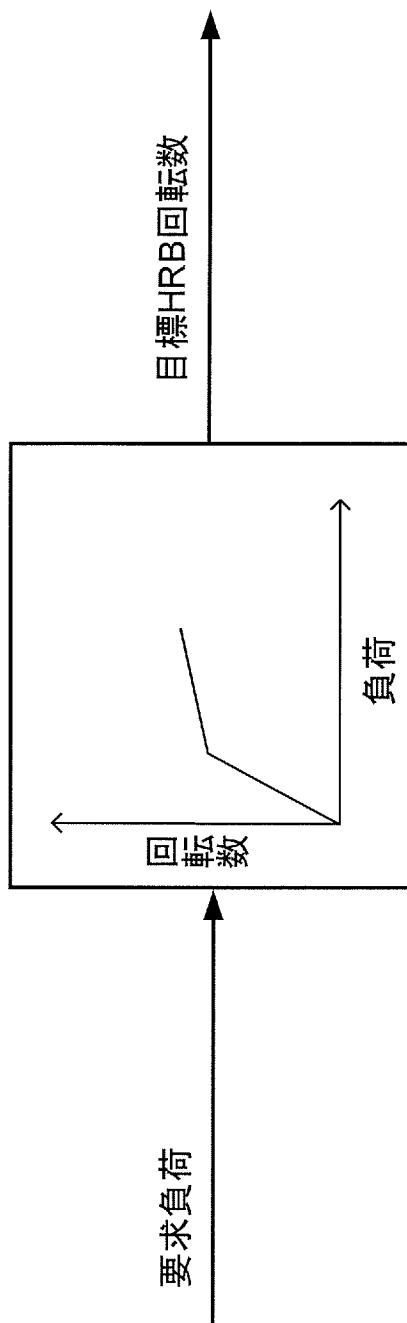
[図12]



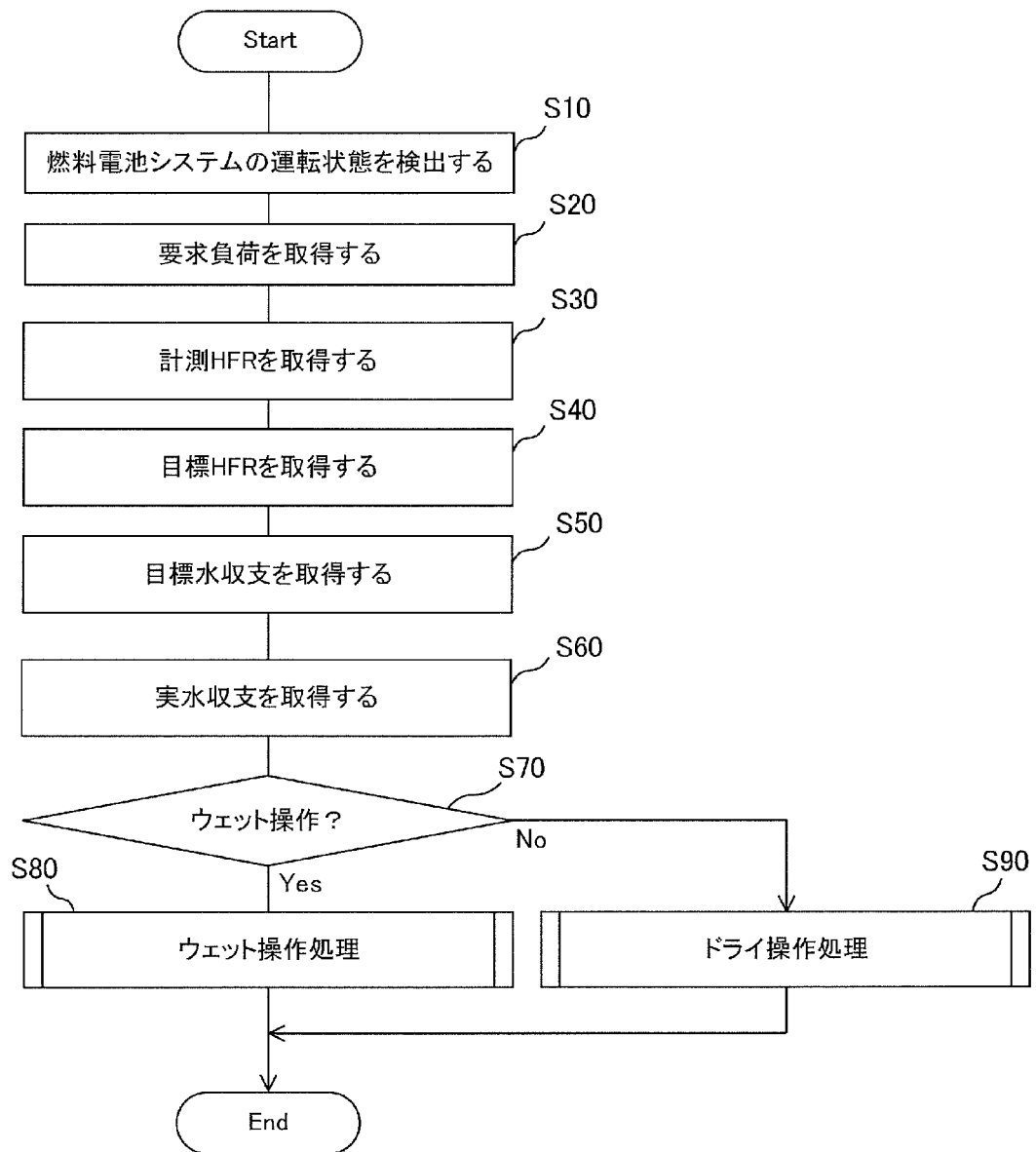
[図13]



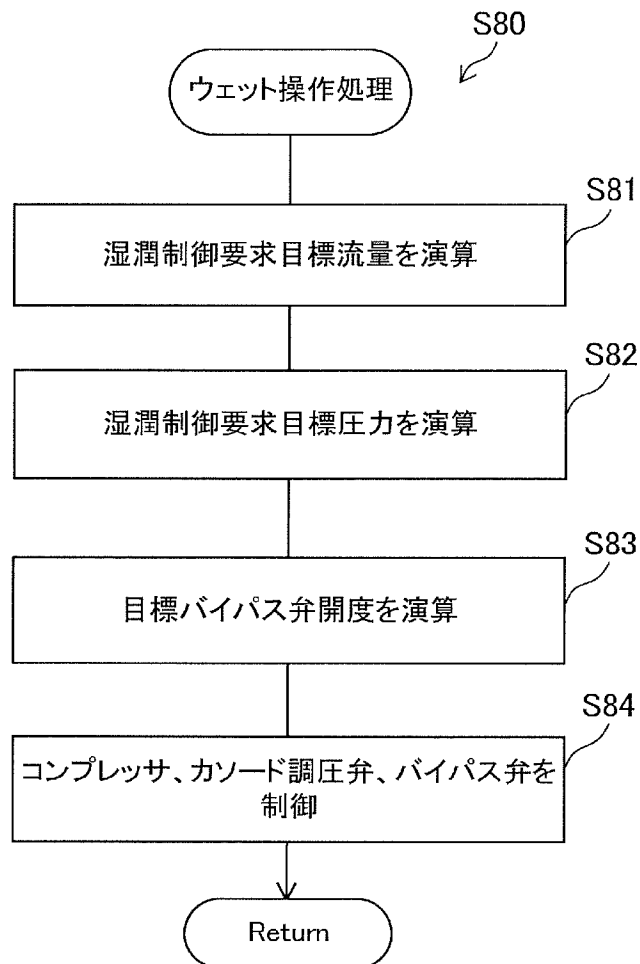
[図14]



[図15]



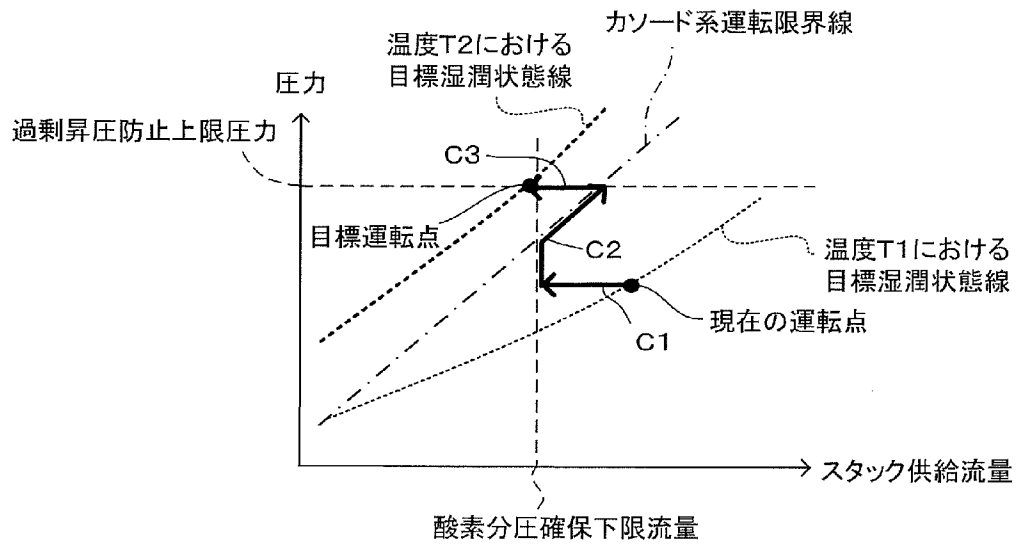
[図16]



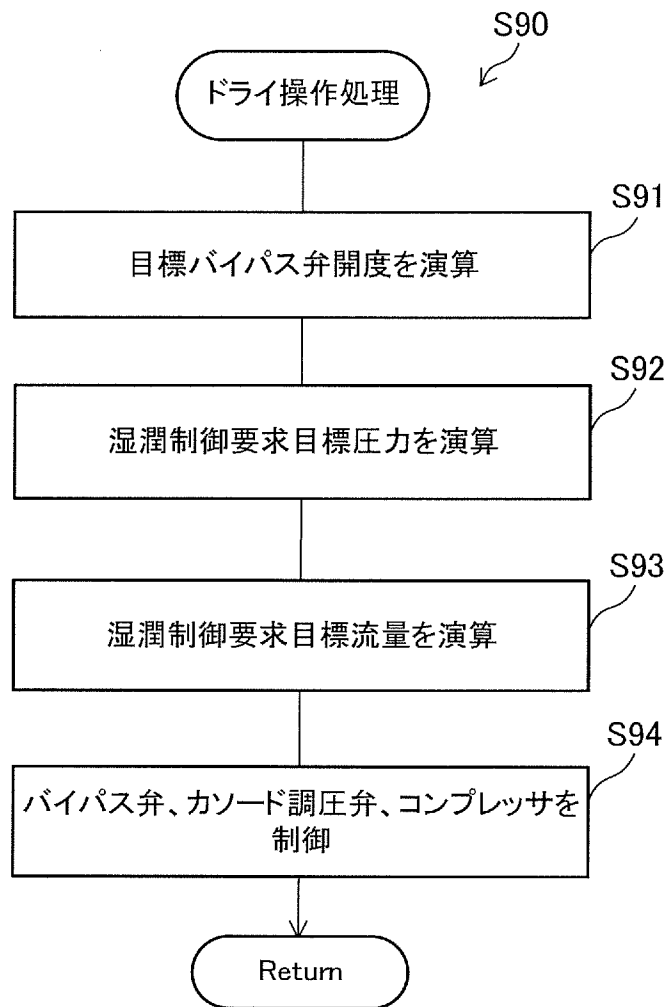
[図17]

WET操作		
湿潤制御順位	湿潤制御パラメータ (操作パラメータ)	増減
1	コンプレッサ流量 (コンプレッサ出力)	減少 (低下)
2	カソードガス圧力 (カソード調圧弁開度)	増加 (減少)
3	バイパス流量 (バイパス弁開度)	増加 (増加)

[図18]



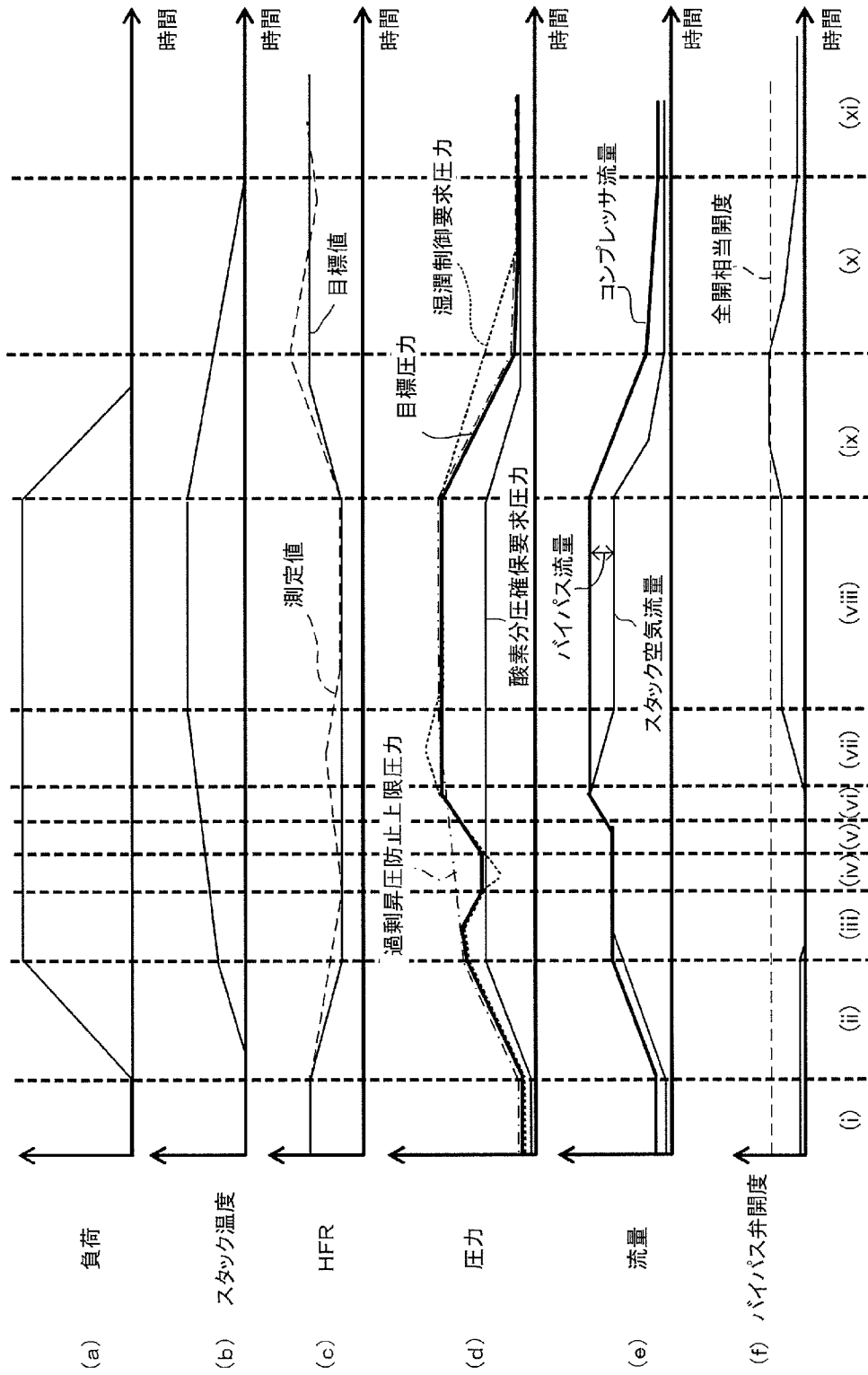
[図19]



[図20]

DRY操作		
乾燥制御順位	湿潤制御パラメータ (操作パラメータ)	増減
1	バイパス流量 (バイパス弁開度)	減少 (減少)
2	カソードガス圧力 (カソード調圧弁開度)	減少 (増加)
3	コンプレッサ流量 (コンプレッサ出力)	増加 (増加)

[図21]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/086636

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H01M8/04119(2016.01)i, H01M8/04(2016.01)i, H01M8/04746(2016.01)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) H01M8/04119, H01M8/04, H01M8/04746		
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 1996-2017 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2017 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2017		
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.
X A	WO 2013/150651 A1 (Toyota Motor Corp.), 10 October 2013 (10.10.2013), paragraphs [0054] to [0060]; fig. 1 & US 2015/0171444 A1 paragraphs [0012], [0059] to [0063]; fig. 1 & CN 104205454 A	1, 12 2-11, 13
A	JP 2016-9518 A (Honda Motor Co., Ltd.), 18 January 2016 (18.01.2016), paragraphs [0051] to [0055]; fig. 1, 6 & US 2015/0372328 A1 paragraphs [0067] to [0076]; fig. 1, 6	1-13
A	JP 2010-114039 A (Toyota Motor Corp.), 20 May 2010 (20.05.2010), entire text; all drawings (Family: none)	1-13
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> 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 01 March 2017 (01.03.17)		Date of mailing of the international search report 14 March 2017 (14.03.17)
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan		Authorized officer  Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/086636

## 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 2012-252939 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 20 December 2012 (20.12.2012), entire text; all drawings & US 2014/0093796 A1 & WO 2012/169287 A1 & EP 2720306 A1 & CA 2838647 A & CN 103563148 A	1-13
A	WO 2013/187514 A1 (Nissan Motor Co., Ltd.), 19 December 2013 (19.12.2013), entire text; all drawings & US 2015/0162629 A1 & EP 2863463 A1 & CA 2876576 A & CN 104380510 A	1-13
A	WO 2014/103589 A1 (Nissan Motor Co., Ltd.), 03 July 2014 (03.07.2014), entire text; all drawings & US 2015/0349358 A1 & EP 2940771 A1 & CA 2896672 A & CN 104885278 A	1-13

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. H01M8/04119(2016.01)i, H01M8/04(2016.01)i, H01M8/04746(2016.01)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. H01M8/04119, H01M8/04, H01M8/04746		
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 1971-2017年 日本国実用新案登録公報 1996-2017年 日本国登録実用新案公報 1994-2017年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X A A	WO 2013/150651 A1（トヨタ自動車株式会社）2013.10.10, 段落 [054] - [060]、[図1] & US 2015/0171444 A1, [0012], [0059]-[0063], FIG. 1 & CN 104205454 A  JP 2016-9518 A（本田技研工業株式会社）2016.01.18, 段落【0051】 - 【0055】、【図1】、【図6】 & US 2015/0372328 A1, [0067]-[0076], FIG. 1, 6	1、12  2-11、 13  1-13
<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 01.03.2017	国際調査報告の発送日 14.03.2017	
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） 武市 匡紘 電話番号 03-3581-1101 内線 3316	3H 4414

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2010-114039 A (トヨタ自動車株式会社) 2010.05.20, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-13
A	JP 2012-252939 A (日産自動車株式会社) 2012.12.20, 全文、全図 & US 2014/0093796 A1 & WO 2012/169287 A1 & EP 2720306 A1 & CA 2838647 A & CN 103563148 A	1-13
A	WO 2013/187514 A1 (日産自動車株式会社) 2013.12.19, 全文、全図 & US 2015/0162629 A1 & EP 2863463 A1 & CA 2876576 A & CN 104380510 A	1-13
A	WO 2014/103589 A1 (日産自動車株式会社) 2014.07.03, 全文、全図 & US 2015/0349358 A1 & EP 2940771 A1 & CA 2896672 A & CN 104885278 A	1-13