(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
2016 年 1 月 28 日(28.01.2016)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2016/013333 A1

(51) 国際特許分類:
H01M 8/04 (2006.01) *H01M 8/10* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2015/067336

(22) 国際出願日: 2015 年 6 月 16 日(16.06.2015)

(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 2014-151268 2014 年 7 月 24 日(24.07.2014) 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). ダイムラー・アクチェンゲゼルシャフト(DAIMLER AG) [DE/DE]; 70327 シュツットガルト、メルセデスシュトラーセ 137 Stuttgart (DE).

(72) 発明者: 星 聖(HOSHI, Kiyoshi); 〒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: 後藤 政喜, 外(GOTO, Masaki et al.); 〒1000013 東京都千代田区霞が関三丁目３番１号 尚友会館 後藤特許事務所 Tokyo (JP).

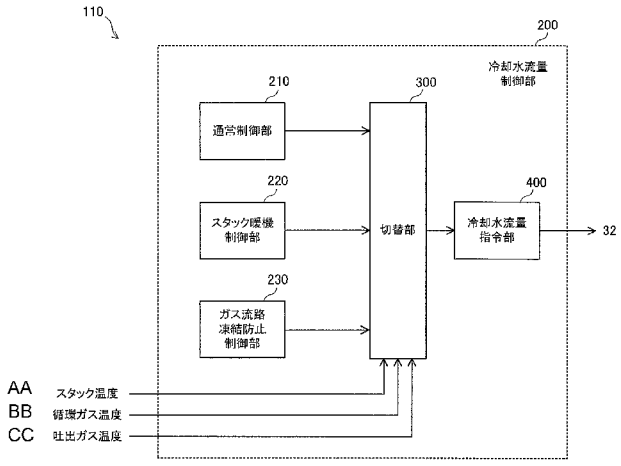
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, 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, 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),

[続葉有]

(54) **Title**: FUEL CELL SYSTEM AND FUEL CELL SYSTEM CONTROL METHOD

(54) 発明の名称 : 燃料電池システム及び燃料電池システムの制御方法



200 Cooling water flow rate control unit
210 Normal control unit
220 Stack warming control unit
230 Gas flow path freezing prevention control unit
300 Switching unit
400 Cooling water flow rate command unit
AA Stack temperature
BB Circulating gas temperature
CC Discharge gas temperature

(57) **Abstract**: This fuel cell system includes a gas supply passage for supplying either an anode gas or a cathode gas to a fuel cell, a coolant supply means for supplying a coolant to the fuel cell, and a heat exchanger which exchanges heat between the coolant heated in the fuel cell and the gas supplied to the gas supply passage. The fuel cell system includes a component which causes gas discharged from the fuel cell to circulate back into the fuel cell, and a warming control unit which, during warming of the fuel cell, controls the flow rate of the coolant to a prescribed flow rate for warming the fuel cell. The fuel cell system includes a gas temperature rise control unit which, when the fuel rate of the coolant is controlled by the warming control unit, raises the flow rate of the coolant supplied to the heat exchanger on the basis of the temperature of the gas circulated by the component or a parameter relating to said temperature.

(57) 要約: 燃料電池システムは、燃料電池にアノードガス及びカソードガスの一方のガスを供給するガス供給通路と、冷媒を燃料電池に供給する冷媒供給手段と、燃料電池で昇温される冷媒とガス供給通路に供給されるガスとで熱交換する熱交換器とを含む。燃料電池システムは、燃料電池から排出されるガスを燃料電池に循環させる部品と、燃料電池の暖機時に、燃料電池を暖機するための所定の流量に冷媒の流量を制御する暖機制御部とを含む。燃料電池システムは、暖機制御部によって冷媒の流量が制御されているときに、部品によって循環されるガスの温度又はその温度に関するパラメータに基づいて熱交換器に供給される冷媒の流量を上昇させるガス昇温制御部を含む。

WO 2016/013333 A1

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 ： 燃料電池システム及び燃料電池システムの制御方法

技術分野

[0001] この発明は、燃料電池から排出されるアノードガスを燃料電池に循環させる燃料電池システム及び燃料電池システムの制御方法に関する。

背景技術

[0002] ＪＰ２０１０－１４６７５１Ａには、燃料電池で昇温された冷却水を利用して、燃料電池に供給されるアノードガスを温める熱交換器を備える燃料電池システムが開示されている。

発明の概要

[0003] 上述のような燃料電池システムにおいては、零下の温度環境で起動されたときには、燃料電池の暖機を早期に完了させるため、燃料電池に循環させる冷却水の流量を低下させることが望ましい。

[0004] しかしながら、冷却水の流量を低下させると、熱交換器において燃料電池で昇温された冷却水からアノードガスへの放熱量が減少するため、アノードガスの昇温速度が遅くなってしまう。

[0005] 零下起動時では、タンクから供給されるアノードガスの温度が氷点よりも低くなることがあり、タンクから供給されるアノードガスと、燃料電池から排出されるアノードオフガスとが合流したときに、アノードオフガス中の水蒸気が氷結して流路に氷が形成される場合がある。

[0006] このような状況で、上述のように冷却水の流量を低下させると、アノードガスの昇温速度が遅くなるので、流路に形成される氷が増加して流路が閉塞してしまうことが懸念される。

[0007] 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、燃料電池の早期暖機を図りつつ、燃料電池から排出されるガスを燃料電池に循環させる部品の凍結を防止する燃料電池システム及び燃料電池システムの制御方法を提供することを目的とする。

[0008] 本発明のある態様によれば、燃料電池にアノードガス及びカソードガスを供給するとともに負荷に応じて燃料電池を発電させる燃料電池システムは、前記燃料電池にアノードガス及びカソードガスのうち一方のガスを供給するガス供給通路と、前記燃料電池を冷却するための冷媒を前記燃料電池に供給する冷媒供給手段とを含む。また燃料電池システムは、前記燃料電池で昇温される前記冷媒と前記ガス供給通路に供給されるガスとの間で熱を交換する熱交換器と、前記ガス供給通路に設けられ、前記燃料電池から排出される前記一方のガスを前記燃料電池に循環させる部品とを含む。さらに燃料電池システムは、前記燃料電池の暖機時に、前記燃料電池を暖機するための所定の流量に前記冷媒の流量を制御する暖機制御部を含む。そして燃料電池システムは、前記暖機制御部で前記冷媒の流量が制御されているときに、前記部品によって循環されるガスの温度、又は、当該温度に関するパラメータに基づいて前記熱交換器に供給される前記冷媒の流量を上昇させるガス昇温制御部を含む。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]図１は、本発明の第１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、燃料電池システムを制御するコントローラの基本構成を示すブロック図である。

[図3]図３は、本実施形態における燃料電池システムの制御方法の一例を示すフローチャートである。

[図4]図４は、コントローラにおいてジェットポンプから吐出されるアノードガスの温度を演算する機能構成を示すブロック図である。

[図5]図５は、本発明の第２実施形態における冷却水流量制御部の構成を示すブロック図である。

[図6]図６は、ガス流路の凍結を防止するために定められた凍結防止制御マップを示す図である。

[図7]図７は、凍結防止制御マップにより求められる冷却水流量を補正する補

正マップを示す図である。

[図8]図８は、燃料電池システムの起動処理中に燃料電池スタックの温度が高くなり過ぎるのを防止する過昇温防止マップを示す図である。

[図9]図９は、本実施形態における冷却水流量の制御手法を示すタイムチャートである。

[図10]図１０は、ジェットポンプに供給される供給ガスと循環ガスの温度差が小さくなるときの冷却水流量の制御手法を示すタイムチャートである。

[図11]図１１は、本発明の第３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12]図１２は、本実施形態における冷却水流量制御部の構成を示す図である。

[図13]図１３は、冷却水ポンプの回転速度指令マップを示す図である。

[図14]図１４は、バイパス冷却水ポンプの回転速度指令マップを示す図である。

[図15]図１５は、本発明の第４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16]図１６は、本実施形態における冷却水流量制御部の構成を示す図である。

[図17]図１７は、バイパス弁の開度指令マップを示す図である。

発明を実施するための形態

[0010] 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。

[0011] （第１実施形態）

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例を示す図である。

[0012] 燃料電池システム１００は、燃料電池に対して外部から発電に必要となる燃料ガスを供給し、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。燃料電池システム１００は、コントローラ１１０によって制御される。

[0013] 燃料電池システム１００は、燃料電池スタック１と、バッテリ２と、ＤＣ／ＤＣコンバータ３と、電気負荷４と、カソードガス給排装置１０と、アノードガス給排装置２０と、スタック冷却装置３０と、スタック抵抗測定装置４５とを含む。カソードガス給排装置１０、アノードガス給排装置２０、及びスタック冷却装置３０の各々は、燃料電池スタック１を発電させるための補機である。

[0014] バッテリ２は、燃料電池スタック１を補助する電源である。バッテリ２は、例えば数百Ｖの電圧を出力する。

[0015] ＤＣ／ＤＣコンバータ３は、燃料電池スタック１の電圧とバッテリ２の電圧とを互いに調整する双方向性の電圧変換器である。ＤＣ／ＤＣコンバータ３は、燃料電池スタック１とバッテリ２との間に接続される。

[0016] ＤＣ／ＤＣコンバータ３は、コントローラ１１０によって制御され、バッテリ２から出力される電力を用いて燃料電池スタック１の電圧を調整する。例えば、ＤＣ／ＤＣコンバータ３は、電気負荷４から要求される要求電力が大きくなるほど、燃料電池スタック１から取り出される出力電流が大きくなるように、燃料電池スタック１の電圧を低くする。

[0017] 電気負荷４は、燃料電池スタック１及びバッテリ２から供給される電力により駆動する。電気負荷４としては、例えば、車両を駆動する電動モータや、燃料電池スタック１の補機の一部などが挙げられる。

[0018] 本実施形態では、電気負荷４は、燃料電池スタック１とＤＣ／ＤＣコンバータ３との間を接続する電源線に接続されている。なお、電動モータが燃料電池スタック１とＤＣ／ＤＣコンバータ３と間の電源線に接続され、補機の一部がバッテリ２とＤＣ／ＤＣコンバータ３との間の電源線に接続される構成であってもよい。

[0019] 燃料電池スタック１は、数百枚の電池セルを積層したものであり、例えば数百Ｖ（ボルト）の直流電圧を発生させる。

[0020] 燃料電池は、アノード電極（燃料極）と、カソード電極（酸化剤極）と、アノード電極及びカソード電極で挟まれる電解質膜とにより構成される。燃

料電池では、アノード電極に水素を含有するアノードガス（燃料ガス）と、カソード電極に酸素を含有するカソードガス（酸化剤ガス）とが電解質膜で電気化学反応（発電反応）を起こす。具体的には、アノード電極及びカソード電極では、以下の電気化学反応が進行する。

[0021] アノード電極 ： $2H_2 \rightarrow 4H^+ + 4e^-$ ・・・（１）

カソード電極 ： $4H^+ + 4e^- + O_2 \rightarrow 2H_2O$ ・・・（２）

[0022] 上記（１）及び（２）に示した電気化学反応によって、起電力が発生すると共に水が生成される。燃料電池スタック１に積層された燃料電池の各々は直列に接続されるため、各燃料電池に生じるセル電圧の総和が燃料電池スタック１の出力電圧となる。

[0023] 燃料電池スタック１は、カソードガス給排装置１０からカソードガスが供給されると共に、アノードガス給排装置２０からアノードガスが供給される。

[0024] カソードガス給排装置１０は、燃料電池スタック１にカソードガスを供給すると共に、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。カソードオフガスには、燃料電池スタック１で消費されなかった余剰のカソードガスや、発電に伴う生成水などの不純物が含まれている。

[0025] カソードガス給排装置１０は、カソードガス供給通路１１と、コンプレッサ１２と、カソードガス排出通路１３と、カソード調圧弁１４と、バイパス通路１５と、バイパス弁１６とを含む。

[0026] カソードガス供給通路１１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１１の一端は、酸素が含まれた空気を外気から取り込むための通路と連通し、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。

[0027] コンプレッサ１２は、カソードガス供給通路１１に設けられる。コンプレッサ１２は、外気からカソードガス供給通路１１に空気を取り込み、その空気をカソードガスとして燃料電池スタック１に供給する。コンプレッサ１２

は、コントローラ１１０により制御される。

[0028] カソードガス排出通路１３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１３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。

[0029] カソード調圧弁１４は、カソードガス排出通路１３に設けられる。カソード調圧弁１４として本実施形態では、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１４は、コントローラ１１０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に供給されるカソードガスの圧力が所望の圧力に調節される。

[0030] バイパス通路１５は、コンプレッサ１２から吐出されるカソードガスの一部を燃料電池スタック１に供給せずに、カソードガス排出通路１３に直接排出するための通路である。

[0031] バイパス通路１５の一端は、コンプレッサ１２と燃料電池スタック１との間のカソードガス供給通路１１に接続され、他端は、カソード調圧弁１４よりも上流のカソードガス排出通路１３に接続される。すなわち、バイパス通路１５は、コンプレッサ１２よりも下流のカソードガス供給通路１１から分岐して、カソード調圧弁１４よりも上流のカソードガス排出通路１３に合流する。

[0032] バイパス弁１６は、バイパス通路１５に設けられる。バイパス弁１６として本実施形態では、弁の開度を段階的に変更可能な電磁弁が用いられる。バイパス弁１６は、コントローラ１１０によって制御される。

[0033] 例えば、燃料電池スタック１から排出される水素を希釈するのに必要となるカソードガスの流量（以下、「水素希釈要求流量」という。）が、燃料電池スタック１に必要となるカソードガスの流量よりも大きくなる場合に、バイパス弁１６が開かれる。

[0034] または、コンプレッサ１２で生じるサージを回避するのに必要となるカソードガスの流量（以下、「サージ回避要求流量」という。）が、燃料電池スタック１に必要となるカソードガスの流量よりも大きくなる場合に、バイパ

ス弁１６が開かれる。

[0035] なお、燃料電池スタック１に必要となるカソードガスの流量が、水素希釈要求流量やサージ回避要求流量などよりも大きい場合には、バイパス弁１６は閉じられる。

[0036] アノードガス給排装置２０は、燃料電池スタック１にアノードガスを供給すると共に、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に循環させつつ、アノードオフガス中の不純物を除去する装置である。不純物とは、カソード極から電解質膜を介してアノード極に透過してきた空気中の窒素や、発電に伴う生成水などのことである。

[0037] アノードガス給排装置２０は、高圧タンク２１と、アノードガス供給通路２２と、熱交換器２３と、アノード調圧弁２４と、ジェットポンプ２５と、アノードガス循環通路２６と、気液分離装置２７と、パージ通路２８と、パージ弁２９とを含む。

[0038] 高圧タンク２１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。

[0039] アノードガス供給通路２２は、高圧タンク２１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２２の一端は、高圧タンク２１に接続され、他端は、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。

[0040] 熱交換器２３は、アノード調圧弁２４よりも上流のアノードガス供給通路２２に設けられる。熱交換器２３は、燃料電池スタック１で昇温される冷却水と、高圧タンク２１から供給されるアノードガスとの間で熱を交換する。冷却水は、燃料電池スタック１を冷却するための冷媒である。

[0041] 燃料電池システム１００の低温起動時には、熱交換器２３は、燃料電池スタック１で温められた冷却水によって、アノードガス供給通路２２に供給されるアノードガスを加熱する機能を有する。

[0042] アノード調圧弁２４は、熱交換器２３とジェットポンプ２５との間のアノードガス供給通路２２に設けられる。アノード調圧弁２４として本実施形態

では、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２４は、コントローラ１１０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。

[0043] アノード調圧弁２４とジェットポンプ２５との間のアノードガス供給通路２２には、高圧タンク２１から供給されるアノードガスの温度（以下、「供給ガス温度」という。）を検出する温度センサ４１が設けられている。温度センサ４１は、検出した温度を示す検出信号をコントローラ１１０に供給する。

[0044] なお、本実施形態では温度センサ４１は、アノード調圧弁２４とジェットポンプ２５との間のアノードガス供給通路２２に設けられているが、熱交換器２３とアノード調圧弁２４との間のアノードガス供給通路２２に設けられてもよい。

[0045] ジェットポンプ２５は、アノード調圧弁２４と燃料電池スタック１との間のアノードガス供給通路２２に設けられる。ジェットポンプ２５は、アノードガス供給通路２２にアノードガス循環通路２６を合流させるポンプ又はエゼクタである。ジェットポンプ２５を用いることにより、簡易な構成で、アノードオフガスを燃料電池スタック１に循環させることができる。

[0046] ジェットポンプ２５は、アノード調圧弁２４により供給されるアノードガスの流速を速めることにより、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吸引してそのアノードオフガスを燃料電池スタック１に循環させる。

[0047] ジェットポンプ２５は、例えば、ノズルとディフューザとにより構成される。ノズルは、アノードガスの流速を加速してディフューザに噴射するものである。ノズルは、円筒状に形成され、開口はノズルの先端部に近づくにつれて狭くなる。これにより、アノードガスの流速が先端部で速くなってディフューザへ噴射される。

[0048] ディフューザは、ノズルから噴射されたアノードガスの流速によりアノードオフガスを吸引するものである。ディフューザは、ノズルから噴射された

アノードガスと、吸引したアノードオフガスとを合流させ、合流後のガスを燃料電池スタック１へ吐出する。

[0049] ディフューザは、ノズルと同軸上に合流通路が形成される。合流通路の開口は、吐出口に近づくにつれて広く形成されている。ディフューザには、吸引口からノズルの先端部分まで延びる円筒状の吸引室が形成され、吸引室と合流通路とが連通している。

[0050] ジェットポンプ２５と燃料電池スタック１との間のアノードガス供給通路２２には、圧力センサ４２が設けられている。圧力センサ４２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（以下、「スタック入口ガス圧力」という。）を検出する。圧力センサ４２は、検出した圧力を示す検出信号をコントローラ１１０に出力する。

[0051] アノードガス循環通路２６は、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アノードガス供給通路２２に循環させる通路である。アノードガス循環通路２６の一端は、燃料電池スタック１のアノードガス出口孔に接続され、他端は、ジェットポンプ２５の循環口に合流する。

[0052] 気液分離装置２７は、アノードガス循環通路２６に設けられる。気液分離装置２７は、アノードオフガス中の生成水や窒素ガスなどの不純物を余剰のアノードガスから分離する。気液分離装置２７は、アノードオフガスに含まれる水蒸気を凝縮して液水にする。

[0053] 気液分離装置２７で不純物が除去されたアノードガスは、アノードガス循環通路２６を通り、ジェットポンプ２５を介して再びアノードガス供給通路２２に供給される。また、気液分離装置２７の下部には、不純物をパージ通路２８に排出する排出孔が形成されている。

[0054] パージ通路２８は、気液分離装置２７によって分離された不純物を排出するための通路である。パージ通路２８の一端は、気液分離装置２７の排出孔に接続され、他端は、カソード調圧弁１４よりも下流のカソードガス排出通路１３に接続される。

[0055] パージ弁２９は、パージ通路２８に設けられる。パージ弁２９は、コント

ローラ１１０によって開閉制御される。この開閉制御によって、窒素ガスや液水の不純物などがカソードガス排出通路１３へ排出される。

[0056] スタック冷却装置３０は、冷媒である冷却水を用いて燃料電池スタック１を発電に適した温度に調整する装置である。スタック冷却装置３０は、冷却水循環通路３１と、冷却水ポンプ３２と、ラジエータ３３と、バイパス通路３４と、ヒータ３５と、サーモスタット３６と、分岐通路３７と、スタック入口水温センサ４３と、スタック出口水温センサ４４とを含む。

[0057] 冷却水循環通路３１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３１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。

[0058] 冷却水ポンプ３２は、冷却水循環通路３１に設けられる。冷却水ポンプ３２は、冷却水を燃料電池スタック１に供給する冷媒供給手段を構成する。冷却水ポンプ３２は、コントローラ１１０によって制御される。なお、冷却水を燃料電池スタック１に供給する冷媒供給手段としては、冷却水ポンプに限らず、コンプレッサが用いられてもよい。

[0059] ラジエータ３３は、冷却水ポンプ３２の冷却水吸入口側の冷却水循環通路３１に設けられる。ラジエータ３３は、燃料電池スタック１により加熱された冷却水を冷却する。

[0060] バイパス通路３４は、ラジエータ３３をバイパスする通路である。バイパス通路３４の一端は、燃料電池スタック１の冷却水出口側の冷却水循環通路３１に接続され、他端は、サーモスタット３６に接続される。

[0061] ヒータ３５は、バイパス通路３４に設けられる。ヒータ３５は、燃料電池スタック１を暖機するときに通電されて冷却水を加熱する。本実施形態では、ヒータ３５は、ＤＣ／ＤＣコンバータ３によって燃料電池スタック１から電力が供給されて発熱する。

[0062] サーモスタット３６は、バイパス通路３４が冷却水循環通路３１に対して合流する部分に設けられる。サーモスタット３６は三方弁である。サーモスタット３６は、サーモスタット３６の内部を流れる冷却水の温度によって自

動的に開閉する。

[0063] 例えば、サーモスタット３６は、冷却水の温度が所定の開弁温度よりも低いときには閉じた状態となり、バイパス通路３４を経由してきた冷却水のみを燃料電池スタック１に供給する。これにより、燃料電池スタック１には、ラジエータ３３を経由してくる冷却水よりも高温の冷却水が流れる。

[0064] 一方、サーモスタット３６は、冷却水の温度が開弁温度以上になると、徐々に開き始める。そしてサーモスタット３６は、バイパス通路３４を経由してきた冷却水と、ラジエータ３３を経由してきた冷却水と、を混合して燃料電池スタック１に供給する。これにより、燃料電池スタック１には、バイパス通路３４を経由してくる冷却水よりも低温の冷却水が流れる。

[0065] 分岐通路３７は、冷却水ポンプ３２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３１から分岐し、熱交換器２３を通過してバイパス通路３４よりも上流の冷却水循環通路３１に合流する。

[0066] スタック入口水温センサ４３は、燃料電池スタック１の冷却水入口孔の近傍にある冷却水循環通路３１に設けられる。スタック入口水温センサ４３は、燃料電池スタック１に流入する冷却水の温度（以下「スタック入口水温」という。）を検出する。スタック入口水温センサ４３は、検出した温度を示す検出信号をコントローラ１１０に出力する。

[0067] スタック出口水温センサ４４は、燃料電池スタック１の冷却水出口孔の近傍にある冷却水循環通路３１に設けられる。スタック出口水温センサ４４は、燃料電池スタック１から排出された冷却水の温度（以下「スタック出口水温」という。）を検出する。スタック出口水温センサ４４は、検出した温度を示す検出信号をコントローラ１１０に出力する。

[0068] スタック抵抗測定装置４５は、燃料電池スタック１に積層された燃料電池を構成する電解質膜の湿潤度を推定するために、燃料電池スタック１の内部抵抗（ＨＦＲ：High Frequency Resistance）を測定する。電解質膜の湿潤度が小さいほど、すなわち電解質膜中の水分が少なく乾き気味であるほど、内部抵抗は大きくなる。一方、電解質膜の湿潤度が大きいほど、すなわち電解

質膜中の水分が多く濡れ気味であるほど、内部抵抗は小さくなる。

[0069] 例えば、スタック抵抗測定装置４５は、燃料電池スタック１の正極端子に交流電流を供給し、交流電流によって正極端子と負極端子との間の交流電圧を検出する。そしてスタック抵抗測定装置４５は、交流電圧の振幅を交流電流の振幅で除算することにより、内部抵抗を算出し、その内部抵抗の値、すなわちＨＦＲをコントローラ１１０に出力する。

[0070] コントローラ１１０は、中央演算装置（ＣＰＵ）、読み出し専用メモリ（ＲＯＭ）、ランダムアクセスメモリ（ＲＡＭ）、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ーで構成される。

[0071] コントローラ１１０には、温度センサ４１、圧力センサ４２、スタック入口水温センサ４３、スタック出口水温センサ４４、及びスタック抵抗測定装置４５から出力される検出値が入力される。

[0072] コントローラ１１０は、入力された値、電気負荷４から要求される要求電力、及び、補機に対する指令値に基づいて、コンプレッサ１２、カソード調圧弁１４、バイパス弁１６、アノード調圧弁２４、及びパージ弁２９を制御する。これにより、燃料電池スタック１にカソードガス及びアノードガスが供給され、燃料電池スタック１の発電状態が良好に維持される。

[0073] コントローラ１１０は、燃料電池システム１００が起動されたときには、燃料電池スタック１を発電に適した温度まで暖機する制御（以下、「暖機運転」という）を実行する。

[0074] 暖機運転においては、コントローラ１１０は、燃料電池スタック１を補機に電気的に接続し、補機の駆動に必要となる電力を燃料電池スタック１で発電させる。発電によって燃料電池スタック１は発熱するため、燃料電池スタック１自体が温められる。燃料電池スタック１で発電した電力は、コンプレッサ１２や、冷却水ポンプ３２、ヒータ３５などの補機に供給される。

[0075] このような燃料電池システムにおいて、零下の温度環境で起動され暖機運転を開始したときには、燃料電池スタック１を流れる冷却水の温度と、発熱している燃料電池スタック１の温度との温度差は大きくなる。この状態で、

冷却水ポンプ３２の回転速度を高くして燃料電池スタック１に供給される冷却水の流量を大きくすると、燃料電池スタック１から冷却水へ放熱される熱量が多くなり、燃料電池スタック１の温度が上昇しにくくなってしまう。このため、暖機運転を開始したときには、冷却水ポンプ３２の回転速度を低く抑えることが望ましい。

[0076] 一方、冷却水ポンプ３２の回転速度を低く抑えると、冷却水の昇温速度が遅くなるため、熱交換器２３によって冷却水からアノードガスに放散される熱量が少なくなり、熱交換器２３から供給されるアノードガスの昇温速度が遅くなってしまう。

[0077] 零下起動時では、高圧タンク２１からジェットポンプ２５に供給されるアノードガスの温度はマイナス３０℃になることも想定される。このような状況で、ジェットポンプ２５によってアノードオフガスが燃料電池スタック１に循環されると、アノードガスとアノードオフガスとが合流する部分では、アノードオフガス中の水蒸気が液水となり、この液水が氷結して氷が生成される。

[0078] このため、ジェットポンプ２５に供給されるアノードガスの昇温が遅くなると、ジェットポンプ２５内に形成される氷が増加してジェットポンプ２５内の流路が閉塞し、アノードガスを燃料電池スタック１に供給できなくなる恐れがある。

[0079] そこで本実施形態では、燃料電池システム１００が零下で起動されたときには、コントローラ１１０は、ジェットポンプ２５の凍結を予測して、熱交換器２３に供給される冷却水の流量を制御する。

[0080] 図２は、本発明の実施形態におけるコントローラ１１０の基本構成を示すブロック図である。

[0081] コントローラ１１０は、燃料電池スタック１に循環させる冷却水の流量（以下、「冷却水流量」という。）を制御する冷却水流量制御部２００を備える。

[0082] 冷却水流量制御部２００は、通常制御部２１０と、スタック暖機制御部２

２０と、ガス流路凍結防止制御部２３０と、切替部３００と、冷却水流量指令部４００とを含む。

[0083] 通常制御部２１０は、暖機運転が完了した後に行われる通常運転中に、燃料電池スタック１が発電に適した温度、例えば６０℃に維持されるように、燃料電池スタック１の冷却水温度に基づいて冷却水流量を制御する。通常制御部２１０は、発電によって燃料電池スタック１の温度が高くなるほど、冷却水流量を大きくする。

[0084] なお、通常制御部２１０は、燃料電池スタック１のＨＦＲに基づいて、電解質膜を予め定められた湿潤状態に維持するために冷却水流量を制御するものであってもよい。例えば、通常制御部２１０は、ＨＦＲが大きくなるほど、冷却水流量を大きくする。これにより、燃料電池スタック１の温度が低くなり、カソードガスによって燃料電池スタック１から持ち出される水蒸気の流量が少なくなるので、電解質膜が湿った状態になり易くなる。この場合には、通常制御部２１０は、冷却水温度に基づく目標流量と、ＨＦＲに基づく目標流量とのうち大きい方の目標流量に基づいて冷却水流量を制御する。

[0085] スタック暖機制御部２２０は、燃料電池スタック１の暖機時に、燃料電池スタック１に供給される冷却水の流量を予め定められた流量に制御する暖機制御部を構成する。

[0086] スタック暖機制御部２２０は、例えば、燃料電池スタック１の温度（以下、「スタック温度」という。）が暖機完了温度、例えば６０℃よりも低いときには、通常制御部２１０によって設定される流量に比べて冷却水流量を低くする。これにより、発熱している燃料電池スタック１の熱が冷却水に奪われ難くなるので、燃料電池スタック１の暖機が促進される。

[0087] スタック温度としては、本実施形態では燃料電池スタック１の温度と相関のある冷却水の温度、例えば、スタック入口水温とスタック出口水温との平均値が用いられる。なお、燃料電池スタック１に対して温度センサを直接設け、その温度センサから出力される検出信号を用いてもよい。

[0088] ガス流路凍結防止制御部２３０は、ジェットポンプ２５の凍結を防止する

ために冷却水流量を制御する。ガス流路凍結防止制御部２３０は、スタック暖機制御部２２０によって冷却水流量が制御されているときに、熱交換器２３に供給される冷却水流量を上昇させる。これにより、熱交換器２３を通過するアノードガスの昇温速度が速くなるので、合流後のアノードガス温度を早期に氷点まで到達させることができる。

[0089] すなわち、ガス流路凍結防止制御部２３０は、ジェットポンプ２５から吐出されるアノードガスの温度を上昇させるガス昇温制御部を構成する。

[0090] 切替部３００は、スタック温度に基づいて、燃料電池スタック１の暖機が必要であるか否かを判定する。そして切替部３００は、暖機が必要であると判定した場合には、冷却水流量を制御する制御部を、通常制御部２１０からスタック暖機制御部２２０に切り替える。

[0091] また、切替部３００は、燃料電池スタック１からジェットポンプ２５へ循環される合流前のアノードオフガスの温度（以下、「循環ガス温度」という。）に基づいて、ジェットポンプ２５が凍結するか否かを予測する。

[0092] 循環ガス温度としては、例えば、循環ガス温度と相関のあるスタック入口水温が用いられる。なお、アノードガス循環通路２６にアノードオフガスの温度を検出する温度センサを設け、その温度センサから出力される検出信号を用いてもよい。

[0093] 切替部３００は、ジェットポンプ２５が凍結すると予測した場合には、冷却水流量を制御する制御部を、スタック暖機制御部２２０からガス流路凍結防止制御部２３０に切り替える。

[0094] さらに、切替部３００は、ジェットポンプ２５から燃料電池スタック１に吐出されるアノードガスの温度（以下、「吐出ガス温度」という。）に基づいて、ジェットポンプ２５内に氷が生成される状態か否かを判定する。なお、吐出ガス温度は、循環ガスと供給ガスとが合流した後の合流後ガスの温度のことである。

[0095] 吐出ガス温度は、目標電流や、循環ガス温度、供給ガス温度などに基づいて算出される。吐出ガス温度の算出方法の詳細については図４を参照して後

述する。なお、ジェットポンプ２５と燃料電池スタック１との間のアノードガス供給通路２２に温度センサを設け、その温度センサから出力される検出信号を用いてもよい。

[0096] 切替部３００は、ジェットポンプ２５内に氷が生成される状態と判定した場合には、冷却水流量を制御する制御部を、ガス流路凍結防止制御部２３０に切り替える。一方、ジェットポンプ２５に氷が生成されない状態と判定した場合には、切替部３００は、冷却水流量を制御する制御部を、スタック暖機制御部２２０に切り替える。

[0097] 冷却水流量指令部４００は、通常制御部２１０、スタック暖機制御部２２０、又はガス流路凍結防止制御部２３０により設定される冷却水流量に基づいて、冷却水ポンプ３２の回転速度を求め、その回転速度を指定する指令信号を冷却水ポンプ３２に出力する。

[0098] 図３は、本実施形態における冷却水流量制御部２００の制御方法の一例を示すフローチャートである。

[0099] ステップＳ１０１において冷却水流量制御部２００は、スタック温度を検出する。具体的には、冷却水流量制御部２００は、スタック入口水温センサ４３の検出値とスタック出口水温センサ４４の検出値とを平均した値をスタック温度として算出する。

[0100] ステップＳ１０２において切替部３００は、スタック温度が暖機判定閾値よりも低いか否かを判断する。暖機判定閾値は、燃料電池スタック１の発電に適した温度、例えば６０℃に設定される。

[0101] ステップＳ１０３において切替部３００は、スタック温度が暖機判定閾値よりも低い場合には、スタック暖機フラグをＯＮに設定する。

[0102] ステップＳ１０４において切替部３００は、スタック暖機フラグがＯＮに設定された場合には、燃料電池スタック１に供給される冷却水流量を、予め定められた暖機要求流量に制御する。スタック温度が０℃よりも低いときに燃料電池システム１００が起動されると、発熱した燃料電池スタック１と冷却水との温度差が大きくなるため、暖機要求流量は、通常運転時の冷却水流

量よりも小さな値に設定される。

[0103] ステップＳ１０５において切替部３００は、循環ガス温度が水分上昇閾値Ｔｈ＿ｓ以上であるかいなかを判断する。水分上昇閾値Ｔｈ＿ｓは、アノードオフガス中の水蒸気量が上昇する温度に基づいて設定され、例えば２０℃に設定される。

[0104] 循環ガス温度が水分上昇閾値Ｔｈ＿ｓよりも高くなる場合には、切替部３００は、ジェットポンプ２５内に形成される氷が増加して流路を閉塞（凍結）すると予測する。

[0105] ステップＳ１０６において切替部３００は、循環ガス温度が水分上昇閾値Ｔｈ＿ｓ以上である場合には、吐出ガス温度が凍結解除閾値Ｔｈ＿ｅ以下であるか否かを判断する。凍結解除閾値Ｔｈ＿ｅは、ジェットポンプ２５内で氷が生成される値、例えば０℃に設定される。

[0106] ステップＳ１０７において切替部３００は、循環ガス温度が水分上昇閾値Ｔｈ＿ｓ以上であり、かつ、吐出ガス温度が凍結解除閾値Ｔｈ＿ｅ以下である場合には、ジェットポンプ２５が凍結する可能性があるため、ガス流路凍結防止フラグをＯＮに設定する。

[0107] ステップＳ１０８において切替部３００は、ガス流路凍結防止フラグがＯＮに設定された場合には、冷却水ポンプ３２から熱交換器２３に供給される冷却水流量を、ガス昇温要求流量に切り替える。

[0108] ガス昇温要求流量は、ジェットポンプ２５に生成される氷を除去するために定められた流量であり、暖機要求流量よりも大きな値に設定される。冷却水流量がガス昇温要求流量に設定されることにより、熱交換器２３に供給される冷却水流量が増加し、熱交換器２３においてジェットポンプ２５に供給されるアノードガスが加熱されるので、吐出ガス温度の昇温を速めることができる。

[0109] 続いて切替部３００は、ステップＳ１０６に戻り、吐出ガス温度が凍結解除閾値Ｔｈ＿ｅに達するまでは冷却水の流量を暖機要求流量よりも高くする。そして吐出ガス温度が凍結解除閾値Ｔｈ＿ｅを超えたときには、ステップＳ１

０２に戻り、切替部３００は、スタック温度が暖機判定閾値を超えていない場合には冷却水の流量を暖機要求流量に戻す。

[0110] ステップＳ１０９において切替部３００は、ステップ１０２でスタック温度が暖機判定閾値以上であると判断された場合には、スタック暖機フラグをＯＦＦに設定する。

[0111] ステップＳ１１０において切替部３００は、スタック暖機フラグをＯＦＦに設定すると共に、ガス流路凍結防止フラグをＯＦＦに設定する。

[0112] ステップＳ１１１において切替部３００は、燃料電池スタック１を暖機した後に、電気負荷４に基づいて冷却水流量を制御する通常制御に切り替える。

[0113] 図４は、コントローラ１１０において吐出ガス温度を演算する吐出ガス温度演算部１２０の構成例を示す図である。

[0114] 吐出ガス温度演算部１２０は、供給ガス流量演算部１２１と、循環ガス流量演算部１２２と、循環ガス体積比演算部１２３と、合流前供給ガスエンタルピ演算部１２４と、循環ガスエンタルピ演算部１２５と、合流後ガス温度演算部１２６とを含む。

[0115] 供給ガス流量演算部１２１は、燃料電池スタック１の目標電流に基づいて、燃料電池スタック１に供給されるアノードガスの流量（以下、「供給ガス流量」という。）を演算する。例えば、供給ガス流量演算部１２１は、目標電流を受け付けると、予め定められたマップから供給ガス流量を算出する。

[0116] 燃料電池スタック１の目標電流は、電動モータや補機などの電気負荷４から要求される電力に基づいて算出される。例えば、アクセルペダルの踏み込み量が大きくなるほど、電動モータから要求される電力が大きくなるため、目標電流は大きくなる。

[0117] 循環ガス流量演算部１２２は、燃料電池スタック１の目標電流とパージ流量とに基づいて、予め定められたマップを参照し、循環ガス流量を演算する。パージ流量は、パージ弁２９の開度などに基づいて算出される。

[0118] 循環ガス体積比演算部１２３は、循環ガス中の水素ガス、窒素ガス、及び

水蒸気の体積比を演算する。

[0119] 具体的には、循環ガス体積比演算部１２３は、スタック入口ガス圧力から燃料電池スタック１の圧力損失を減算してスタック出口ガス圧力を算出し、循環ガス温度によって求められる飽和水蒸気圧からスタック出口ガス圧力を減算することにより、水蒸気体積比を演算する。循環ガス温度としては、本実施形態では循環ガス温度と相関のあるスタック温度が用いられる。

[0120] また循環ガス体積比演算部１２３は、目標電流に基づいて、予め定められマップから循環ガス中の水素ガス体積比を演算する。そして循環ガス体積比演算部１２３は、循環ガス中の水素ガス及び水蒸気の体積比から窒素ガスの体積比を算出する。

[0121] 合流前供給ガスエンタルピ演算部１２４は、合流前供給ガス流量と供給ガス温度とに基づいて、所定の数式などから合流前供給ガスのエンタルピを演算する。合流前水素流量は、供給ガス流量から循環ガス中の水素ガス流量を減算した値である。供給ガス温度は、ジェットポンプ２５に供給されるアノードガスの温度であり、温度センサ４１から出力される検出信号に基づいて算出される。

[0122] 循環ガスエンタルピ演算部１２５は、循環ガス中の水素ガス、窒素ガス及び水蒸気ガスの各々の流量と循環ガス温度とに基づいて、所定の数式などから循環ガスのエンタルピを演算する。

[0123] 合流後ガス温度演算部１２６は、ジェットポンプ２５において合流前供給ガスと合流前の循環ガスとが合流した合流後ガスの温度を演算する。

[0124] 具体的には、合流後ガス温度演算部１２６は、合流前供給ガス及び循環ガスの各エンタルピを加算して合流前のガスについての総エンタルピを算出する。合流後ガス温度演算部１２６は、循環ガスの体積比に基づいて、合流前供給ガス流量に水素ガスの比熱を乗算した熱容量と、循環ガス中の窒素ガス流量に窒素ガスの比熱を乗算した熱容量と、循環ガス中の水蒸気流量に水蒸気比熱を乗算した熱容量とを積算する。合流後ガス温度演算部１２６は、その積算した熱容量により合流前の総エンタルピを除算して合流後のガス温度

を算出する。

[0125] 本発明の第１実施形態によれば、燃料電池システム１００は、冷却水（冷媒）を燃料電池スタック１に供給する冷却水ポンプ３２と、燃料電池スタック１で昇温される冷却水とアノードガス供給通路２２を流れるアノードガスとの間で熱を交換する熱交換器２３とを含む。また燃料電池システム１００は、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に循環させる部品としてジェットポンプ２５を含む。

[0126] このような燃料電池システムにおいて、スタック暖機制御部２２０は、燃料電池スタック１を暖機するとき、本実施形態ではスタック温度が暖機判定閾値よりも低いときには、燃料電池スタック１に供給される冷却水の流量を、予め定められた暖機要求流量に制御する。暖機要求流量は、通常制御部２１０により設定される流量よりも小さな値に設定される。

[0127] そして、ガス流路凍結防止制御部２３０は、スタック暖機制御部２２０で冷却水流量が制御されているときに、アノードオフガスの温度と相関のある燃料電池スタック１の冷却水温度に基づいて、熱交換器２３に供給される冷却水の流量を暖機要求流量から上昇させる。

[0128] これにより、燃料電池スタック１の暖機中に、熱交換器２３で加熱されるアノードガスの昇温速度が速くなるので、熱交換器２３から供給されるアノードガスと、アノードオフガスとが合流したときに生成される氷の量を減らすことができる。

[0129] このため、燃料電池スタック１の暖機中に生成される氷によってガス流路が閉塞するのを回避することができる。したがって、燃料電池スタック１の早期暖機を図りつつ、燃料電池スタック１から排出されるガスを循環させる部品の凍結を防止することができる。

[0130] なお、本実施形態では燃料電池スタック１の冷却水温度に基づいて、熱交換器２３に供給される冷却水の流量を暖機要求流量から上昇させる例について説明したが、これに限られるものではない。例えば、アノードガス循環通路２６に温度センサを設け、この温度センサから出力される検出信号に基づ

いて熱交換器２３に供給される冷却水の流量を暖機要求流量から上昇させるようにしてもよい。

[0131] 本実施形態では、切替部３００は、アノードオフガスの温度（循環ガス温度）が、水分上昇閾値Ｔｈ＿ｓを超えた場合に、冷却水流量を制御する制御部を、スタック暖機制御部２２０からガス流路凍結防止制御部２３０に切り替える。そしてガス流路凍結防止制御部２３０が、熱交換器２３に供給される冷却水の流量を暖機要求流量よりも増加させる。水分上昇閾値Ｔｈ＿ｓは、アノードオフガス中の水蒸気量が大きく上昇する温度、つまり０℃以上の温度に設定される。

[0132] このように、アノードオフガス中の水蒸気量が上昇するまでは冷却水流量を増加させないので、燃料電池スタック１の暖機を促進しつつ、冷却水ポンプ３２の消費電力の増大を回避することができる。

[0133] なお、本実施形態では、アノードガスを循環させる部品として、ジェットポンプ２５を使用する例について説明したが、コンプレッサやポンプなどが使用されてもよい。また、本実施形態の燃料電池システム１００は、アノードオフガスを燃料電池スタック１に循環させるものであったが、カソードオフガスを燃料電池スタック１に循環させるものであっても本実施形態と同様の作用効果を得ることができる。

[0134] 以上のように、アノードオフガス及びカソードオフガスのうち少なくとも一方の排出ガスを燃料電池スタック１に循環させる燃料電池システムにおいて、暖機中に排出ガスの温度に基づいて冷却水流量を上昇させることにより、ガス流路の凍結を防止できる。

[0135] （第２実施形態）

図５は、本発明の第２実施形態における冷却水流量制御部２００の詳細構成を示すブロック図である。

[0136] 本実施形態の燃料電池システムは、図１に示した燃料電池システム１００と基本的に同じ構成である。以下では、燃料電池システム１００と同じ構成については同一符号を付して説明を省略する。

[0137] 冷却水流量制御部２００は、通常制御流量演算部２１１と、暖機要求流量演算部２２１と、減算器２３１と、ガス昇温要求流量演算部２３２と、流量補正値演算部２３３と、乗算器２３４と、冷却水温度差算出部２４１と、スタック過昇温防止流量演算部２４２とを含む。また冷却水流量制御部２００は、切替器３１０と、切替器３２０と、解除値保持部３２１と、要求流量設定部３３０と、冷却水目標流量設定部３４０とを含む。

[0138] 通常制御流量演算部２１１は、燃料電池スタック１の暖機が完了した後に、燃料電池スタック１の温度を適切に維持するための冷却水流量（以下、「通常制御流量」という。）を演算する。通常制御流量演算部２１１は、燃料電池スタック１の目標電流が大きくなるほど、通常運転流量を大きくする。なお、通常制御流量演算部２１１は、電気負荷４に基づいて冷却水流量を制御する通常制御部２１０を構成する。

[0139] 本実施形態では、燃料電池スタック１の目標電流と通常運転流量との関係を示す通常運転マップが通常制御流量演算部２１１に予め記憶されており、通常制御流量演算部２１１は、目標電流を取得すると、通常運転マップを参照し、その目標電流に対応付けられた通常運転流量を算出する。

[0140] 暖機要求流量演算部２２１は、燃料電池スタック１を暖機するための冷却水流量（以下、「暖機要求流量」という。）を演算する。暖機要求流量は、通常制御流量よりも小さな値に設定される。また、暖機要求流量演算部２２１は、燃料電池スタック１の温度が低くなるほど、暖機要求流量を小さくする。

[0141] これにより、燃料電池スタック１の温度が低いほど、発電によって発熱している燃料電池スタック１から冷却水に放熱される熱量が抑えられるため、燃料電池スタック１の暖機を促進することができる。なお、暖機要求流量演算部２２１は、燃料電池スタック１を暖機するときに、通常制御流量よりも冷却水流量を小さくするスタック暖機制御部２２０を構成する。

[0142] 本実施形態では、暖機要求流量演算部２２１には、燃料電池スタック１の温度と相関のある冷却水温度と、暖機要求流量との関係を示す暖機運転マッ

プが予め記憶され、暖機要求流量演算部２２１は、冷却水温度を取得すると、暖機運転マップを参照し、その冷却水温度に対応付けられた暖機要求流量を算出する。

[0143] 切替器３１０は、スタック暖機フラグの設定状態に応じて、要求流量設定部３３０に出力される値を、通常制御流量又は暖機要求流量に切り替える。

[0144] 切替器３１０は、図３に示したステップＳ１０３においてスタック暖機フラグがＯＮに設定された場合には、暖機要求流量を要求流量設定部３３０に出力する。一方、切替器３１０は、スタック暖機フラグがＯＦＦに設定された場合には、通常制御流量を要求流量設定部３３０に出力する。

[0145] 減算器２３１は、スタック入口水温から供給ガス温度を減算することにより、温度差ΔＴを算出する。供給ガス温度は、零下起動時において吐出ガス温度と相関のあるパラメータであり、図１に示した温度センサ４１により検出される。なお、供給ガス温度の代わりに、図４で示した吐出ガス温度演算部１２０で演算された吐出ガス温度を用いてもよい。

[0146] スタック入口水温は、アノードオフガスの温度（循環ガス温度）と相関のあるパラメータであり、図１に示したスタック入口水温センサ４３により検出される。

[0147] アノードオフガスの温度の代わりにスタック入口水温センサ４３の検出値を用いることにより、アノードガス循環通路２６に新たに温度センサを設ける必要がなく、その温度センサの凍結防止対策を施す必要もなくなるので、製造コストの増加を抑制できる。

[0148] なお、本実施形態では、燃料電池スタック１は、アノードガス出口孔と冷却水入口孔とを隣接して形成したもの、いわゆるカウンタフロー型の燃料電池スタックを前提としている。これに対して、アノードガス出口孔と冷却水出口孔とを隣接して形成した燃料電池スタックを使用する場合は、スタック入口水温に代えてスタック出口水温を用いることが望ましい。また、アノードガス循環通路２６に温度センサを設け、その温度センサから出力される検出信号を用いてもよい。

[0149] ガス昇温要求流量演算部２３２は、熱交換器２３により温められるアノードガスの温度を暖機運転時よりも迅速に上昇させるための冷却水流量（以下、「ガス昇温要求流量」という。）を演算する。ガス昇温要求流量は、暖機要求流量よりも大きな値に設定される。

[0150] ガス昇温要求流量演算部２３２は、スタック入口水温と供給ガス温度との温度差ΔＴが大きくなるほど、冷却水流量を増やすことでアノードガスを昇温させる効果が大きくなるので、ガス昇温要求流量を大きくする。

[0151] また、ガス昇温要求流量演算部２３２は、燃料電池システム１００が起動した時点の冷却水温度が低いほど、吐出ガス温度を氷点まで上昇させるのに要する時間が長くなってしまうため、ガス昇温要求流量を高くする。ガス昇温要求流量を高くすることにより、昇温時間が短くなるので、ジェットポンプ２５内に生成される氷によって流路が閉塞するのを抑制することができる。

[0152] なお、ガス昇温要求流量演算部２３２は、アノードオフガスの温度に基づいて、冷却水流量を暖機要求流量よりも上昇させるガス流路凍結防止制御部２３０を構成する。

[0153] 本実施形態では、ガス昇温要求流量演算部２３２には、温度差ΔＴとガス昇温要求流量との関係を示す凍結防止制御マップが予め記憶されている。凍結防止制御マップについては図６を参照して後述する。

[0154] ガス昇温要求流量演算部２３２は、起動時の冷却水温度と温度差ΔＴを取得すると、凍結防止制御マップを参照し、起動時の冷却水温度における温度差Δに対応付けられたガス昇温要求流量を算出する。ガス昇温要求流量演算部２３２は、そのガス昇温要求流量を乗算器２３４に出力する。

[0155] 流量補正値演算部２３３は、ガス昇温要求流量を補正する補正値を演算する。流量補正値演算部２３３は、燃料電池スタック１の目標電流とＨＦＲとに基づいて補正値を算出する。

[0156] 例えば、流量補正値演算部２３３は、目標電流が大きくなるほど、冷却水温度が高くなってアノードガスを昇温させる効果が大きくなるため、ガス昇

温要求流量が大きくなるように補正値を大きくする。

[0157] また、流量補正値演算部２３３は、ＨＦＲが小さくなるほど、アノードオフガスに含まれる水蒸気量が増えるため、ガス昇温要求流量が大きくなるように補正値を大きくする。

[0158] 本実施形態では、流量補正値演算部２３３には、ＨＦＲごとに、目標電流とガス昇温要求流量との関係を示す補正マップが予め記憶されている。補正マップについては図７を参照して後述する。

[0159] 流量補正値演算部２３３は、目標電流とＨＦＲとを取得すると、そのＨＦＲにより特定される補正マップを参照し、その目標電流に対応付けられた補正値を算出する。流量補正値演算部２３３は、その補正値を乗算器２３４に出力する。

[0160] 乗算器２３４は、補正値をガス昇温要求流量に乗算することにより、ガス昇温要求流量を補正する。乗算器２３４は、補正後のガス昇温要求流量を切替器３２０に出力する。

[0161] 解除値保持部３２１は、凍結防止制御を解除する値としてゼロを保持する。

[0162] 切替器３２０は、ガス流路凍結防止フラグの設定状態に応じて、要求流量設定部３３０に出力される値を、補正後のガス昇温要求流量又はゼロに切り替える。

[0163] 切替器３２０は、図３に示したステップＳ１０７においてガス流路凍結防止フラグがＯＮに設定された場合には、ガス昇温要求流量を要求流量設定部３３０に出力する。一方、切替器３２０は、ガス流路凍結防止フラグがＯＦＦに設定された場合には、凍結防止制御が解除されるようにゼロを要求流量設定部３３０に出力する。

[0164] 要求流量設定部３３０は、切替器３１０から出力される通常制御流量、又は暖機要求流量と、切替器３２０から出力されるガス昇温要求流量又はゼロとのうち大きい方の値を要求流量として設定し、その要求流量を冷却水目標流量設定部３４０に出力する。

[0165] 例えば、ガス流路凍結防止フラグがＯＦＦに設定されている状態でスタック暖機フラグがＯＮに設定された場合には、要求流量設定部３３０は、冷却水の要求流量として暖機要求流量を出力する。そして、スタック暖機フラグがＯＮに設定された場合において、ガス流路凍結防止フラグがＯＮに切り替えられたときには、要求流量設定部３３０は、暖機要求流量よりも大きいガス昇温要求流量を出力する。

[0166] これにより、熱交換器２３に供給される冷却水の流量が増加するので、熱交換器２３を通過するアノードガスへの放熱量が増大し、ジェットポンプ２５から吐出されるアノードガスの吐出ガス温度が氷点に達するまでの昇温時間を短縮することができる。このため、ジェットポンプ２５内に形成される氷によって流路が閉塞するのを回避することができる。

[0167] また、吐出ガス温度が凍結解除閾値Ｔｈ＿ｅを超えたときには、ガス流路凍結防止フラグがＯＦＦに設定されるため、要求流量設定部３３０は、冷却水の要求流量を、ガス昇温要求流量から暖機要求流量に切り替える。

[0168] これにより、ジェットポンプ２５が凍結しない状態で冷却水流量を増やして冷却水ポンプ３２の消費電力を無用に大きくするのを防ぐことができる。

[0169] 冷却水温度差算出部２４１は、スタック出口水温からスタック入口水温を減算して燃料電池スタック１の入口と出口の間の冷却水温度差を算出し、その冷却水温度差を、スタック過昇温防止流量演算部２４２に出力する。

[0170] スタック過昇温防止流量演算部２４２は、燃料電池システム１００を起動しているときに燃料電池スタック１の温度が高くなり過ぎないようにするための冷却水流量（以下、「過昇温防止流量」という。）を演算する。起動処理中の過昇温防止流量は、通常制御流量よりも小さな値に設定される。

[0171] スタック過昇温防止流量演算部２４２は、燃料電池スタック１の目標電流が大きくなるほど、燃料電池スタック１の発電に伴う発熱量が大きくなるため、過昇温防止流量を大きくする。また、スタック過昇温防止流量演算部２４２は、冷却水温度差が大きいほど、燃料電池スタック１の出口側の温度が入口側の温度まで下がるように、過昇温防止流量を大きくする。

[0172] 本実施形態では、冷却水温度差ごとに、目標電流と過昇温防止流量との関係を示す過昇温防止マップがスタック過昇温防止流量演算部２４２に予め記憶されている。補正マップについては図８を参照して後述する。

[0173] スタック過昇温防止流量演算部２４２は、冷却水温度差と目標電流とを取得すると、冷却水温度差により特定される過昇温防止マップを参照し、目標電流に対応付けられた過昇温防止流量を算出する。スタック過昇温防止流量演算部２４２は、その過昇温防止流量を冷却水目標流量設定部３４０に出力する。

[0174] 冷却水目標流量設定部３４０は、過昇温防止流量と、要求流量設定部３３０から出力される値とのうち大きい方の値を、冷却水目標流量として設定する。

[0175] 例えば、スタック暖機フラグがＯＮに設定された場合において、過昇温防止流量が暖機要求流量よりも大きくなるときには、冷却水目標流量設定部３４０は、過昇温防止流量を冷却水目標流量に設定する。これにより、燃料電池スタック１の温度が暖機要求流量により高くなり過ぎることを防止することができる。

[0176] 図６は、ガス昇温要求流量演算部２３２に記憶される凍結防止制御マップの一例を示す図である。

[0177] 図６に示すように、起動時の冷却水温度ごとに、減算器２３１で算出される温度差ΔＴとガス昇温要求流量とが互いに凍結防止制御マップに対応付けられている。温度差ΔＴは、熱交換器２３からジェットポンプ２５に供給されるガスの温度と、燃料電池スタック１からジェットポンプ２５に循環されるガスの温度との差分である。

[0178] 凍結防止制御マップでは、温度差ΔＴが大きくなるほど、冷却水流量は大きくなる。これは、熱交換器２３においてアノードガスと冷却水との温度差が大きくなるほど、冷却水流量を増やすことで冷却水からアノードガスへ放散される熱量が増加するからである。

[0179] また、同一の温度差ΔＴにおいて、起動時の冷却水温度が低くなるほど、

ガス昇温要求流量は大きくなる。これは、システム起動時の冷却水温度が低いほど、アノードガスを凍結解除閾値Ｔｈ＿ｅまで上昇させる幅が大きくなり、昇温時間が長くなってしまうため、これを抑制するためである。

[0180] 図７は、流量補正値演算部２３３に記憶される補正マップの一例を示す図である。

[0181] 図７に示すように、燃料電池スタック１のＨＦＲごとに、目標電流と補正値とが互いに補正マップに対応付けられている。

[0182] 補正マップでは、目標電流が大きくなるほど、ガス昇温要求流量を大きくするために補正値は大きくなる。これは、目標電流が大きいなるほど、燃料電池スタック１の発熱によって冷却水温度が上昇して温度差ΔＴが大きくなることから、熱交換器２３に供給される冷却水流量を増加させることでアノードガスの温度が上昇しやすくなるからである。

[0183] また、同一の目標電流において、ＨＦＲが大きくなるほど、ガス昇温要求流量を小さくするために補正値は小さくなる。これは、ＨＦＲが大きくなるほど、すなわち燃料電池が乾燥するほど、ジェットポンプ２５に吸引されるアノードオフガス中の水蒸気量が少なくなるため、ジェットポンプ２５で生成される氷の増加量が少なくなるからである。

[0184] 図８は、スタック過昇温防止流量演算部２４２に記憶される過昇温防止マップの一例を示す図である。

[0185] 図８に示すように、冷却水温度差ごとに、燃料電池スタック１の目標電流と過昇温防止流量とが互いに補正マップに対応付けられている。

[0186] 過昇温防止マップでは、目標電流が大きくなるほど、過昇温防止流量が大きくなる。これは、目標電流が大きくなるほど、燃料電池スタック１の発熱量も大きくなるので、燃料電池スタック１の急激な温度上昇を抑制するためである。

[0187] また、同一の目標電流において、冷却水温度差が大きくなるほど、ガス昇温要求流量は大きくなる。これは、冷却水温度差が大きいほど、燃料電池スタック１の出口側は入口側に比べて燃料電池を冷却できていないことになる

ので、燃料電池スタック１の出口側の温度を低下させるためである。

[0188] 次に本実施形態における冷却水流量制御部２００の動作について図９及び図１０を参照して説明する。

[0189] 図９は、冷却水流量制御部２００によってジェットポンプ２５の凍結防止制御を実行したときのタイムチャートである。

[0190] 図９（ａ）は、燃料電池システム１００の運転状態の変化を示す図である。図９（ｂ）は、ジェットポンプ２５に吸引される合流前のアノードオフガスの温度（循環ガス温度）と、ジェットポンプ２５に供給される合流前のアノードガスの温度（供給ガス温度）と、ジェットポンプ２５で合流前の供給ガスと循環ガスとが合流した後のアノードガスの温度（合流後ガス温度）との各々の変化を示す図である。

[0191] ここでは合流前の循環ガス温度として冷却水温度の変化が示されている。なお、冷却水温度は、スタック入口水温センサ４３により検出される冷却水の温度であり、供給ガス温度は、温度センサ４１により検出されるアノードガスの温度である。合流後ガス温度は、ジェットポンプ２５から吐出される合流後のアノードガスの温度である。

[0192] 図９（ｃ）は、冷却水ポンプ３２から吐出される冷却水流量の変化を示す図である。図９（ｃ）では、暖機要求流量が破線により示され、ガス昇温要求流量が一点鎖線により示されている。図９（ｄ）は、ジェットポンプ２５内に形成される氷量の変化を示す図である。

[0193] 図９（ａ）から図９（ｄ）までの各図面の横軸は、互いに共通の時間軸である。また、図９（ｂ）及び図９（ｄ）には、ガス流路凍結防止制御を実行せずに暖機運転のみを実行したときの変化が破線により示されている。

[0194] 時刻ｔ０より前においては、図９（ａ）に示すように燃料電池システム１００は停止状態であり、冷却水温度は０℃よりも極めて低い温度、例えば－２０℃であり、供給ガス温度は、冷却水温度よりもさらに低い温度、例えば－３０℃である。

[0195] 時刻ｔ０では、燃料電池システム１００が起動され、冷却水温度が暖機判

定閾値よりも低いため、スタック暖機フラグがＯＮに設定され、暖機運転が実行される。

[0196] 暖機運転では、コントローラ１１０は、燃料電池スタック１からコンプレッサ１２や、冷却水ポンプ３２、ヒータ３５などの補機に発電電力を供給し、燃料電池スタック１の発電に伴う自己発熱とヒータ３５による放熱とによって燃料電池スタック１を暖機する。これにより、図９（ｂ）に示すように冷却水温度が徐々に上昇する。

[0197] このとき、図９（ｃ）に示すように、冷却水流量制御部２００は、冷却水ポンプ３２から吐出される冷却水流量を、暖機要求流量に設定する。そして時間が経過するにつれて冷却水温度が上昇するので、冷却水流量制御部２００は、時間の経過と共に暖機要求流量を単調増加させる。なお、冷却水流量制御部２００は、冷却水温度の変化に応じて暖機要求流量を大きくするものであってもよい。

[0198] 時刻ｔ１において、図９（ｂ）に示すように、冷却水温度が水分上昇閾値Ｔｈ＿ｓを超えるため、ガス流路凍結防止フラグがＯＮに設定される。これに伴い、冷却水流量制御部２００は、図９（ｃ）に示すように冷却水流量を、暖機要求流量からガス昇温要求流量まで上昇させる。

[0199] これにより、熱交換器２３に供給される冷却水の流量が増加するので、図９（ｂ）に示すように、暖機運転のみの場合に比べて、合流前のアノードガス温度の上昇速度が速くなり、これにより合流後のアノードガス温度の上昇速度も同様に速くなる。

[0200] 図９（ｄ）に示すように、ジェットポンプ２５内の氷が増加するタイミングまで暖機要求流量に設定することで、燃料電池スタック１の暖機時間を長く確保でき、冷却水流量を無用に増加させることを回避できる。

[0201] 時刻ｔ１から時間が経過するにつれて、循環ガス温度と吐出ガス温度との温度差ΔＴ、すなわち循環ガス温度と供給ガス温度との温度差が小さくなるため、冷却水流量の増加によるアノードガスの昇温効果が小さくなる。このため、冷却水流量制御部２００は、図９（ｃ）に示すようにガス昇温要求流

量を減少させる。

[0202] これにより、供給ガス温度及び吐出ガス温度の上昇に寄与しない状況で必要以上に冷却水流量を増加させることを防ぐことができる。したがって、冷却水ポンプ３２の消費電力を低減することができ、また冷却水流量を下げることで燃料電池スタック１の暖機を促進することができる。

[0203] 時刻ｔ２を経過すると、図９（ｂ）に示すように合流後のアノードガス温度が凍結解除閾値Ｔｈ＿ｅを超えるため、ガス流路凍結防止フラグがＯＦＦに切り替えられる。これに伴い、冷却水流量制御部２００は、図９（ｃ）に示すように冷却水流量を、ガス昇温要求流量から暖機要求流量に切り替える。これにより、燃料電池スタック１の暖機が促進される

[0204] これに伴い、図９（ｂ）に示すように合流後のアノードガス温度は一旦低下するが、０℃（氷点温度）まで低下することなくアノードガス温度は再び上昇する。このように凍結解除閾値Ｔｈ＿ｅを０℃よりも高く設定することにより、暖機要求流量への切替え後にジェットポンプ２５が凍結するのを防ぐことができる。

[0205] また、合流後のアノードガス温度が０℃よりも高く維持されるため、図９（ｄ）に示すようにジェットポンプ２５に形成された氷は直ぐに溶解する。

[0206] このように、循環ガス中の水蒸気量が増加し始めるタイミングでガス流路凍結防止制御を実行することにより、ガス流路凍結防止制御を実行する時間（ｔ１－ｔ２）が短縮されると共に、暖機運転の時間をより長く確保することができる。したがって、冷却水ポンプ３２の消費電力の増加を抑制すると共に、燃料電池スタック１の暖機を促進することができる。

[0207] なお、図９では循環ガス温度と吐出ガス温度との温度差ΔＴが小さくなる例について説明したが、温度差ΔＴが大きくなる例について図１０を参照して簡単に説明する。

[0208] 図１０は、ガス凍結防止制御を実行している間に温度差ΔＴが大きくなるときのタイムチャートである。

[0209] 図１０（ａ）から図１０（ｄ）までの各図面の縦軸は、それぞれ図９（ａ

）から図９（ｄ）までの各図面の縦軸と同じであり、横軸は、互いに共通の時間軸である。ここでは、時刻ｔ１１から時刻ｔ１２までの燃料電池システム１００の状態について説明する。

[0210] 時刻ｔ１１では、循環ガス温度が水分上昇閾値Ｔｈ＿ｓを超えるため、冷却水流量制御部２００は、図１０（ｃ）に示すように冷却水流量をガス昇温要求流量に切り替える。その後、図１０（ｂ）に示すように循環ガス温度と吐出ガス温度との温度差ΔＴが大きくなる。同様に循環ガス温度と供給ガス温度との温度差も大きくなる。

[0211] このような場合には、熱交換器２３に供給される冷却水流量の増加による合流後のアノードガスの昇温効果が大きくなるため、冷却水流量制御部２００は、図１０（ｃ）に示すようにガス昇温要求流量を増加させる。これにより、図１０（ｂ）に示すように吐出ガス温度は、図９（ｂ）に示した時刻ｔ１から時刻ｔ２までの吐出ガス温度に比べて早期に凍結解除閾値Ｔｈ＿ｅに到達する。

[0212] このように、温度差ΔＴが大きくなるほど、ガス昇温要求流量を増加させることによって、短時間で効果的に吐出ガス温度を氷点よりも高くすることができる。

[0213] 図９及び図１０に示したように、温度差ΔＴに応じてガス昇温要求流量を増減させることにより、冷却水ポンプ３２の消費電力の増加を抑制しつつ、ジェットポンプ２５内のガス流路が凍結して閉塞するのを防止することができる。

[0214] 本発明の第２実施形態によれば、ガス昇温要求流量演算部２３２は、ジェットポンプ２５に吸引されるアノードオフガスの温度が水分上昇閾値Ｔｈ＿ｓを超えた場合に、暖機要求流量演算部２２１で演算される暖機要求流量よりも冷却水流量を増加させる。

[0215] これにより、熱交換器２３からジェットポンプ２５に供給されるアノードガスの温度が上昇するので、ジェットポンプ２５が凍結して流路が閉塞する前に、ジェットポンプ２５に形成された氷を溶解することが可能となる。

[0216] また本実施形態では、ガス昇温要求流量演算部２３２は、ジェットポンプ２５から吐出される吐出ガスの温度とアノードオフガスの温度（循環ガス温度）との温度差が大きいほど、暖機要求流量から冷却水流量を増加させる幅を大きくする。

[0217] このように、冷却水流量の増加によって熱交換器２３でアノードガスの温度を上昇させる効果が大きいときに冷却水流量の増加幅を大きくするので、効率的に冷却水ポンプ３２を駆動することができる。

[0218] また本実施形態では、流量補正値演算部２３３は、図７に示したように、アノードガスの供給流量と相関のある目標電流が大きくなるほど、ガス昇温要求流量が大きくなるように補正値を大きくする。すなわち、流量補正値演算部２３３は、燃料電池スタック１に供給されるガスの流量が多いほど、暖機要求流量からガス昇温要求流量までの増加幅を大きくする。

[0219] 熱交換器２３を通過するアノードガスの昇温速度を確保するには、アノードガスの流量が大きくなるほど、熱交換器２３において冷却水からアノードガスに放熱される熱量を増やす必要がある。このため、アノードガスの流量が大きくなるほど、暖機要求流量からの増加幅が大きくなるようにガス昇温要求流量を補正することにより、迅速、かつ、確実にアノードガスの温度を上昇させることができる。

[0220] また本実施形態では、流量補正値演算部２３３は、図７に示したように、燃料電池の電解質膜の湿潤度と相関のあるＨＦＲが大きくなるほど、ガス昇温要求流量が大きくなるように補正値を大きくする。すなわち、流量補正値演算部２３３は、燃料電池の電解質膜が乾燥するほど、冷却水流量の増加幅を小さくする。

[0221] 電解質膜が乾燥している場合には、アノードオフガス中の水蒸気量が少なくなってジェットポンプ２５に形成される氷の増加量が少なくなる。このため、電解質膜が乾燥しているほど、冷却水流量の増加幅が小さくなるようにガス昇温要求流量を補正することにより、ジェットポンプ２５の凍結を抑制しつつ、冷却水ポンプ３２の消費電力を低減することができる。

[0222] また本実施形態では、ジェットポンプ２５から吐出されるガスの温度（吐出ガス温度）が凍結解除閾値Ｔｈ＿ｅを超えた場合には、ガス流路凍結防止フラグがＯＦＦに設定される。切替器３２０は、ガス流路凍結防止フラグがＯＦＦに設定されると、ガス昇温要求流量を解除する値としてゼロを出力する。すなわち、切替器３２０は、ジェットポンプ２５から吐出されるガスの温度に基づいて、熱交換器２３に供給される冷却水流量の上昇を制限する。

[0223] これにより、無用に冷却水流量を増加させるのを防止できるので、冷却水ポンプ３２の消費電力の増加を抑制することができる。また、冷却水流量の上昇を制限することにより、燃料電池スタック１の暖機を促進することが可能となる。

[0224] また本実施形態では、吐出ガス温度演算部１２０は、熱交換器２３からジェットポンプ２５に供給されるガスの温度と、ジェットポンプ２５に循環されるガスの温度とに基づいて、吐出ガス温度を算出する。

[0225] そして、吐出ガス温度が例えば０℃の凍結解除閾値（制限閾値）まで上昇したときには、切替器３２０は、熱交換器２３に供給される冷却水流量を、ガス昇温要求流量よりも小さい暖機要求流量に切り替える。

[0226] これにより、無用な冷却水流量の増加を抑制しつつ、燃料電池スタック１の暖機を促進することができる。また、冷却水流量を制限するブロックを新たに設ける必要がないので、演算負荷を抑制することができる。

[0227] なお、本実施形態では循環ガス温度が水分上昇閾値Ｔｈ＿ｓ以上であり、かつ、吐出ガス温度が凍結解除閾値Ｔｈ＿ｅ以下である場合に熱交換器２３に供給される冷却水流量を暖機要求流量から上昇させる例について説明した。

[0228] このような場合において、ガス流路凍結防止制御部２３０は、循環ガス温度が氷点以上であり、かつ、吐出ガス温度が氷点以下であるときに、熱交換器２３に供給される冷却水の流量を暖機要求流量から上昇させるものであってもよい。

[0229] このように水分上昇閾値Ｔｈ＿ｓ及び凍結解除閾値Ｔｈ＿ｅを０℃に設定する理由としては、まず、吐出ガス温度は０℃以下でなければ、ジェットポン

プ２５に氷は生成されない。また、図９に示したように、循環ガス温度が０℃よりも高くなければ、仮に合流後ガス温度が氷点以下であってもアノードオフガスに含まれる水蒸気量が極めて少ないので、ジェットポンプ２５に氷は殆ど生成されない。

[0230] したがって、循環ガス温度が０℃以上であり、かつ、吐出ガス温度が０℃以下である場合にジェットポンプ２５に生成される氷が増加することになるので、このような条件が成立したときに冷却水流量を上昇させる。これにより、ジェットポンプ２５内の氷が増加するような状態となったときに限り、熱交換器２３によってアノードガスが加熱されるので、的確にジェットポンプ２５の凍結を防止することができる。

[0231] （第３実施形態）

図１１は、本発明の第３実施形態における燃料電池システム１０１の構成例を示す図である。

[0232] 燃料電池システム１０１は、図１に示した燃料電池システム１００の構成に加えて、バイパス冷却水ポンプ３８を備えている。以下では、燃料電池システム１００と同じ構成については、同一符号を付して説明を省略する。

[0233] バイパス冷却水ポンプ３８は、冷却水循環通路３１から分岐通路３７が分岐した部分と熱交換器２３との間にある分岐通路３７に設けられる。バイパス冷却水ポンプ３８は、コントローラ１１０によって制御される。

[0234] コントローラ１１０は、図３のステップＳ１０７でガス流路凍結防止フラグがＯＮに切り替えられた場合には、バイパス冷却水ポンプ３８から熱交換器２３に供給される冷却水流量を増加させる。

[0235] 図１２は、本実施形態におけるコントローラ１１０に備えられる冷却水流量制御部２０１の構成の一例を示すブロック図である。

[0236] 冷却水流量制御部２０１は、図５に示した要求流量設定部３３０及び冷却水目標流量設定部３４０に代えて、加算器３５０、冷却水目標流量設定部３６０、及びバイパス目標流量設定部３７０を備えている。他の構成については、図５に示した冷却水流量制御部２００の構成と同じであるため、同一符

号を付して説明を省略する。

[0237] 加算器３５０は、切替器３２０から出力される補正後のガス昇温要求流量又はゼロを、過昇温防止流量に加算する。例えば、ガス流路凍結防止フラグがＯＮに設定された場合には、加算器３５０は、過昇温防止流量にガス昇温要求流量を加算した値を、冷却水総流量として、冷却水目標流量設定部３６０に出力する。

[0238] 冷却水目標流量設定部３６０は、加算器３５０から出力される冷却水総流量と、切替器３１０から出力される通常制御流量又は暖機要求流量とのうち大きい方の値を、冷却水目標流量に設定する。そして冷却水目標流量設定部３６０は、冷却水目標流量をバイパス目標流量設定部３７０と冷却水ポンプ回転速度演算部４１０とにそれぞれ出力する。

[0239] 例えば、スタック暖機フラグがＯＮに設定された場合おいて、ガス流路凍結防止フラグがＯＮに設定されたときには、冷却水目標流量設定部３６０は、加算器３５０から出力される冷却水総流量を、冷却水目標流量として出力する。

[0240] また、スタック暖機フラグがＯＮに設定された場合おいて、ガス流路凍結防止フラグがＯＦＦに設定されたときには、冷却水目標流量設定部３６０は、加算器３５０から出力される過昇温防止流量を、冷却水目標流量として出力する。

[0241] バイパス目標流量設定部３７０は、冷却水目標流量から過昇温防止流量を減算した値をバイパス目標流量の設定値として、バイパス冷却水ポンプ回転速度演算部４２０に出力する。

[0242] 例えば、スタック暖機フラグがＯＮに設定された場合おいて、ガス流路凍結防止フラグがＯＮに設定されたときには、バイパス目標流量設定部３７０は、冷却水総流量から過昇温防止流量を減算した値、すなわちガス昇温要求流量を出力する。

[0243] これにより、冷却水ポンプ３２によって過昇温防止流量と同等の冷却水流量が燃料電池スタック１へ供給されるとともに、バイパス冷却水ポンプ３８

によってガス昇温要求流量と同等の冷却水流量が熱交換器２３へ供給される。

[0244] また、スタック暖機フラグがＯＮに設定された場合おいて、ガス流路凍結防止フラグがＯＦＦに設定されたときには、バイパス目標流量設定部３７０は、暖機要求流量から過昇温防止流量を減算した値を出力する。

[0245] これにより、冷却水ポンプ３２によって暖機要求流量と同等の冷却水流量が燃料電池スタック１へ供給されるとともに、バイパス冷却水ポンプ３８によって過昇温防止流量と同等の冷却水流量が熱交換器２３へ供給される。

[0246] 冷却水ポンプ回転速度演算部４１０は、冷却水目標流量に基づいて、冷却水ポンプ３２の回転速度を演算する。また、冷却水ポンプ回転速度演算部４１０は、燃料電池スタック１の冷却水温度に応じて冷却水ポンプ３２の回転速度を補正する。

[0247] 本実施形態では、冷却水温度ごとに、冷却水目標流量と冷却水ポンプ回転速度との関係を示す回転速度指令マップが、冷却水ポンプ回転速度演算部４１０に記憶されている。回転速度指令マップについては図１３を参照して後述する。

[0248] そして、冷却水ポンプ回転速度演算部４１０は、冷却水温度と冷却水目標流量とを取得すると、冷却水温度により特定される回転速度指令マップを参照し、冷却水目標流量に対応付けられた回転速度を算出する。冷却水ポンプ回転速度演算部４１０は、その回転速度を冷却水ポンプ３２に指令する。

[0249] バイパス冷却水ポンプ回転速度演算部４２０は、バイパス目標流量に基づいて、バイパス冷却水ポンプ３８の回転速度を演算する。また、バイパス冷却水ポンプ回転速度演算部４２０は、冷却水ポンプ３２の回転速度に応じて、バイパス冷却水ポンプ３８の回転速度を補正する。

[0250] なお、バイパス冷却水ポンプ回転速度演算部４２０は、燃料電池スタック１の冷却水温度が小さいほど、冷却水の粘性が低くなるため、バイパス冷却水ポンプ３８の回転速度を大きくするものであってもよい。

[0251] 本実施形態では、冷却水ポンプ３２の回転速度ごとに、バイパス目標流量

とバイパス冷却水ポンプ回転速度との関係を示すバイパス回転速度指令マップがバイパス冷却水ポンプ回転速度演算部４２０に記憶されている。バイパス回転速度指令マップについては図１４を参照して後述する。

[0252] そして、バイパス冷却水ポンプ回転速度演算部４２０は、バイパス目標流量と冷却水ポンプ３２の回転速度とを取得すると、その回転速度により特定されるバイパス回転速度指令マップを参照し、バイパス目標流量に対応付けられた回転速度を算出する。バイパス冷却水ポンプ回転速度演算部４２０は、その回転速度をバイパス冷却水ポンプ３８に指令する。

[0253] 図１３は、冷却水ポンプ回転速度演算部４１０に記憶される回転速度指令マップの一例を示す図である。

[0254] 図１３に示すように、燃料電池スタック１の冷却水温度ごとに、冷却水目標流量と冷却水ポンプ３２の回転速度とが互いに回転速度指令マップに対応付けられている。回転速度指令マップでは、冷却水目標流量が大きくなるほど、冷却水ポンプ３２の回転速度は非線形に大きくなる。また、同一の冷却水目標流量において、冷却水温度が低くなるほど、冷却水の粘性が低下するため、冷却水ポンプ３２の回転速度は大きくなる。

[0255] 図１４は、バイパス冷却水ポンプ回転速度演算部４２０に記憶されるバイパス回転速度指令マップの一例を示す図である。

[0256] 図１４に示すように、冷却水ポンプ３２の回転速度ごとに、バイパス目標流量とバイパス冷却水ポンプ３８の回転速度とが互いにバイパス回転速度指令マップに対応付けられている。

[0257] バイパス回転速度指令マップでは、バイパス目標流量が大きくなるほど、バイパス冷却水ポンプ３８の回転速度は非線形に大きくなる。また、同一のバイパス目標流量においては、冷却水ポンプ３２の回転速度が小さくなるほど、バイパス冷却水ポンプ３８を介して熱交換器２３に冷却水が流れ難くなるため、バイパス冷却水ポンプ３８の回転速度は大きくなる。

[0258] 本発明の第３実施形態によれば、冷却水循環通路３１から分岐した分岐通路３７にバイパス冷却水ポンプ３８が設けられる。そして冷却水流量制御部

２０１は、ガス流路凍結防止フラグがＯＮに設定されたときには、バイパス冷却水ポンプ３８の回転速度を大きくして、熱交換器２３に供給される冷却水流量を、燃料電池スタック１に供給される暖機要求流量に比べて増加させる。

[0259] これにより、ジェットポンプ２５に供給されるアノードガスの温度が上昇してジェットポンプ２５から吐出されるアノードガスの温度が短時間で氷点まで上昇するので、ジェットポンプ２５内に生成される氷によって流路が閉塞するのを防ぐことができる。

[0260] （第４実施形態）

図１５は、本発明の第４実施形態における燃料電池システム１０１の構成例を示す図である。

[0261] 燃料電池システム１０２は、図１１に示した燃料電池システム１０２のバイパス冷却水ポンプ３８に代えて、バイパス弁３９を備えている。以下では、燃料電池システム１０１と同じ構成については、同一符号を付して説明を省略する。

[0262] バイパス弁３９は、冷却水循環通路３１から分岐通路３７が分岐した部分に設けられる三方弁である。バイパス弁３９は、コントローラ１１０によって制御される。

[0263] コントローラ１１０は、図３のステップＳ１０７でガス流路凍結防止フラグがＯＦＦからＯＮに切り替えられた場合には、バイパス弁３９から熱交換器２３に供給される冷却水流量を増加させる。

[0264] 図１６は、本実施形態におけるコントローラ１１０に備えられる冷却水流量制御部２０２の構成の一例を示すブロック図である。

[0265] 冷却水流量制御部２０２は、図１２に示したバイパス冷却水ポンプ回転速度演算部４２０に代えて、バイパス弁開度演算部４３０を備えている。他の構成については、図５に示した冷却水流量制御部２００の構成と同じであるため、同一符号を付して説明を省略する。

[0266] バイパス弁開度演算部４３０は、バイパス目標流量に基づいて、バイパス

弁３９の開度を演算する。また、バイパス弁開度演算部４３０は、燃料電池スタック１の冷却水温度に応じてバイパス弁３９の開度を補正する。さらに、バイパス弁開度演算部４３０は、冷却水ポンプ３２の回転速度が大きくなるほど、バイパス弁３９の開度を小さくするものであってもよい。

[0267] 本実施形態では、燃料電池スタック１の冷却水温度ごとに、バイパス目標流量とバイパス弁３９の開度との関係を示すバイパス開度指令マップがバイパス弁開度演算部４３０に予め記憶されている。

[0268] 図１７は、バイパス弁開度演算部４３０に記憶されるバイパス開度指令マップの一例を示す図である。ここでは、バイパス弁３９の開度が大きくなるほど、バイパス弁３９が開いて熱交換器２３に供給される冷却水流量が増加する。

[0269] 図１７に示すように、冷却水ポンプ３２の回転速度ごとに、バイパス目標流量とバイパス弁３９の開度とが互いにバイパス開度指令マップに対応付けられている。

[0270] バイパス開度指令マップでは、バイパス目標流量が大きくなるほど、バイパス弁３９の開度は非線形に大きくなる。また、同一のバイパス目標流量において、冷却水ポンプ３２の回転速度が小さくなるほど、バイパス冷却水ポンプ３８を介して熱交換器２３に冷却水が流れ難くなることから、バイパス弁３９の開度は大きくなる。

[0271] バイパス弁開度演算部４３０は、バイパス目標流量と冷却水ポンプ３２の回転速度とを取得すると、その回転速度により特定されるバイパス開度指令マップを参照し、バイパス目標流量に対応付けられた開度を算出する。そしてバイパス弁開度演算部４３０は、その開度をバイパス弁３９に指令する。

[0272] 本発明の第４実施形態によれば、冷却水循環通路３１から分岐した分岐通路３７にバイパス弁３９が設けられる。そして冷却水流量制御部２０２は、ガス流路凍結防止フラグがＯＮに設定されたときには、バイパス弁３９を開いて、熱交換器２３に供給される冷却水流量を、燃料電池スタック１に供給される暖機要求流量に比べて増加させる。

[0273] これにより、ジェットポンプ２５に供給されるアノードガスの温度が上昇してジェットポンプ２５から吐出されるアノードガスの温度が短時間で氷点まで上昇するので、ジェットポンプ２５内に生成される氷によって流路が閉塞するのを防ぐことができる。

[0274] 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構成に限定する趣旨ではない。

[0275] なお、上記実施形態は、適宜組み合わせ可能である。

[0276] 本願は、２０１４年７月２４日に日本国特許庁に出願された特願２０１４－１５１２６８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] 燃料電池にアノードガス及びカソードガスを供給するとともに負荷に応じて燃料電池を発電させる燃料電池システムであって、

前記燃料電池にアノードガス及びカソードガスのうち一方のガスを供給するガス供給通路と、

前記燃料電池を冷却するための冷媒を前記燃料電池に供給する冷媒供給手段と、

前記燃料電池で昇温される前記冷媒と前記ガス供給通路に供給されるガスとの間で熱を交換する熱交換器と、

前記ガス供給通路に設けられ、前記燃料電池から排出される前記一方のガスを前記燃料電池に循環させる部品と、

前記燃料電池の暖機時に、前記燃料電池を暖機するための所定の流量に前記冷媒の流量を制御する暖機制御部と、

前記暖機制御部によって前記冷媒の流量が制御されているときに、前記部品によって循環されるガスの温度、又は、当該温度に関するパラメータに基づいて、前記熱交換器に供給される前記冷媒の流量を上昇させるガス昇温制御部と、

を含む燃料電池システム。

[請求項2] 請求項１に記載の燃料電池システムであって、

前記ガス昇温制御部は、前記燃料電池から前記部品へ循環される循環ガスの温度が氷点温度以上であり、かつ、前記部品から前記燃料電池に吐出される吐出ガスの温度が氷点温度以下である場合に、前記冷媒の流量を上昇させる、

燃料電池システム。

[請求項3] 請求項１又は請求項２に記載の燃料電池システムであって、

前記ガス昇温制御部は、前記燃料電池から前記部品へ循環される循環ガスの温度が、当該循環ガス中の水蒸気量が増加する所定の閾値を超えた場合には、前記暖機制御部によって制御される流量よりも前記

冷媒の流量を増加させる、

燃料電池システム。

[請求項4] 請求項３に記載の燃料電池システムであって、

前記ガス昇温制御部は、前記部品から前記燃料電池に吐出される吐出ガスの温度と前記循環ガスの温度との温度差が大きいほど、前記冷媒の流量を増加させる幅を大きくする、

燃料電池システム。

[請求項5] 請求項３又は請求項４に記載の燃料電池システムであって、

前記ガス昇温制御部は、前記燃料電池に供給されるガスの供給流量が多いほど、前記冷媒の流量を増加させる幅を大きくする、

燃料電池システム。

[請求項6] 請求項３から請求項５までのいずれか１項に記載の燃料電池システムであって、

前記ガス昇温制御部は、前記燃料電池の電解質膜が乾燥するほど、前記冷媒の流量を増加させる幅を小さくする、

燃料電池システム。

[請求項7] 請求項１から請求項６までのいずれか１項に記載の燃料電池システムであって、

前記ガス昇温制御部は、前記部品から前記燃料電池に吐出される吐出ガスの温度に基づいて、前記熱交換器に供給される前記冷媒の流量の上昇を制限する、

燃料電池システム。

[請求項8] 請求項７に記載の燃料電池システムであって、

前記熱交換器から前記部品に供給される供給ガスの温度と、前記燃料電池から前記部品へ循環される循環ガスの温度とに基づいて、前記吐出ガスの温度を演算する演算部をさらに含み、

前記ガス昇温制御部は、前記冷媒の流量を増加させた後に、前記吐出ガスの温度が氷点温度に基づいて定められた制限閾値まで上昇した

ときには、前記熱交換器に供給される前記冷媒の流量を、前記暖機制御部によって制御される流量に切り替える、

燃料電池システム。

[請求項9] 請求項１に記載の燃料電池システムであって、

前記温度に関するパラメータは、前記冷媒の温度である、

燃料電池システム。

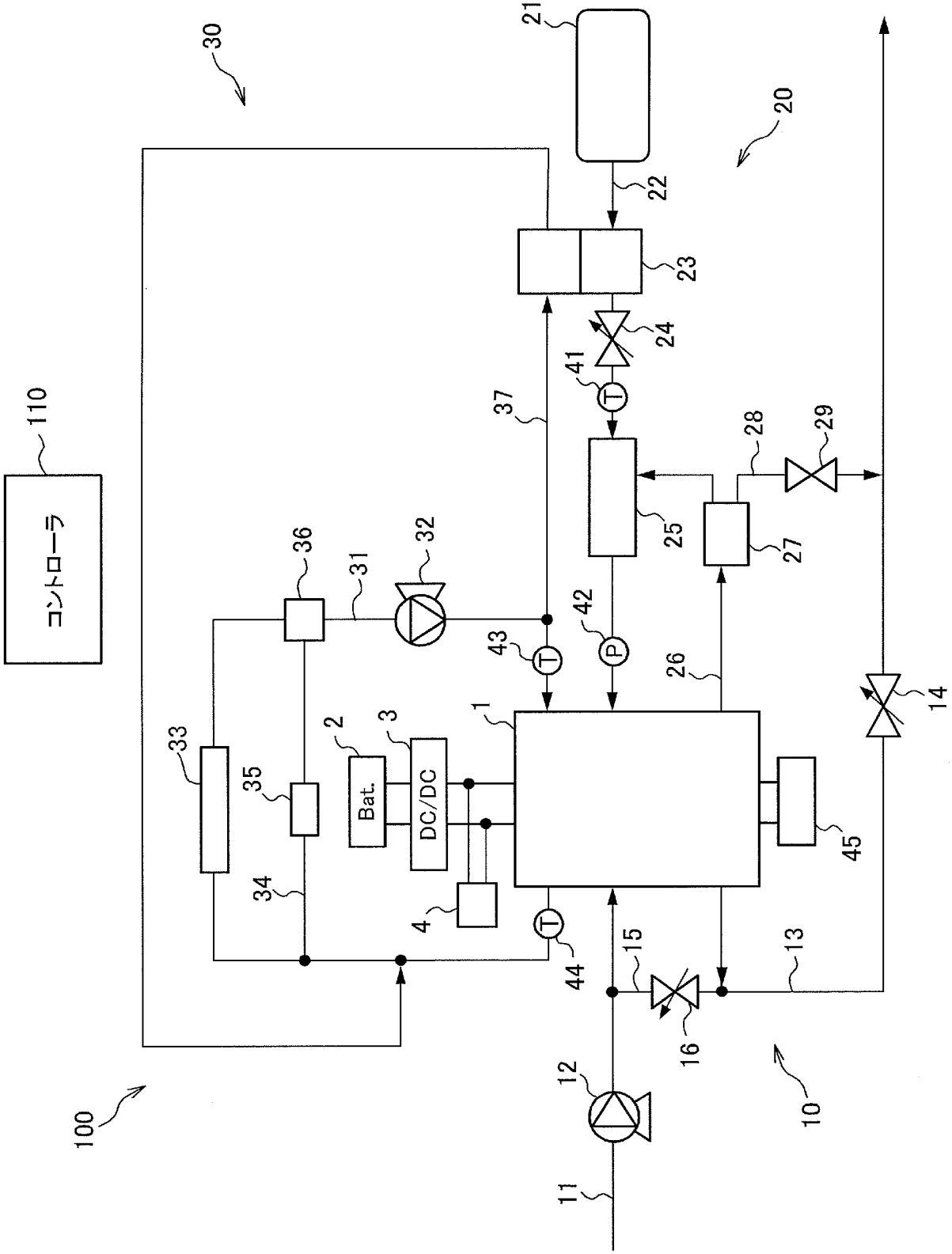
[請求項10] 燃料電池にアノードガス及びカソードガスを供給するとともに負荷に応じて燃料電池を発電させる燃料電池システムであって、前記燃料電池にアノードガス及びカソードガスのうち一方のガスを供給するガス供給通路と、前記燃料電池を冷却するための冷媒を前記燃料電池に供給する冷媒供給手段と、前記燃料電池で昇温される前記冷媒と前記ガス供給通路に供給されるガスとの間で熱を交換する熱交換器と、前記ガス供給通路に設けられ、前記燃料電池から排出される前記一方のガスを前記燃料電池に循環させる部品と、を備える燃料電池システムの制御方法であって、

前記燃料電池の暖機時に、前記燃料電池を暖機するための所定の流量に前記冷媒の流量を制御する暖機制御ステップと、

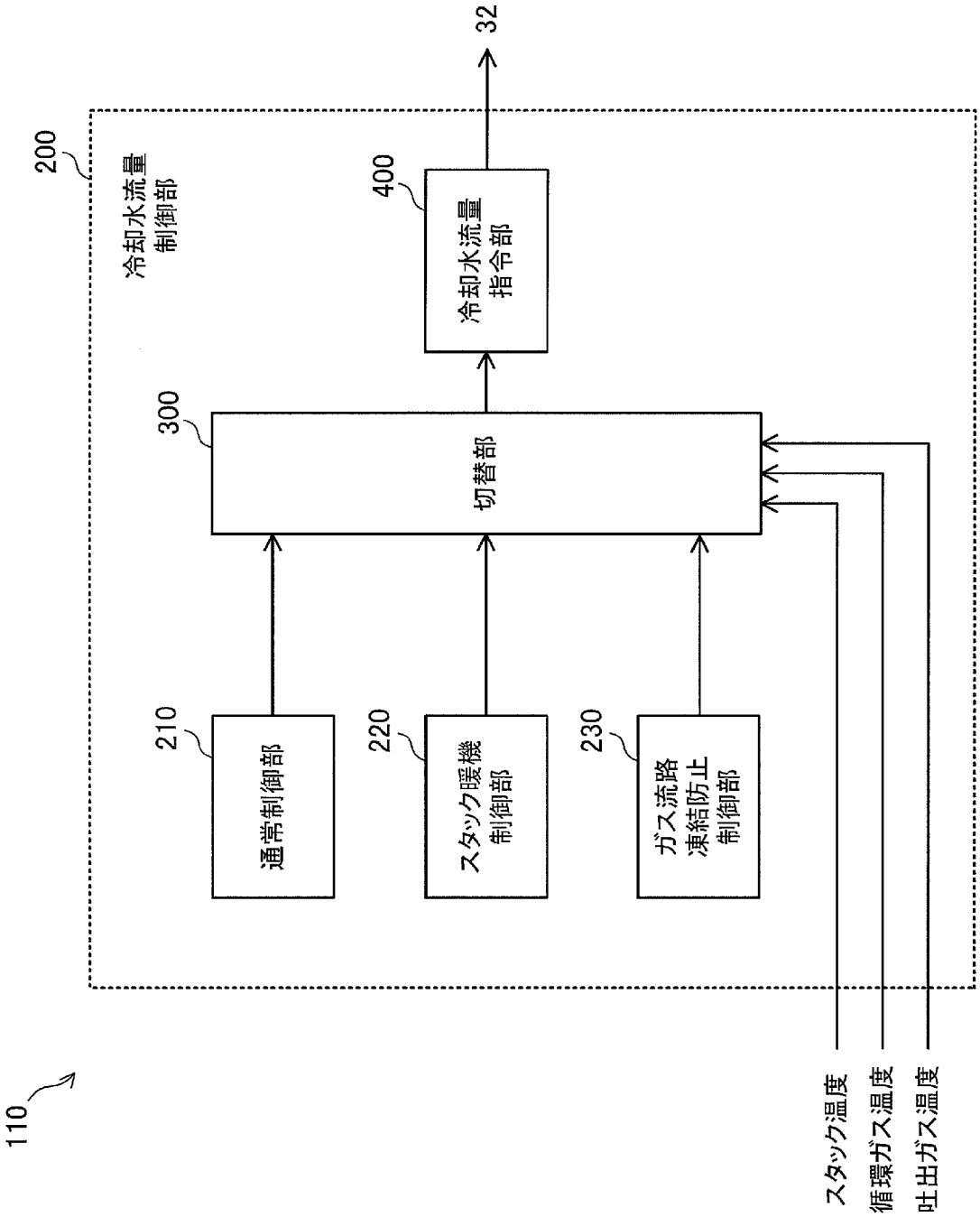
前記暖機制御部によって前記冷媒の流量が制御されているときに、前記部品によって循環されるガスの温度、又は、当該温度に関するパラメータに基づいて、前記熱交換器に供給される前記冷媒の流量を上昇させるガス昇温制御ステップと、

を含む燃料電池システムの制御方法。

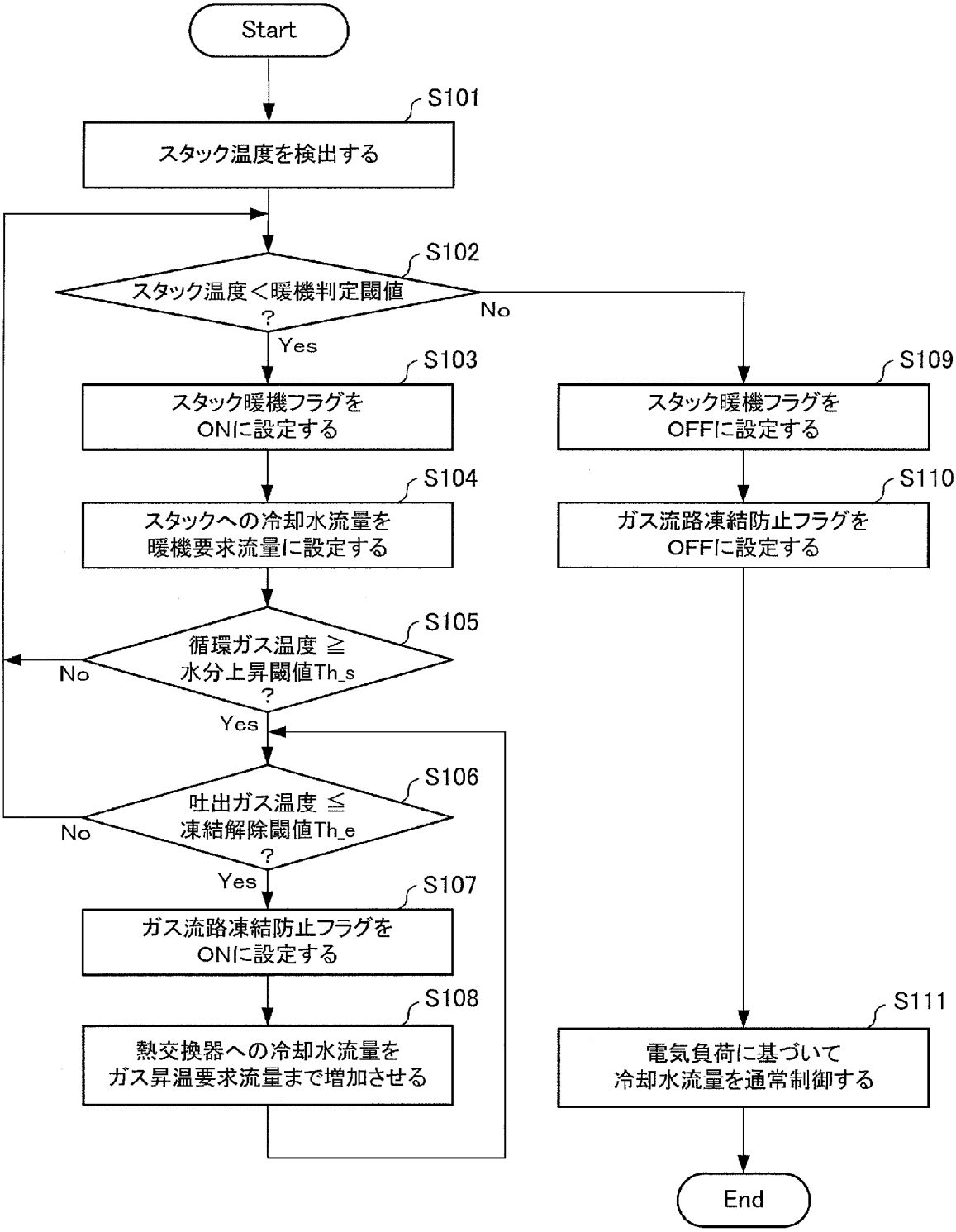
[図1]



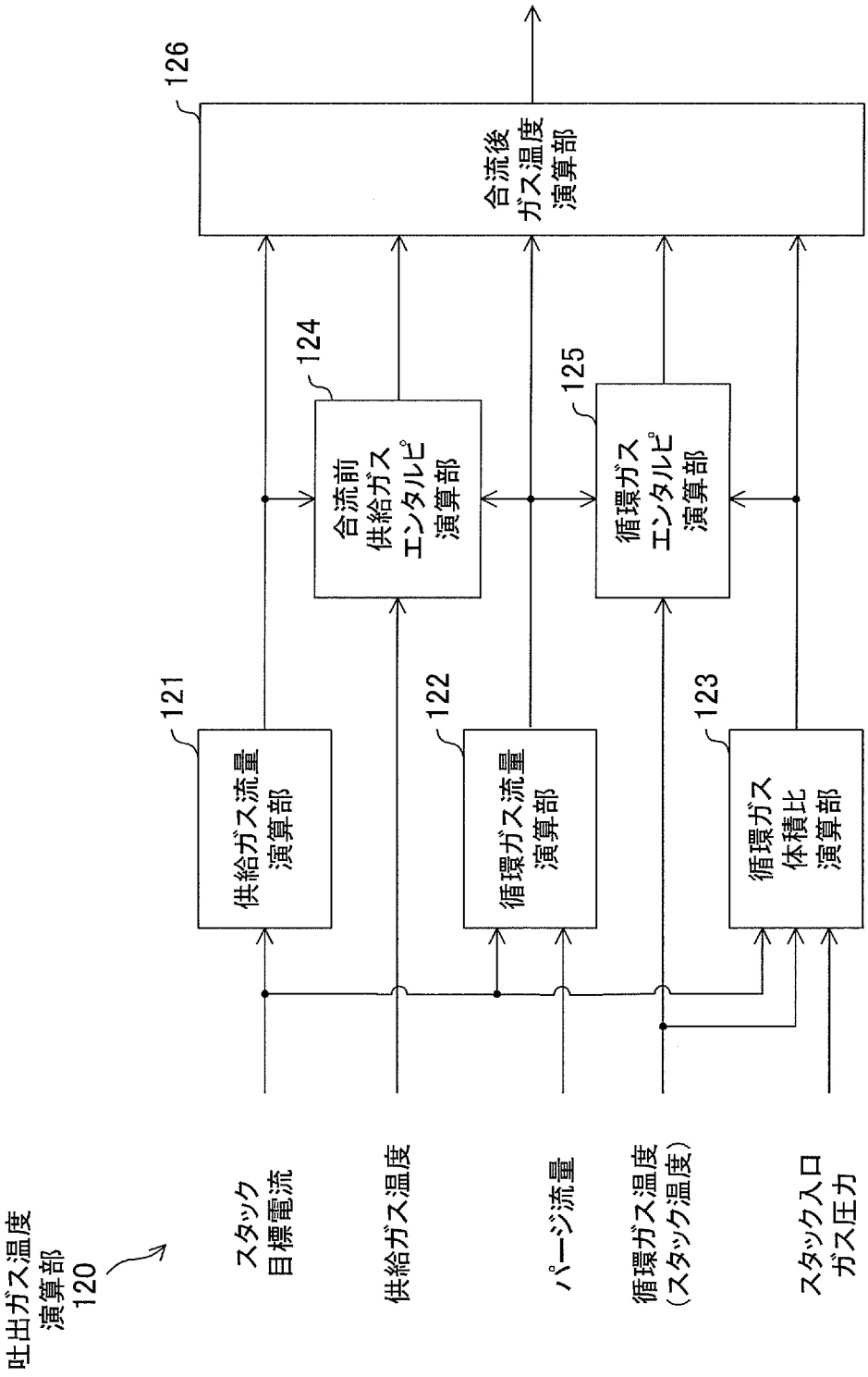
[図2]


110
200
冷却水流量
制御部
210
通常制御部
220
スタック暖機
制御部
230
ガス流路
凍結防止
制御部
300
切替部
400
冷却水流量
指令部
32
スタック温度
循環ガス温度
吐出ガス温度

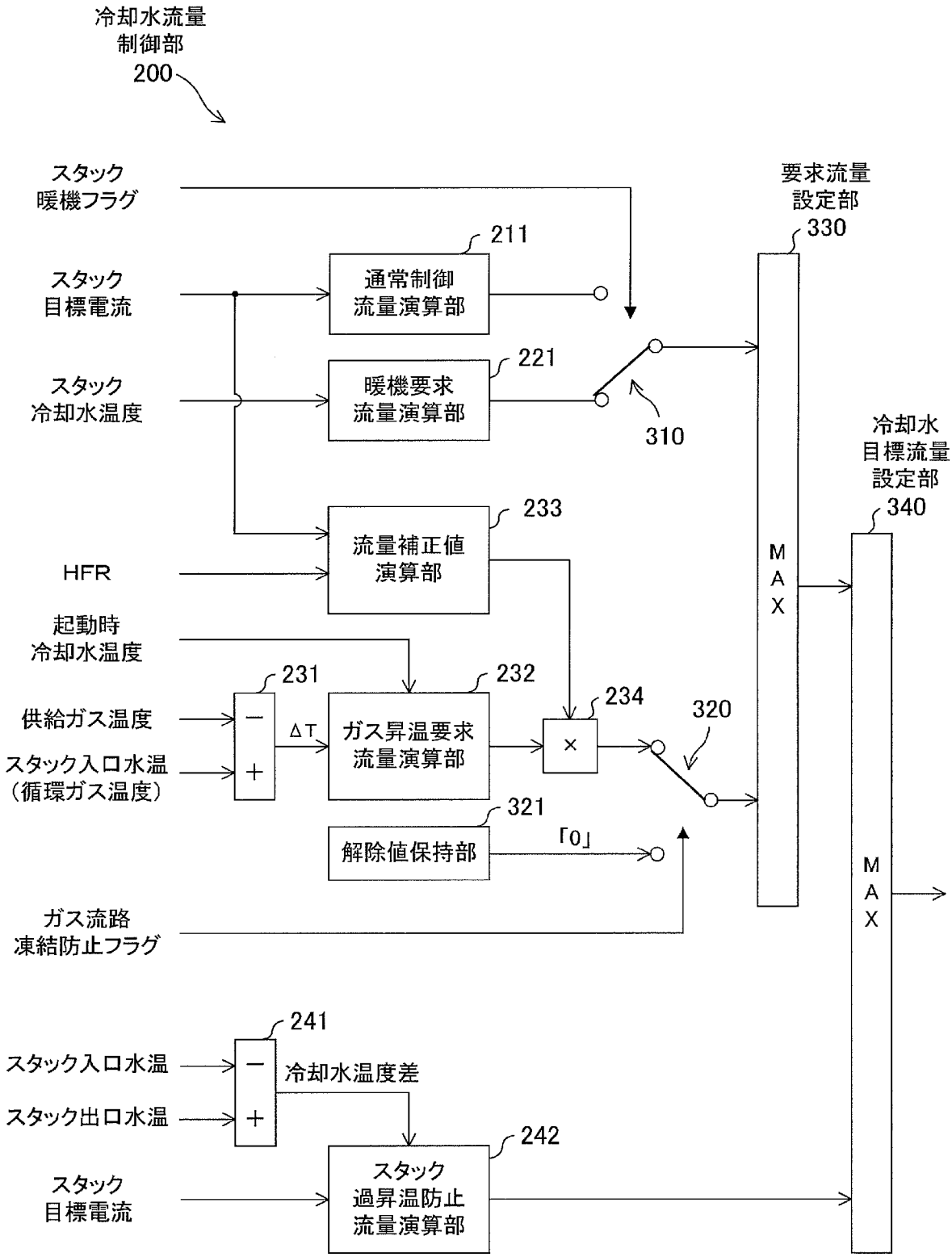
[図3]


Start
S101
スタック温度を検出する
S102
スタック温度＜暖機判定閾値
？
No
Yes
S103
スタック暖機フラグを
ONに設定する
S104
スタックへの冷却水流量を
暖機要求流量に設定する
S105
循環ガス温度 ≧
水分上昇閾値Th_s
？
No
Yes
S106
吐出ガス温度 ≦
凍結解除閾値Th_e
？
No
Yes
S107
ガス流路凍結防止フラグを
ONに設定する
S108
熱交換器への冷却水流量を
ガス昇温要求流量まで増加させる
S109
スタック暖機フラグを
OFFに設定する
S110
ガス流路凍結防止フラグを
OFFに設定する
S111
電気負荷に基づいて
冷却水流量を通常制御する
End

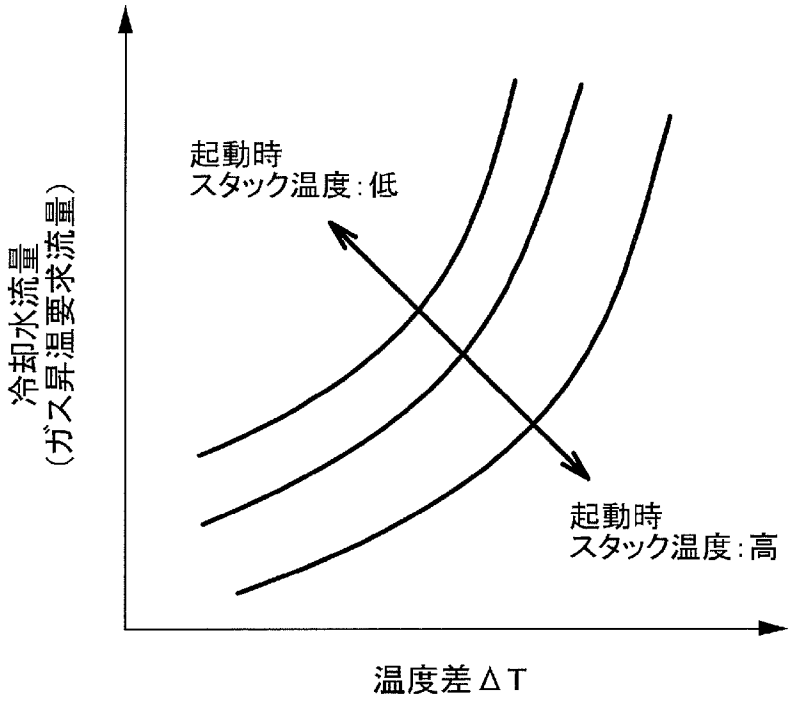
[図4]


吐出ガス温度
演算部
120
スタック
目標電流
供給ガス温度
パージ流量
循環ガス温度
(スタック温度)
スタック入口
ガス圧力
121
供給ガス流量
演算部
122
循環ガス流量
演算部
123
循環ガス
体積比
演算部
124
合流前
供給ガス
エンタルピ
演算部
125
循環ガス
エンタルピ
演算部
126
合流後
ガス温度
演算部

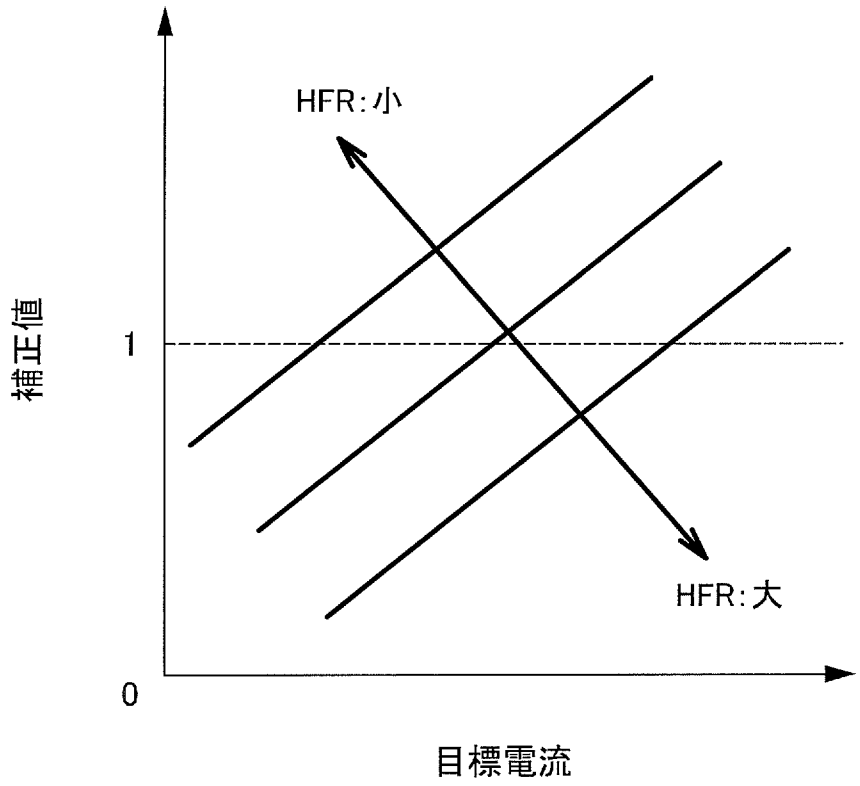
[図5]


冷却水流量
制御部
200
スタック
暖機フラグ
スタック
目標電流
スタック
冷却水温度
HFR
起動時
冷却水温度
供給ガス温度
スタック入口水温
(循環ガス温度)
ガス流路
凍結防止フラグ
211
通常制御
流量演算部
221
暖機要求
流量演算部
310
233
流量補正値
演算部
231
−
+
ΔT
232
ガス昇温要求
流量演算部
234
×
320
321
解除値保持部
「0」
要求流量
設定部
330
MAX
冷却水
目標流量
設定部
340
MAX
241
スタック入口水温
スタック出口水温
−
+
冷却水温度差
242
スタック
過昇温防止
流量演算部
スタック
目標電流

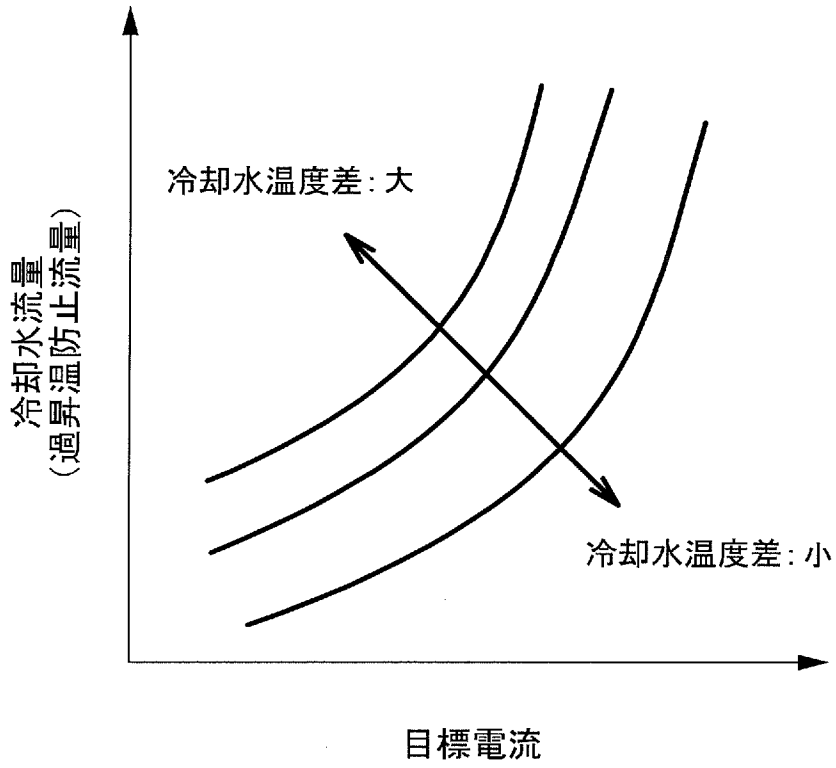
[図6]



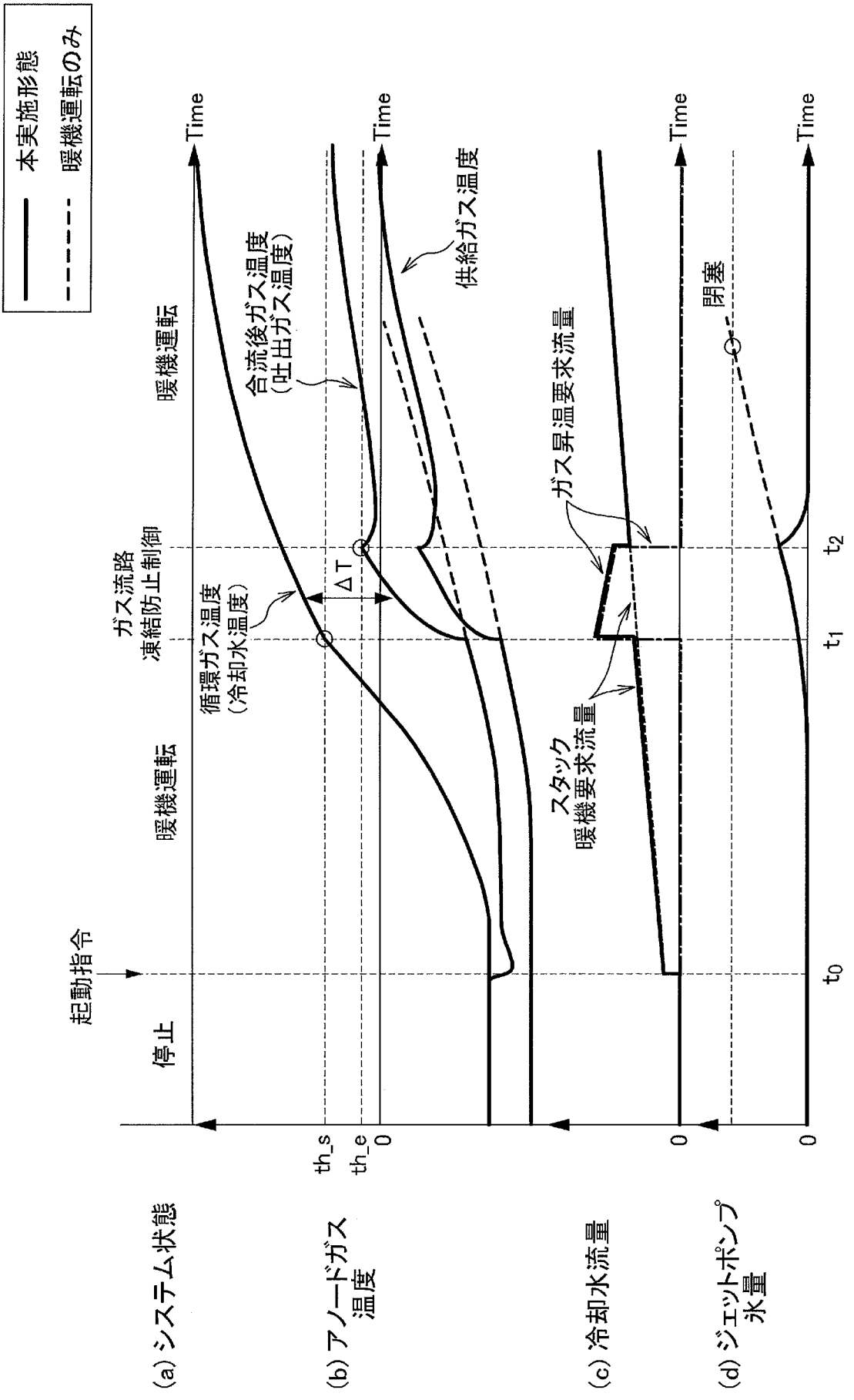
[図7]



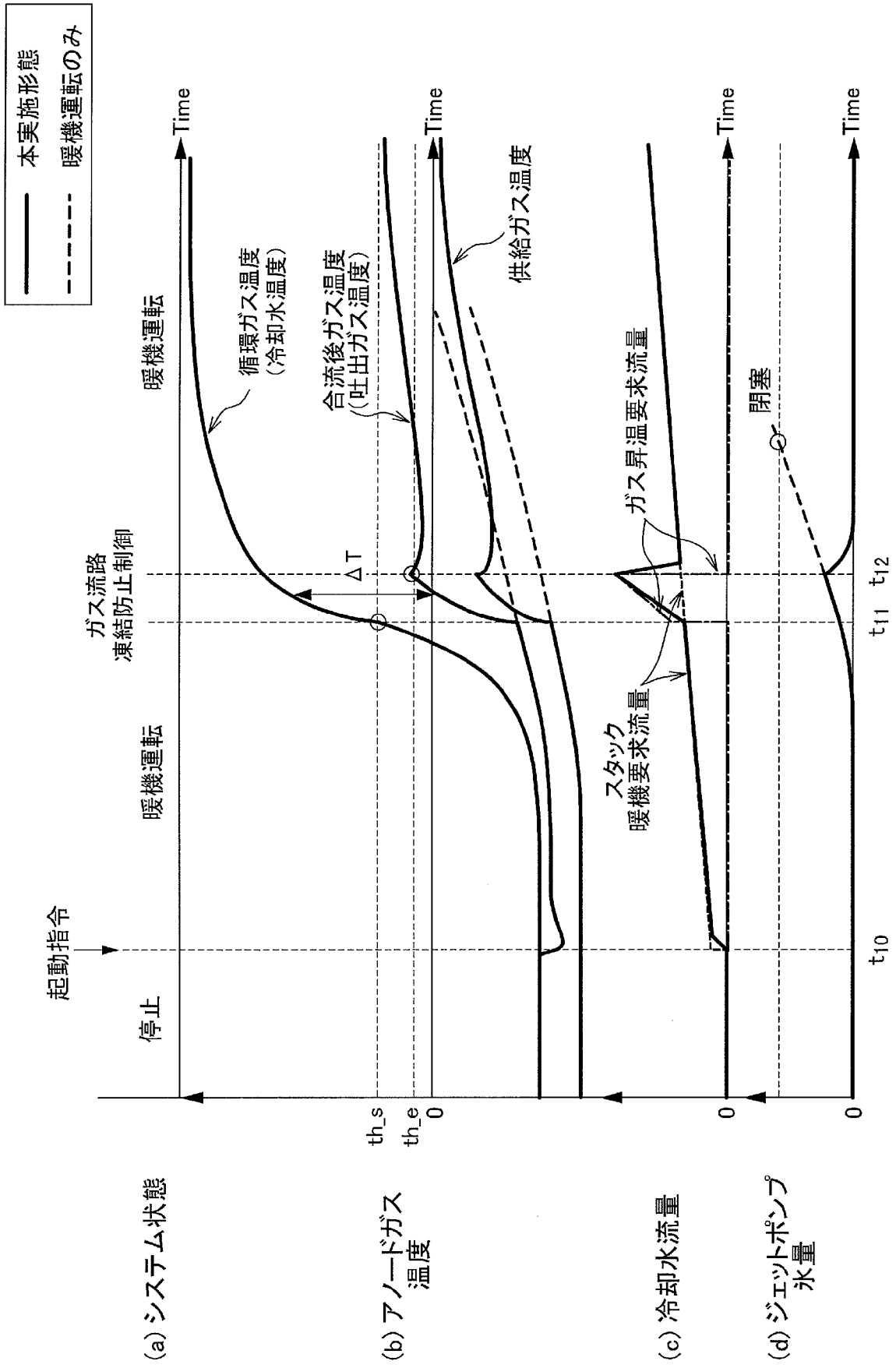
[図8]



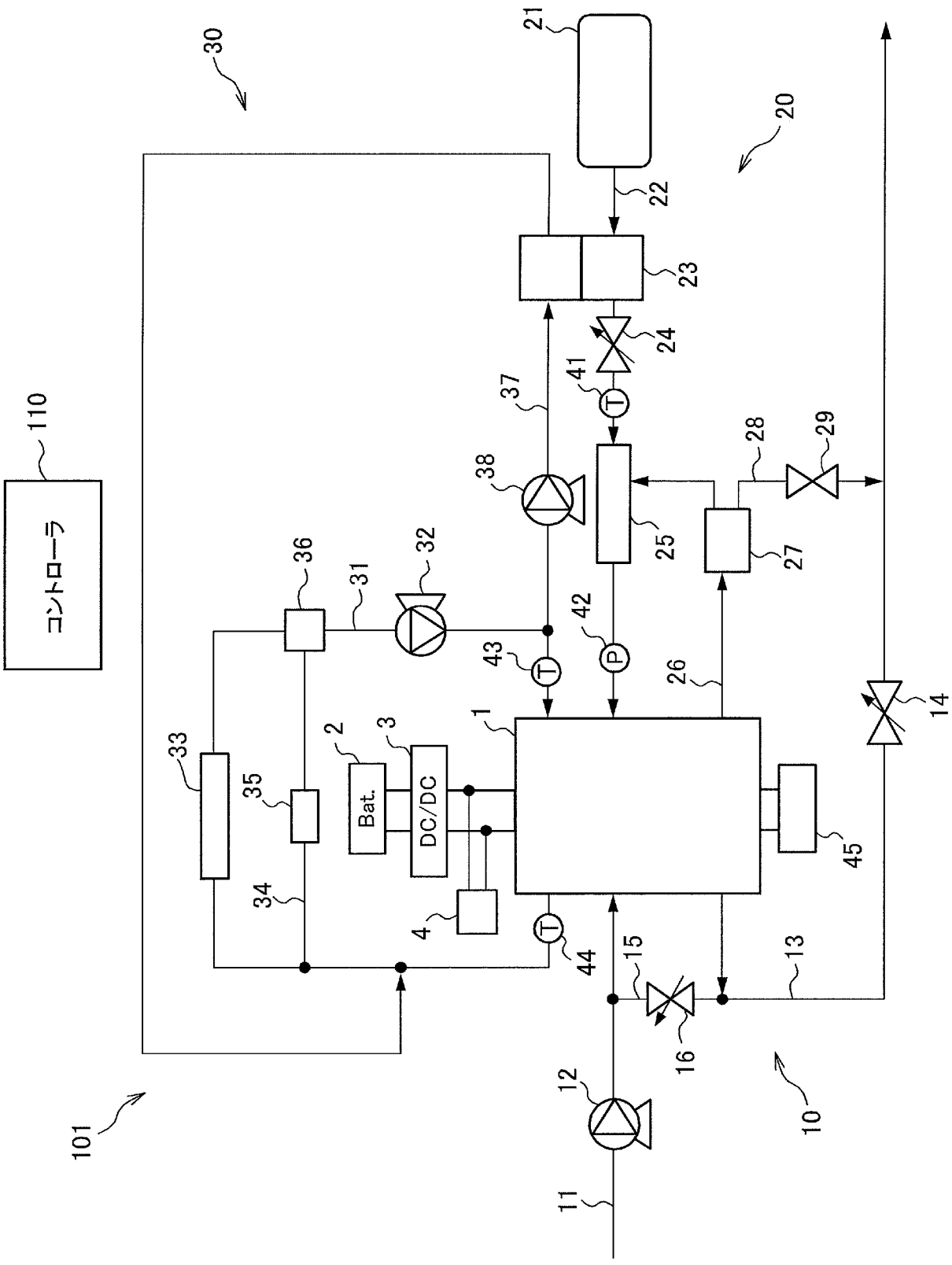
[図9]


本実施形態
暖機運転のみ
起動指令
停止
暖機運転
ガス流路
凍結防止制御
暖機運転
Time
循環ガス温度
(冷却水温度)
合流後ガス温度
(吐出ガス温度)
供給ガス温度
ΔT
th_s
th_e
0
ガス昇温要求流量
スタック
暖機要求流量
閉塞
t0
t1
t2
(a) システム状態
(b) アノードガス
温度
(c) 冷却水流量
(d) ジェットポンプ
氷量

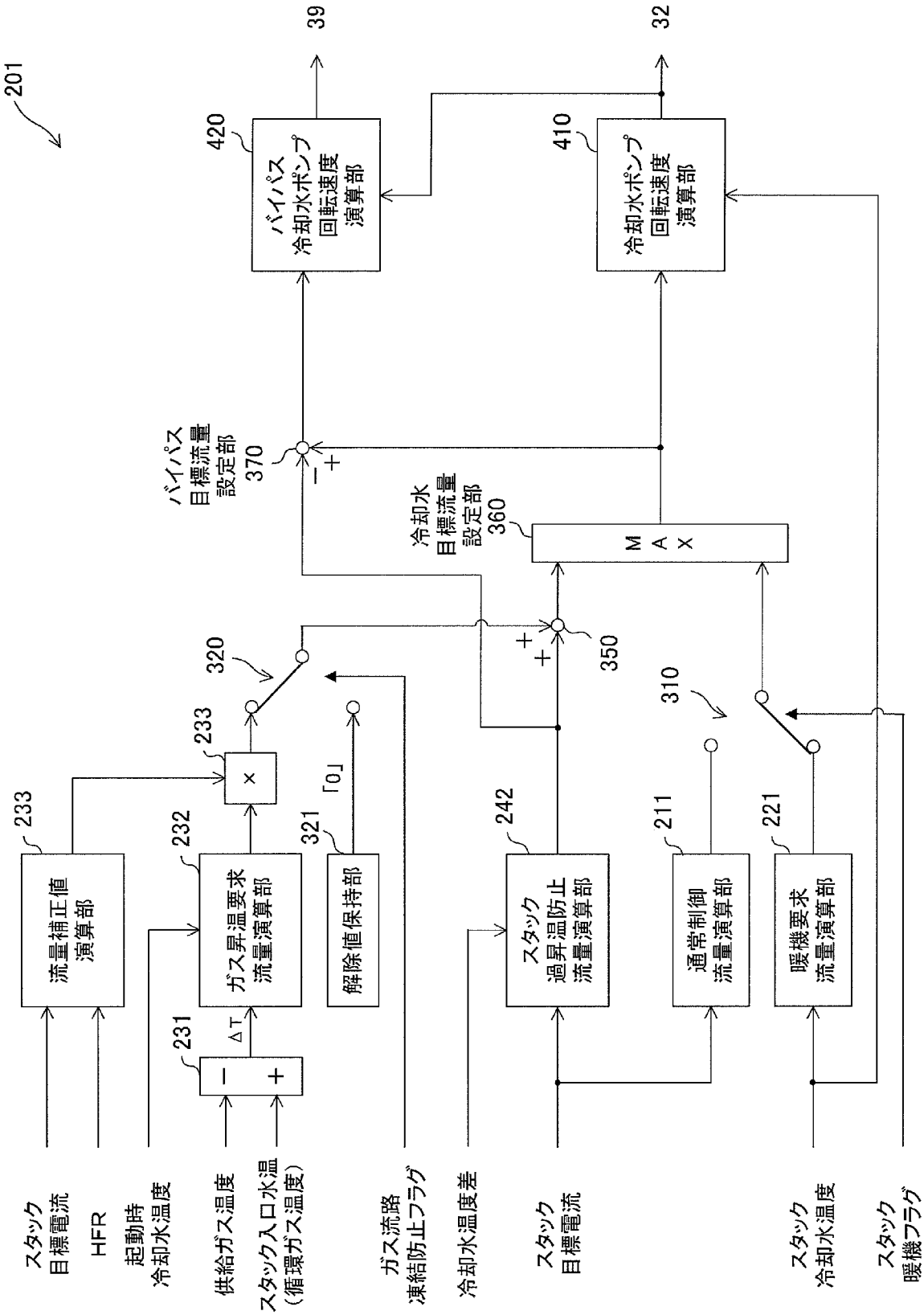
[図10]


本実施形態
暖機運転のみ
起動指令
停止
暖機運転
ガス流路
凍結防止制御
暖機運転
Time
循環ガス温度
(冷却水温度)
合流後ガス温度
(吐出ガス温度)
供給ガス温度
ΔT
th_s
th_e
0
ガス昇温要求流量
スタック
暖機要求流量
閉塞
t10
t11
t12
(a) システム状態
(b) アノードガス
温度
(c) 冷却水流量
(d) ジェットポンプ
氷量

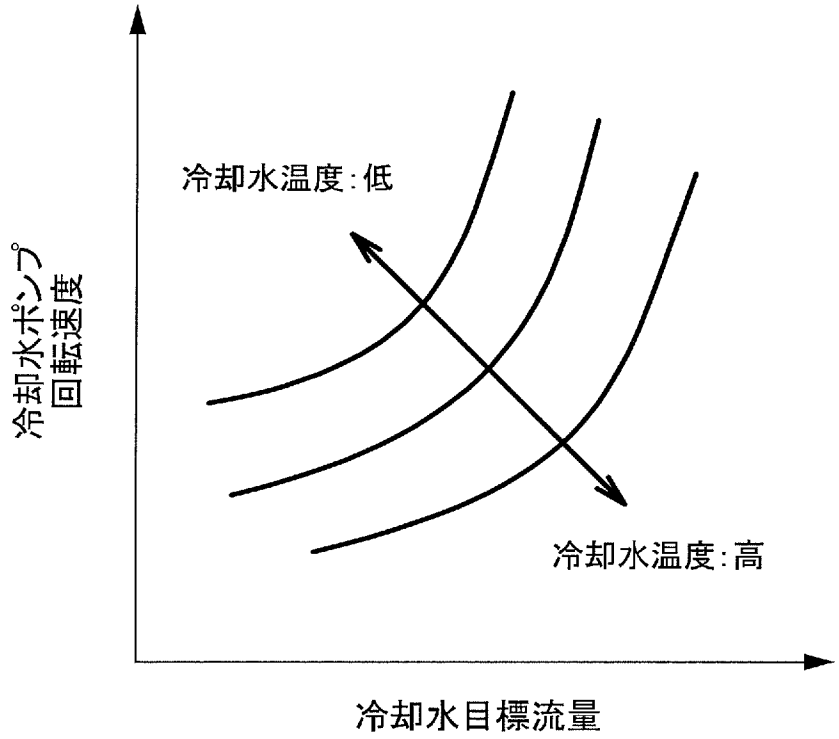
[図11]


30
21
20
22
23
24
41
37
110
コントローラ
38
28
29
25
27
36
31
32
42
43
26
14
1
2
3
33
35
Bat.
DC/DC
45
34
4
44
15
13
16
12
10
101
11

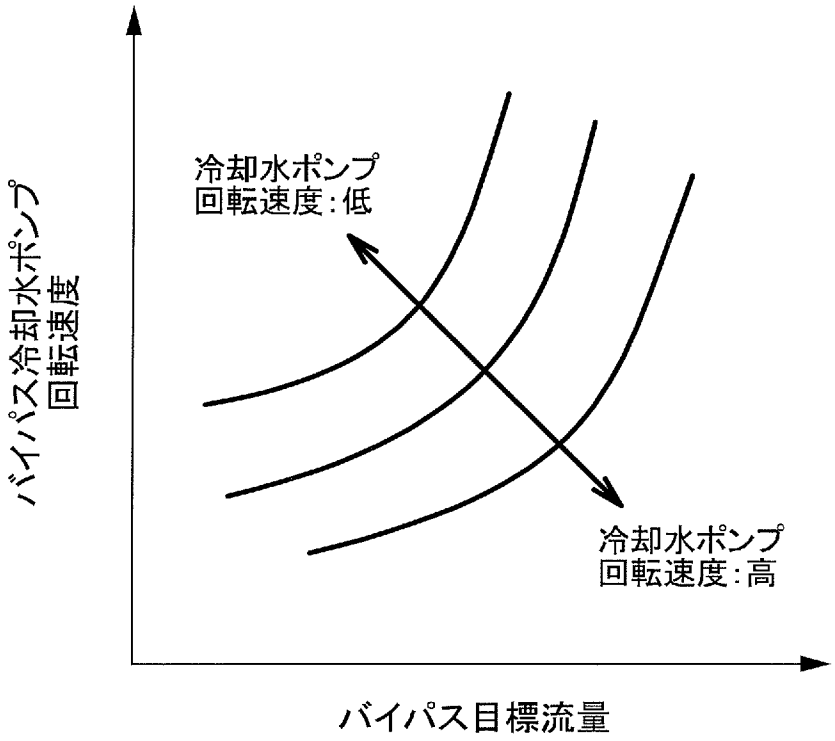
[図12]


201
39
32
420
バイパス
冷却水ポンプ
回転速度
演算部
410
冷却水ポンプ
回転速度
演算部
バイパス
目標流量
設定部
370
冷却水
目標流量
設定部
360
M
A
X
320
350
310
233
×
「0」
233
232
321
242
211
221
流量補正値
演算部
ガス昇温要求
流量演算部
解除値保持部
スタック
過昇温防止
流量演算部
通常制御
流量演算部
暖機要求
流量演算部
231
ΔT
スタック
目標電流
HFR
起動時
冷却水温度
供給ガス温度
スタック入口水温
(循環ガス温度)
ガス流路
凍結防止フラグ
冷却水温度差
スタック
目標電流
スタック
冷却水温度
スタック
暖機フラグ

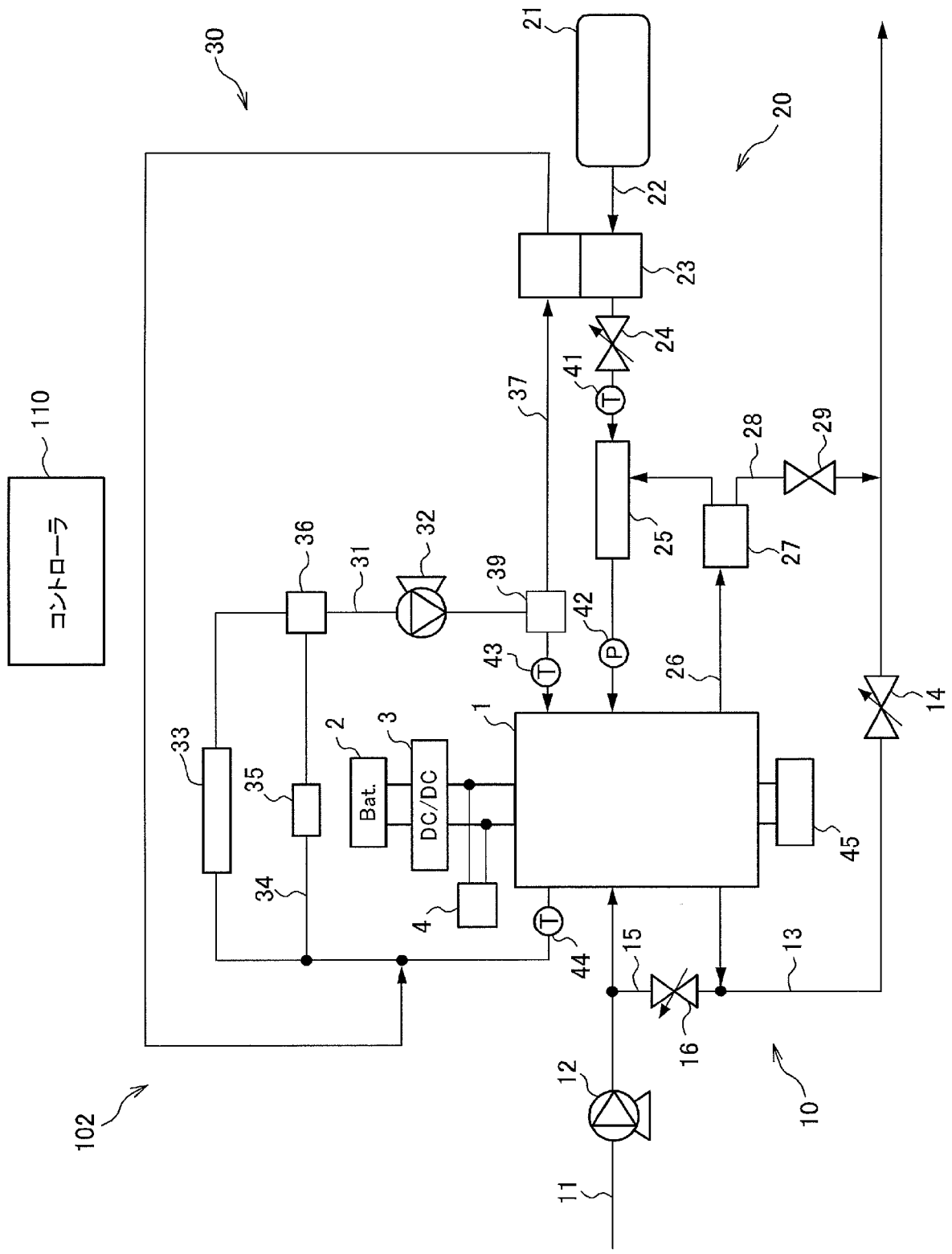
[図13]



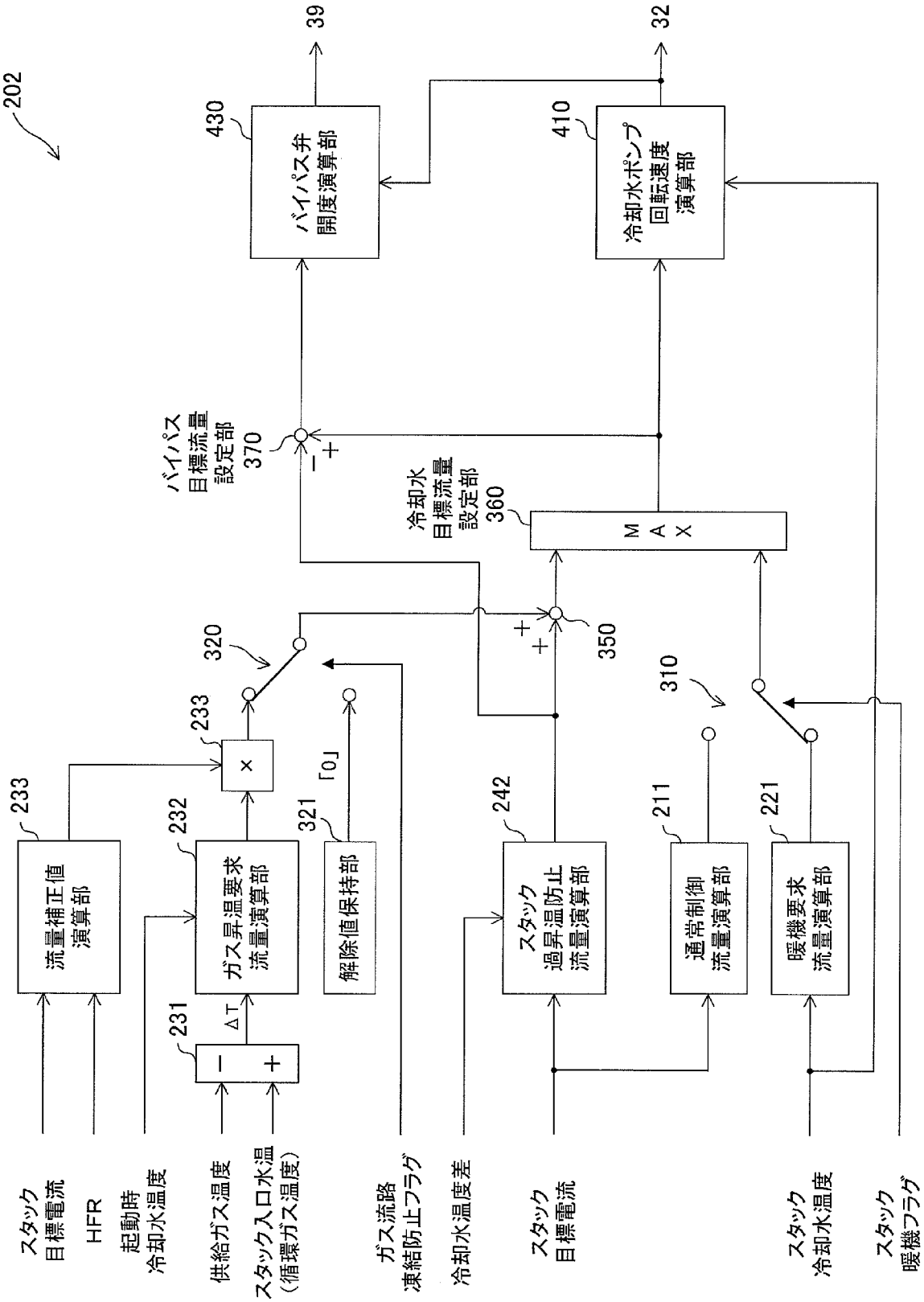
[図14]



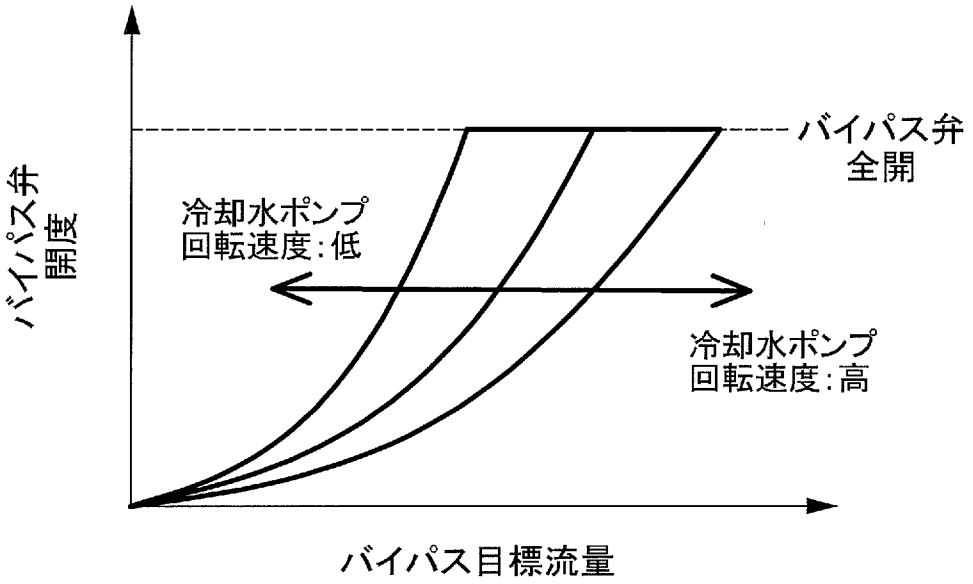
[図15]


30
21
20
22
23
24
41
T
37
110
コントローラ
28
29
25
27
36
31
32
39
42
P
43
T
26
14
1
2
3
33
35
Bat.
DC/DC
45
34
4
T
44
15
13
16
12
10
102
11

[図16]


202
39
32
430
410
バイパス弁
開度演算部
冷却水ポンプ
回転速度
演算部
バイパス
目標流量
設定部
370
冷却水
目標流量
設定部
360
M
A
X
320
350
310
233
233
232
231
321
242
211
221
流量補正値
演算部
ガス昇温要求
流量演算部
解除値保持部
スタック
過昇温防止
流量演算部
通常制御
流量演算部
暖機要求
流量演算部
ΔT
「0」
スタック
目標電流
HFR
起動時
冷却水温度
供給ガス温度
スタック入口水温
(循環ガス温度)
ガス流路
凍結防止フラグ
冷却水温度差
スタック
目標電流
スタック
冷却水温度
スタック
暖機フラグ

[図17]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2015/067336

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

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H01M8/04, H01M8/10

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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.
Y A	JP 2012-156030 A (Honda Motor Co., Ltd.), 16 August 2012 (16.08.2012), paragraphs [0063] to [0073]; fig. 4 (Family: none)	1-2,10 3-9
Y A	JP 2009-181750 A (Daihatsu Motor Co., Ltd.), 13 August 2009 (13.08.2009), paragraph [0057] & WO 2009/096107 A1	1-2,10 3-9
Y A	JP 2007-66552 A (Denso Corp.), 15 March 2007 (15.03.2007), paragraph [0018] (Family: none)	1-2,10 3-9

☒ 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
30 July 2015 (30.07.15)	11 August 2015 (11.08.15)
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/JP2015/067336

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 2010-146751 A (Honda Motor Co., Ltd.), 01 July 2010 (01.07.2010), entire text; all drawings (Family: none)	1-10
A	JP 2010-108695 A (Toyota Motor Corp.), 13 May 2010 (13.05.2010), entire text; all drawings (Family: none)	1-10
A	JP 2013-109895 A (Denso Corp.), 06 June 2013 (06.06.2013), entire text; all drawings (Family: none)	1-10
A	US 2010/0178578 A1 (FORD MOTOR CO.), 15 July 2010 (15.07.2010), entire text; all drawings & US 2013/0022886 A1	1-10

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１５／０６７３３６

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H01M8/04(2006.01)i, H01M8/10(2006.01)n

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H01M8/04, H01M8/10

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１５年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１５年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１５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
Y A	JP 2012-156030 A（本田技研工業株式会社）2012.08.16, 段落 0063～0073、図４（ファミリーなし）	1-2,10 3-9
Y A	JP 2009-181750 A（ダイハツ工業株式会社）2009.08.13, 段落 0057 & WO 2009/096107 A1	1-2,10 3-9
Y A	JP 2007-66552 A（株式会社デンソー）2007.03.15, 段落 0018（ファミリーなし）	1-2,10 3-9

☑　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	国際調査報告の発送日
３０．０７．２０１５	１１．０８．２０１５

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）　３Ｈ　４４５７
久保田　創
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３１６

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 2010-146751 A (本田技研工業株式会社) 2010.07.01, 全文，全図（ファミリーなし）	1-10
A	JP 2010-108695 A (トヨタ自動車株式会社) 2010.05.13, 全文，全図（ファミリーなし）	1-10
A	JP 2013-109895 A (株式会社デンソー) 2013.06.06, 全文，全図（ファミリーなし）	1-10
A	US 2010/0178578 A1 (FORD MOTOR COMPANY) 2010.07.15, 全文、全図 & US 2013/0022886 A1	1-10