

(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  
2012年8月9日(09.08.2012)



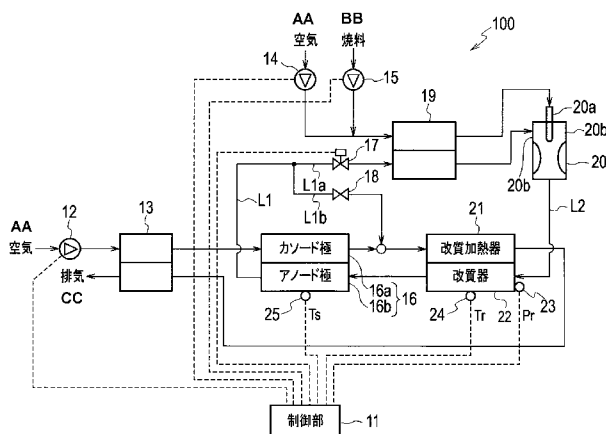
(10) 国際公開番号  
WO 2012/105300 A1

- (51) 国際特許分類:  
H01M 8/04 (2006.01) H01M 8/06 (2006.01)
  - (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/050693
  - (22) 国際出願日: 2012年1月16日(16.01.2012)
  - (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 2011-019599 2011年2月1日(01.02.2011) JP
  - (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 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; および
  - (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 櫛引 圭子(KUSHIBIKI, Keiko), 和泉 隆夫(IZUMI, Takao), 上條 元久(KAMIJO, Motohisa).
  - (74) 代理人: 三好 秀和, 外(MIYOSHI, Hidekazu et al.); 〒1050001 東京都港区虎ノ門一丁目2番8号 虎ノ門琴平タワー 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, 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, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:  
— 国際調査報告(条約第21条(3))

(54) Title: FUEL CELL SYSTEM

(54) 発明の名称: 燃料電池システム

【図1】



- 11 Control unit
- 16a Cathode electrode
- 16b Anode electrode
- 21 Reforming heater
- 22 Reformer
- AA Air
- BB Fuel
- CC Exhaust

(57) Abstract: A fuel cell system (100, 101, 102) includes: an air supplier (14) that supplies air; a fuel gas supplier (15) that supplies a fuel gas; a reformer (22) that produces, from the fuel gas, a reformed gas containing hydrogen; a fuel cell (16) in which an anode electrode (16b) and a cathode electrode (16a) are supplied with the reformed gas and air, respectively, so as to generate power and cause the generation of water vapor at the anode electrode (16b); and a recirculation system that circulates an anode off-gas, discharged from the anode electrode (16b) of the fuel cell, (16) to the reformer (22). The recirculation system comprises an ejector (20), wherein a drive gas inlet (20a) of the ejector (20) is supplied with a mixed gas, in which air delivered from the air supplier (14) and a fuel gas delivered from the fuel gas supplier (15) are mixed, and a suction gas inlet (20b) is supplied with the anode off-gas.

(57) 要約: 空気を供給する空気供給器(14)と、燃料ガスを供給する燃料ガス供給器(15)と、燃料ガスから水素を含む改質ガスを生成する改質器(22)と、アノード極(16b)に改質ガスが供給され、カソード極(16a)に空気が供給されて発電し、かつ、アノード極(16b)に水蒸気が発生する燃料電池(16)と、燃料電池(16)のアノード極(16b)より排出されるアノードオフガスを改質器(22)へ循環させる再循環系と、を有

する燃料電池システム(100, 101, 102)である。再循環系は、エゼクタ(20)を備え、エゼクタ(20)の駆動ガス流入口(20a)には、空気供給器(14)より送出される空気と燃料ガス供給器(15)により送出される燃料ガスとを混合した混合ガスが供給され、吸引ガス流入口(20b)には、アノードオフガスが供給される。



WO 2012/105300 A1

## 明 細 書

発明の名称：燃料電池システム

### 技術分野

[0001] 本発明は、燃料電池システムに係り、特に、燃料電池システムのシステム効率を向上させ、かつ装置を小型化する技術に関する。

### 背景技術

[0002] 近年、水素と酸素との化学反応を利用して電力を発生する燃料電池が注目を集めている。燃料電池は、電解質層の一方に空気極層、他方に燃料極層を形成し、電解質層をイオンが伝導することにより電力を発生させる装置である。また、燃料極に水（水蒸気）が生成されるタイプの燃料電池として、固体酸化物形燃料電池（SOFC）や熔融炭酸塩型燃料電池（MCFC）が知られている。例えば、SOFCでは、空気極にて空気が反応して酸素イオンが生成され、この酸素イオンが電解質中を伝導して燃料極に到達し、燃料極にて水素や一酸化炭素と反応することで、水（水蒸気）、二酸化炭素、及び電子が生成される。そして、生成された電子が外部回路を流れることによって、電気エネルギーを取り出すことが可能になる。

[0003] 燃料極に水が生成される燃料電池を備えた燃料電池システムでは、燃料電池で消費されずに排出される未反応の水素を含有するガス（以下、アノードオフガスという）を、新たな燃料ガスと混合して再度燃料電池に供給する技術が提案されている（特許文献1参照）。

[0004] また、燃料極に水が生成される燃料電池と改質器とを備えた燃料電池システムでは、水蒸気を含有するアノードオフガスを改質器に導入して水蒸気改質を行うこともある（特許文献2参照）。このような燃料電池システムでは、燃料電池の動作温度を低温化させることができるようになった場合でも、改質器での改質率を低下させないために、循環率を向上させることが重要になる。循環率とは、アノードオフガスのうち循環するガス（循環ガス）の比率（循環ガス量／アノードオフガス量）である。

- [0005] 特許文献3は、燃料電池の下流側にガス分離器を設置した燃料電池システムを開示している。この燃料電池システムでは、ガス分離器によって、燃料電池のアノード電極より排出されたアノードオフガスから未使用の水素及び水蒸気を分離し、分離した水素及び水蒸気を、エゼクタを介して再度改質器に供給する。エゼクタは、駆動ガス流入口から供給される駆動ガスをノズルから高速で噴射することで、その噴流周りに負圧を発生させ、その噴流周りのガス、具体的には、吸引ガス流入口から供給される吸引ガスを吸引する。吸引ガスは、駆動ガスと混合されて昇圧され、エゼクタの出口から排出される。
- [0006] ここでエゼクタは、駆動ガスの運動エネルギーを、吸引ガス及び駆動ガスの混合ガスの静圧に変換する機能を備えている。駆動ガスの質量流量（駆動ガス流量） $G_1$ に対する吸引ガスの質量流量（循環ガス流量） $G_2$ の比率を $G_2/G_1$ 比という。この $G_2/G_1$ 比の大きさは、エゼクタの昇圧量（吸引ガス流入口から供給される吸引ガスの圧力（静圧）とエゼクタの出口から排出されるエゼクタ排出ガスの圧力（静圧）との差）に反比例する。エゼクタは、駆動ガス流量 $G_1$ が設定され、かつ後述する全システム圧損に相当する要求昇圧量が決まると、この昇圧量に反比例する $G_2/G_1$ 比から定まる循環ガス流量 $G_2$ で、吸引ガスを吸引する。
- [0007] エゼクタの駆動ガスを燃料ガスとし、吸引ガスをアノードオフガスの一部である循環ガスとする燃料電池システムにおいて、改質器での改質率を向上させるために循環率を高める場合には、 $G_2/G_1$ 比を大きくする必要がある。しかし、駆動ガスとして燃料ガスのみを用いる場合には、エゼクタの昇圧能力に限界があるため、 $G_2/G_1$ 比を所望の値まで大きくすることができない場合がある。
- [0008] 例えば、燃料ガスのみを駆動ガスとして循環ガスを吸引する場合において、循環率を50%以上とする場合には、循環ガスを十分に昇圧できないことがある。この場合は、昇圧量の不足分を、改質器及び燃料電池での圧力損失を低減することで補うために、改質器及び燃料電池を大型化せざるを得なく

なる。一方、改質器及び燃料電池を小型化するために、エゼクタの昇圧量を大きくしようとするれば、循環ガス流量G2に限界が生じ、改質器に供給される水蒸気の量が不足して改質率が低下したり、不均化反応による炭素析出等によって触媒が劣化する恐れがある。

[0009] なお、特許文献3のシステムのように、アノードオフガスから水素及び水蒸気のみを分離して循環させれば、G2/G1比を小さくしてエゼクタの昇圧量を大きくし、かつ改質器に必要な水蒸気量を供給できる可能性はある。しかし、このガス分離器は、ガス分離器の入口側のガス圧力と出口側のガス圧力との差によって水蒸気及び水素を分離するものであり、そのために、分離器の前後で大きなガス圧力差が必要となる。従って、燃料電池や改質器を小型化することが困難となり、システムが大型化し、水蒸気及び水素を分離するための圧力制御など複雑な制御が必要となる。

[0010] また、特許文献3のシステムにおいて、アノードオフガスの循環率を大きく設定すると、アノードオフガスの残部（循環させない分）の流量が減少して、改質器を加熱するための加熱器による発熱量が不足する。この場合、加熱器に追加燃料を導入することが必要となり、結局、システム効率が低下する。

[0011] 一方、アノードオフガスの循環率を低く設定して、改質器で不足する水蒸気を追加で導入する場合には、水蒸気を生成して導入するために追加的なエネルギーが必要となり、やはりシステム効率が低下する。

## 先行技術文献

### 特許文献

- [0012] 特許文献1：特開平3-216966号公報  
特許文献2：特開2009-76273号公報  
特許文献3：特開2007-128680号公報

## 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

[0013] 上述したように、特許文献3に記載された技術によれば、アノードオフガスの循環率を高めると、燃料ガスのみを駆動ガスとしたエゼクタの昇圧能力に限界が生じるので、その分、改質器及び燃料電池が大型化する。

[0014] 本発明は、上記課題を解決するためになされたものであり、その目的とするところは、エゼクタの昇圧量を高めてシステム全体の効率を向上させ、かつ、燃料電池及び改質器の小型化を図ることが可能な燃料電池システムを提供することにある。

### 課題を解決するための手段

[0015] 本発明の一態様は、空気を供給する空気供給器と、燃料ガスを供給する燃料ガス供給器と、燃料ガスから水素を含む改質ガスを生成する改質器と、アノード極に改質ガスが供給され、カソード極に空気が供給されて発電し、かつ、アノード極に水蒸気が発生する燃料電池と、燃料電池のアノード極より排出されるアノードオフガスを改質器へ循環させる再循環系と、を有する燃料電池システムである。再循環系は、エゼクタを備え、エゼクタの駆動ガス流入口には、空気供給器より送出される空気と燃料ガス供給器により送出される燃料ガスとを混合した混合ガスが供給され、吸引ガス流入口には、アノードオフガスが供給される。

### 図面の簡単な説明

[0016] [図1]図1は、本発明の第1実施形態に係る燃料電池システムの構成を示すブロック図である。

[図2]図2は、本発明の第1実施形態に係る燃料電池システムの、循環ガス温度とシステム圧損及びエゼクタ昇圧量との関係を示す特性図である。

[図3]図3は、本発明の第1実施形態に係る燃料電池システムの、背圧調整バルブの制御処理の手順を示すフローチャートである。

[図4]図4は、本発明の第2実施形態に係る燃料電池システムの構成を示すブロック図である。

[図5]図5は、本発明の第2実施形態に係る燃料電池システムの、循環ガス温度と全システム圧損及びエゼクタ昇圧量との関係を示す特性図である。

[図6]図6は、本発明の第2実施形態に係る燃料電池システムの、第2空気コンプレッサ及び追加空気調整バルブの制御処理の手順を示すフローチャートである。

[図7]図7は、本発明の第3実施形態に係る燃料電池システムの構成を示すブロック図である。

[図8]図8は、本発明の第3実施形態に係る燃料電池システムの、循環ガス温度と全システム圧損及びエゼクタ昇圧量との関係を示す特性図である。

[図9]図9は、本発明の第3実施形態に係る燃料電池システムの、冷却空気制御処理の手順を示すフローチャートである。

[図10]図10は、本発明の実施形態に係る燃料電池システムに用いられるエゼクタの構成を示す説明図である。

### 発明を実施するための形態

[0017] 以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。

[0018] <第1実施形態>

図1は、本発明の第1実施形態に係る燃料電池システム100の構成を示すブロック図である。図1に示すように、この燃料電池システム100は、カソード極16aおよびアノード極16bを有する燃料電池16と、炭化水素燃料を改質して改質ガスを発生する改質器22と、改質器22を加熱する改質加熱器21と、空気、燃料ガス、及びアノードオフガスを混合したガスを改質器22に昇圧して供給するエゼクタ20と、を備えている。

[0019] 燃料ガスとしては、水素ガス、メタン( $\text{CH}_4$ )を主成分とする天然ガスなどを用いることができる。また、燃料ガスは、バイオエタノール、ガス液化油(GTL)、石炭液化油(CTL)、バイオマス液化油(BTL)等のバイオ燃料、プロパン、ブタン、ガソリン、ディーゼル、灯油など液体燃料を霧化したものを用いることもできる。

[0020] 改質器22は、改質加熱器21を具備しない断熱構造を有する熱自立型の改質器とし、空気と水蒸気を導入した自己熱改質(ATR)モードで反応させることができる。また、改質器22は、アノードオフガスの残部を燃焼さ

せる改質加熱器 21 から改質に必要な熱の一部を熱交換する熱交換器型改質器とし、空気添加の水蒸気改質モードで反応させることもできる。

[0021] また、燃料電池システム 100 は、燃料電池 16 のカソード極 16 a に空気を供給する第 1 空気ブロワ 12 と、改質加熱器 21 より排気される排気ガスの熱を利用して第 1 空気ブロワ 12 より供給される空気を加熱する第 3 熱交換器 13 と、空気を送出する第 2 空気コンプレッサ 14（空気供給器）と、燃料ガスを送出手する燃料ポンプ 15（燃料ガス供給器）と、第 1 熱交換器 19（温度調整器）と、を備えている。

[0022] 燃料電池 16 は、カソード極 16 a に供給される空気（第 3 熱交換器 13 で加熱された後の空気）とアノード極 16 b に供給される改質ガスを反応させて電力を発生し、各負荷（図示省略）に電力を供給する。従って、燃料電池 16 は、アノード極 16 b に水（水蒸気）が発生することになり、アノード極 16 b より排出されるアノードオフガスには水蒸気が含まれることになる。アノード極 16 b の出口は流路 L1 に接続され、さらに、流路 L1 は、2 つの流路 L1 a、L1 b に分岐され、このうち一方の流路 L1 a は、背圧調整バルブ 17（循環量調整器）を経由して第 1 熱交換器 19 の高温側に接続されている。また、他方の流路 L1 b は、バタフライバルブ 18 を経由して改質加熱器 21 のガス供給口に接続されている。さらに、第 1 熱交換器 19 の高温側の出口は、エゼクタ 20 の吸引ガス流入口 20 b に接続されている。

[0023] 第 2 空気コンプレッサ 14 の出口及び燃料ポンプ 15 の出口は、共に第 1 熱交換器 19 の低温側の入口に接続され、その出口はエゼクタ 20 の駆動ガス流入口 20 a に接続されている。従って、第 2 空気コンプレッサ 14 より供給される空気と、燃料ポンプ 15 より供給される燃料ガスとが混合した混合ガスは、第 1 熱交換器 19 の低温側を通過することにより加熱され、その後、高圧の駆動ガスとして、エゼクタ 20 の駆動ガス流入口 20 a に供給される。

[0024] また、燃料電池 16 のアノード極 16 b より排出されるアノードオフガス

は、第1熱交換器19の高温側を通過して混合ガスに熱を渡した後、循環ガスとして、エゼクタ20の吸引ガス流入口20bに供給される。さらに、アノードオフガスの残部（循環ガスとならないアノードオフガス）は、流路L1b、及びバタフライバルブ18を経由して改質加熱器21に供給される。

[0025] エゼクタ20は、駆動ガス流入口20aに供給される駆動ガスの圧力により、吸引ガス流入口20bに供給される吸引ガスを吸引し、これら駆動ガスおよび吸引ガスを混合したガスを所定の昇圧量で昇圧して排出する機能を備える。エゼクタ20の出口から排出される混合ガスは、空気、燃料ガス、及びアノードオフガスの混合ガスであり、エゼクタ排出ガスという。本実施形態では、駆動ガス流入口20aに空気と燃料ガスの混合ガスが駆動ガスとして供給され、吸引ガス流入口20bに、アノードオフガス（循環ガス）が供給される。従って、駆動ガスの圧力により、アノードオフガスが吸引され昇圧されて、これらが混合されたガス（エゼクタ排出ガス）がエゼクタ20より排出される。エゼクタ排出ガスは、流路L2を経由して改質器22に供給される。なお、燃料電池システム100では、燃料電池16のアノード極16b、背圧調整バルブ17、第1熱交換器19、エゼクタ20、改質器22、および流路L1、L1a、L2などが、アノードオフガスを改質器22へ循環させる再循環系を構成している。

[0026] 第3熱交換器13は、低温側に第1空気ブロワ12より送出される空気が供給され、高温側に改質加熱器21の排気ガスが供給される。従って、第1空気ブロワ12より送出される空気は、改質加熱器21の排気ガスにより加熱された後、燃料電池16のカソード極16aに供給される。また、第3熱交換器13を通過した排気ガスは、その後外部へ排出される。

[0027] また、改質器22には、改質器22の入口圧力（改質器圧力） $P_r$ を検出する圧力センサ23と、改質器22の温度（改質温度） $T_r$ を測定する改質器温度センサ24が設けられている。さらに、燃料電池16には、燃料電池16のスタック温度 $T_s$ を測定するスタック温度センサ25が設けられている。

[0028] また、本実施形態に係る燃料電池システム100は、第1空気ブロワ12、第2空気コンプレッサ14、燃料ポンプ15、及び背圧調整バルブ17を制御する制御部11を備えている。制御部11は、後述する手法により、第1空気ブロワ12、第2空気コンプレッサ14、燃料ポンプ15、及び背圧調整バルブ17に制御信号を送信する。また、制御部11は、圧力センサ23、改質器温度センサ24、及びスタック温度センサ25と接続され、これらの各センサの検出データを取得する。

[0029] 制御部11は、圧力センサ23にて測定される改質器圧力 $P_r$ と、改質器温度センサ24で測定される改質温度 $T_r$ と、スタック温度センサ25で測定されるスタック温度 $T_s$ に基づいて、アノードオフガスの循環量を求める。そして、制御部11は、求めた循環量に基づいて背圧調整バルブ17の開度を制御する。なお、アノードオフガスの循環量は、改質器圧力 $P_r$ 、改質温度 $T_r$ 、及びスタック温度 $T_s$ のうちの少なくとも一つを用いて求めることも可能である。

[0030] 次に、エゼクタ20の詳細な構成について説明する。図10は、エゼクタ20の断面図である。図10に示すように、エゼクタ20は、中央部にノズル51を備えており、ノズル51の基端部が駆動ガス流入口20aとされている。また、ノズル51の側部に円筒形状の空間領域が形成されており、この空間領域の一部が開口されて吸引ガス流入口20bとされている。この空間領域とノズル51は二重円筒構造を成しており、その下流側には、混合部52及びデフューザ53が設けられている。

[0031] そして、駆動ガス流入口20aより空気と燃料ガスとを混合した高圧の混合ガスを供給すると、この混合ガスがノズル51より噴射されて高速流となり、吸引ガス流入口20bからアノードオフガスを吸引する。吸引されたアノードオフガスは、駆動ガスである空気および燃料ガスの混合ガスと混合部52内で混合しつつ流速が均一化することで、混合前より昇圧される。そして、後段のデフューザ53の端部に至るまでに、平均流速がさらに減少して昇圧され、例えば、図1に示す改質器22に供給される。

[0032] 次に、燃料電池 16 のスタック温度  $T_s$  とシステム圧損との関係、及び循環ガス温度とエゼクタの昇圧量との関係について説明する。なお、本実施形態においては、スタック温度  $T_s$  と循環ガス温度は等しいものとする。

[0033] 図 2 は、循環ガス温度の変化に対する、システム圧損、及びエゼクタ 20 の昇圧量の関係を示す特性図である。曲線 q 1 は、システム圧損の変化を示し、曲線 q 2 は、エゼクタ 20 の昇圧量の変化を示している。ここでのシステム圧損とは、エゼクタ排出ガスが、エゼクタ 20 の出口から、改質器 22、アノード極 16 b、及び第 1 熱交換器 19 を経由して吸引ガス流入口 20 b まで流れる間の圧力損失から、背圧調整バルブ 17 での圧力損失を除いたものである。なお、背圧調整バルブ 17 での圧力損失を含む圧力損失を、上記システム圧損と区別して、全システム圧損と呼ぶ。すなわち、全システム圧損とは、エゼクタ排出ガスが、エゼクタ 20 の出口から再循環系の各構成要素を経由して吸引ガス流入口 20 b まで流れる間の圧力損失をいう。図 2 の曲線 q 1 に示すように、システム圧損は、スタック温度  $T_s$  が高くなるにしたがって増加する。そして、燃料電池システム 100 は、この特性曲線 q 1 上のいずれかの点で運転されることになる。

[0034] また、曲線 q 2 は、エゼクタ 20 において、駆動ガスの質量流量（以下、駆動ガス流量） $G_1$  と吸引ガスの質量流量（以下、循環ガス流量） $G_2$  との比率、即ち、 $G_2 / G_1$  比を所望の値に設定したときの、循環ガス温度と昇圧量との関係を示している。図 2 の曲線 q 2 に示すように、循環ガス温度が高くなるにつれて、昇圧量が低下することが判る。

[0035] 本実施形態では、背圧調整バルブ 17 での圧力損失を除いたシステム圧損の値が  $P_0$  となる運転点で、燃料電池システム 100 を運転する。燃料電池システム 100 では、エゼクタ 20 での昇圧量  $P_4$  が、空気、燃料ガス、およびアノードオフガスの循環ガスの各流量を改質器 22 で良好な改質を行うために要求される流量に設定したときに、上記システム圧損  $P_0$  より大きくなるように設計される。そして、背圧調整バルブ 17 での圧力損失を含む全システム圧損の値が、昇圧量  $P_4$  と一致するように背圧調整バルブ 17 の開

度を調整する。換言すれば、燃料電池システム100では、運転点でのシステム圧損（背圧調整バルブ17での圧力損失を除く）の値P0よりも、若干高い昇圧量P4を得る昇圧能力を有するようにエゼクタ20を構成する。そして、G2/G1比が所望の値となるように、第2空気コンプレッサ14より送出する空気の質量流量（以下、空気量）を調整する。その状態で背圧調整バルブ17を調整することにより、所望のスタック温度及び圧力となる運転点で、燃料電池システム100を運転することが可能になる。

[0036] 以下、背圧調整バルブ17の制御処理について、図3に示すフローチャートを参照して説明する。初めに、ステップS11において、制御部11は、燃料電池16による目標発電電流を認識する。

[0037] ステップS12において、制御部11は、スタック温度センサ25で測定される燃料電池16のスタック温度Ts、及び、改質器温度センサ24で測定される改質器22の改質温度Trを取得する。

[0038] ステップS13において、制御部11は、取得した目標発電電流やスタック温度等の情報に基づいて目標とする循環ガス流量G2と、改質器22に新規に供給する燃料ガスの質量流量（以下、燃料ガス量）G1f、及び空気量G1aを決定する。なお、駆動ガス流量G1は、上記の燃料ガス量G1fと空気量G1aとを加算した値（即ち、 $G1 = G1f + G1a$ ）となる。

[0039] ステップS14において、制御部11は、エゼクタ20における駆動ガス流量G1と循環ガス流量G2との比率（G2/G1比）に対応する昇圧量の目標値P4を演算する。

[0040] ステップS15において、制御部11は、背圧調整バルブ17に制御信号を送信して、背圧調整バルブ17での圧力損失を含む全システム圧損が、エゼクタ20の昇圧量の目標値P4に達するように、背圧調整バルブ17の開度を制御する。これにより、アノードオフガスの循環量を調整する。

[0041] ステップS16において、制御部11は、背圧調整バルブ17での圧力損失を含む全システム圧損の測定値P4'が、目標値P4と等しくなったか否かを判定する。即ち、制御部11は、 $P4 - P4' = 0$ となったか否かを判

定する。

[0042] そして、制御部 11 は、 $P4 - P4' = 0$  でないと判定した場合（ステップ S15 で NO）には、ステップ S15 に処理を戻し、 $P4 - P4' = 0$  であると判定された場合（ステップ S15 で YES）には、本処理を終了する。こうして、背圧調整バルブ 17 の開度を調整することにより、改質器 22 や燃料電池 16 が必要とする空気、燃料ガス、およびアノードオフガスの循環ガスの流量を確保しながら、全システム圧損がエゼクタ 20 の昇圧量  $P4$  と等しくなるように制御される。このように、第 1 実施形態に係る燃料電池システム 100 では、アノードオフガスの一部を循環させて改質器 22 に戻す際に、空気と燃料ガスとの混合ガスを生成して、アノードオフガスに添加している。

[0043] <効果>

(1) 本発明の第 1 実施形態に係る燃料電池システム 100 では、エゼクタ 20 の駆動ガス流入口 20a に、第 2 空気コンプレッサ 14 より送出される空気と燃料ポンプ 15 より送出される燃料ガスとを混合した混合ガスが供給され、吸引ガス流入口 20b には、アノードオフガスが供給される。このようにエゼクタ 20 の駆動ガスに、燃料ガスに加えて空気を添加しているので、駆動ガス流量  $G1$  を大きくすることができ、エゼクタ 20 の  $G2 / G1$  比を小さくでき、ひいては、エゼクタ 20 の昇圧量を大きくすることができる。これにより、燃料電池 16 や改質器 22 を小型化することができる。

[0044] (2) また、燃料電池システム 100 では、エゼクタ 20 の駆動ガスに、燃料ガスに加えて空気を添加して、アノードオフガスを循環させているので、エゼクタ 20 の昇圧量を確保しつつアノードオフガスの循環率を向上させることができる。これにより、新規に水を気化して導入する必要がなくなり、水を気化するために要する補器のエネルギー損失を削減でき、システム効率を向上させることができる。

[0045] (3) さらに、燃料電池システム 100 では、エゼクタ 20 の駆動ガスに、燃料ガスに加えて空気を添加しているため、燃料として、ガソリンや灯油な

ど、炭素数が多い炭化水素燃料を使用する場合は、新規に水蒸気を導入せずに（あるいはその導入量を最小限に抑えつつ）、必要な水蒸気量を確保でき、改質器 22 の触媒劣化を抑制することができる。また、空気の添加量を最小限に抑えることで、改質に必要な熱量を低減することができるので、改質加熱器 21 への追加燃料を不要とし、システム効率を向上させることができる。

[0046] (4) また、燃料電池システム 100 では、エゼクタ 20 の駆動ガスに、燃料ガスに加えて空気を添加しているため、燃料として、ガソリン、灯油、メタノールなど、分子量が相対的に大きく、比熱比が相対的に小さいために、エゼクタ内流れにおける熱損失が大きくなる炭化水素燃料を使用する場合でも、エゼクタ 20 の昇圧能力を確実に高く維持することができる。

[0047] (5) さらに、第 1 実施形態に係る燃料電池システム 100 では、アノード極 16b の出口とエゼクタ 20 の吸引ガス流入口 20b との間に、アノードオフガスの温度を調整する第 1 熱交換器 19 を設けている。そして、第 1 熱交換器 19 の低温側に、第 2 空気コンプレッサ 14 より送出される空気および燃料ポンプ 15 より送出される燃料ガスの少なくとも一方が供給され、第 1 熱交換器 19 の高温側に、アノードオフガスが供給される。そのため、アノードオフガスが有する熱により、第 2 空気コンプレッサ 14 より送出される空気、或いは燃料ポンプ 15 より送出される燃料ガスを加熱することができるので、循環するアノードオフガスの温度を安定化させることができる。すなわち、燃料電池 16 のスタックや改質器 22 の温度変動が生じる場合であっても、循環ガス温度を安定化することができ、循環率を安定化させることができる。また、燃料ガスが液体や高圧タンクから供給される場合には、余分なエネルギーを必要とせず、安定して燃料ガスを気化させることができる。

[0048] (6) また、燃料電池システム 100 では、背圧調整バルブ 17 を設け、制御部 11 が背圧調整バルブ 17 の開度を調整制御することにより、アノードオフガスの循環量を制御し、かつ、エゼクタ 20 での昇圧量を所望の値に制

御する。すなわち、制御部 11 が、エゼクタ 20 の昇圧量に応じて背圧調整バルブ 17 の開度を調整制御するので、改質器 22 に導入するガスの圧力を所望の圧力に設定することができる。さらに、エゼクタ 20 の昇圧量を向上させることができたため、燃料電池 16 及び改質器 22 を小型化して設計することができる。

[0049] (7) さらに、燃料電池システム 100 では、背圧調整バルブ 17 を設けているので、制御部 11 が背圧調整バルブ 17 の開度を調整制御することにより、背圧調整バルブ 17 での圧力損失を含む全システム圧損を安定化させることができる。これにより、運転時の温度変動に伴って燃料電池 16 や改質器 22 の圧力損失に変動が生じた場合でも、改質器 22 に必要な循環ガスの流量を一定値に安定化させることができる。その結果、燃料電池 16 からの電力出力が安定化するとともに、改質器 22 の劣化が抑制される。

[0050] <第 2 実施形態>

次に、本発明の第 2 実施形態に係る燃料電池システムについて説明する。図 4 は、第 2 実施形態に係る燃料電池システム 101 の構成を示すブロック図である。この燃料電池システム 101 は、背圧調整バルブ 17 を備えない点、エゼクタ 20 の出口と改質器 22 の入口とを接続する流路 L2 に空気供給口 d1 が設けられ、第 2 空気コンプレッサより送出される空気とは別に、改質器 22 に空気を供給することが可能となっている点、空気供給口 d1 に追加空気調整バルブ 31 (空気供給器) が接続されており、空気供給口 d1 より導入される空気量を調整することで、改質器 22 に供給する空気量を調整可能としている点、および追加空気調整バルブ 31 と制御部 11 が制御線で接続されている点において、前述した第 1 実施形態に係る燃料電池システム 100 (図 1) と相違している。

[0051] また、第 2 実施形態に係る制御部 11 は、外部より入力される燃料電池の要求発電出力に基づいて、改質器 22 に供給する空気量、燃料ガス量、アノードオフガスの循環量、およびエゼクタ 20 の昇圧量を求める。さらに、制御部 11 は、求めた空気量、燃料ガス量、アノードオフガスの循環量、及び

エゼクタ 20 の昇圧量と、圧力センサ 23 で測定される改質器圧力  $P_r$  とに基づいて、追加空気調整バルブ 31 による空気の供給量を制御する機能を備えている。エゼクタ 20 は、定格運転時に改質器 22 が要求する空気量より少ない流量の空気と燃料ガスを駆動ガスとして用いた場合に、昇圧量が全システム圧損に一致するように設計されている。

[0052] それ以外の構成は、第 1 実施形態で説明した図 1 と同様であるので、同一符号を付して構成説明を省略する。

[0053] 次に、第 2 実施形態に係る燃料電池システム 101 で用いるエゼクタ 20 を設計する手法について説明する。

[0054] 燃料電池システム 101 では、定格運転時において要求される発電電流を認識し、定格運転時の改質器 22 の改質温度  $T_r$  とスタック温度  $T_s$  とに基づいて、発電および改質に必要な空気量  $G_{1a}$ 、燃料ガス量  $G_{1f}$ 、および循環ガス流量  $G_2$  を算出する。一方、定格運転時の循環ガス温度（本実施形態ではスタック温度  $T_s$ ）に基づいて、全システム圧損  $P_4$ （図 5 参照）を算出し、循環ガス流量が  $G_2$ 、燃料ガス量が  $G_{1f}$  のときにエゼクタ 20 の昇圧量が  $P_4$  となる駆動ガス用空気量  $G_{1a1}$  を算出する。また、燃料電池システム 101 では、追加空気調整バルブ 31 を調整し、この追加空気調整バルブ 31 より供給される空気量を  $G_{1a2}$  ( $=G_{1a}-G_{1a1}$ ) とする。

[0055] 燃料電池システム 101 では、エゼクタ 20 の昇圧量が全システム圧損に一致するよう空気量  $G_{1a1}$  を調整する。空気量  $G_{1a1}$  は、改質器 22 での改質に必要な空気量  $G_{1a}$  より「 $G_{1a}-G_{1a1}$ 」分だけ不足するので、この差分となる空気量  $G_{1a2}$  を、追加空気調整バルブ 31 を経由して、直接、改質器 22 に供給する。

[0056] 図 5 は、循環ガス温度と全システム圧損との関係（曲線  $q_3$ ）、及び循環ガス温度とエゼクタ 20 の昇圧量との関係（曲線  $q_4$ ,  $q_4'$ ）を示す特性図である。例えば、燃料電池システム 101 が、循環ガス温度が  $T_1$ 、全システム圧損／エゼクタ昇圧量が  $P_4$  の点で運転しているとする。このときに燃料電池 16 のスタック温度  $T_s$  が上昇して、循環ガス温度が  $T_2$  となった

場合は、全システム圧損は曲線  $q_3$  に沿って上昇し、要求されるエゼクタ 20 の昇圧量も  $P_{4-2}$  に上昇する。このような場合、燃料電池システム 101 では、第 2 空気コンプレッサ 14 より供給する空気量  $G_{1a1}$  を増加させて、 $G_2 / G_1$  比を低下させる。これにより、エゼクタ 20 の昇圧量の特長曲線は、曲線  $q_{4'}$  から曲線  $q_4$  に変化するので、エゼクタ 20 の昇圧量をシステムが要求する値  $P_{4-2}$  とすることができ、循環ガス温度  $T_2$ 、全システム圧損 / エゼクタ昇圧量  $P_{4-2}$  の運転点で運転することが可能になる。

[0057] 一方、上記の場合には、エゼクタ 20 の駆動ガスとして供給する空気量  $G_{1a1}$  が増加することになるので、本実施形態では、この空気量の増加分だけ、追加空気調整バルブ 31 を経由して供給する空気量  $G_{1a2}$  を減少させる。これにより、改質器 22 に供給する空気量を調整する。

[0058] つまり、本実施形態では、改質器 22 が必要とする空気量  $G_{1a}$  より少ない空気量  $G_{1a1}$  をエゼクタ 20 に導入した場合に、要求昇圧性能を満たすようにエゼクタ 20 を設計している。そして、全システム圧損の変化に応じて、第 2 空気コンプレッサ 14 より供給する空気量  $G_{1a1}$ 、及び追加空気調整バルブ 31 を経由して供給する空気量  $G_{1a2}$  を調整することにより、改質器 22 に供給されるガスの温度及び圧力が所望の値となるように制御する。

[0059] 以下、図 6 に示すフローチャートを参照して、第 2 空気コンプレッサ 14、及び追加空気調整バルブ 31 の制御処理について説明する。初めに、ステップ S 31 において、制御部 11 は、燃料電池 16 による目標発電電流を認識する。

[0060] ステップ S 32 において、制御部 11 は、スタック温度センサ 25 で測定される燃料電池 16 のスタック温度  $T_s$ 、及び改質器温度センサ 24 で測定される改質器 22 の改質温度  $T_r$  を取得する。

[0061] ステップ S 33 において、制御部 11 は、取得した目標発電電流やスタック温度等の情報に基づいて、目標循環ガス流量  $G_2$ 、改質器 22 に新規に供給する燃料ガス量  $G_{1f}$ 、及び新規に供給する空気量  $G_{1a}$  を決定する。

[0062] ステップ S 34 において、制御部 11 は、スタック温度  $T_s$  に対応するエ

エゼクタ 20 の昇圧量の目標値  $P_4$  を算出する。

[0063] ステップ S 35 において、制御部 11 は、ステップ S 34 で求めた目標値  $P_4$  に対して、循環ガス流量  $G_2$ 、第 2 空気コンプレッサ 14 により供給する空気量  $G_{1a1}$ 、追加空気調整バルブ 31 を経由して供給する空気量  $G_{1a2}$  を決定する。但し、 $G_{1a} = G_{1a1} + G_{1a2}$  である。

[0064] ステップ S 36 において、制御部 11 は、第 2 空気コンプレッサ 14 より供給される空気量がステップ S 35 で決定された空気量  $G_{1a1}$  となるように第 2 空気コンプレッサ 14 を調整する。また、追加空気調整バルブ 31 より供給される空気量が、ステップ S 35 で決定された空気量  $G_{1a2}$  となるように、追加空気調整バルブ 31 の開度を調整する。

[0065] ステップ S 37 において、制御部 11 は、エゼクタ 20 の昇圧量の測定値  $P_4'$  が、目標値  $P_4$  と等しくなったか否かを判定する。即ち、制御部 11 は、 $P_4 - P_4' = 0$  となったか否かを判定する。

[0066] そして、制御部 11 は、 $P_4 - P_4' = 0$  でないと判定した場合（ステップ S 37 で NO）には、ステップ S 36 に処理を戻し、 $P_4 - P_4' = 0$  であると判定された場合（ステップ S 37 で YES）には、本処理を終了する。このようにして、制御部 11 は、第 2 空気コンプレッサ 14、及び追加空気調整バルブ 31 の開度を調整して、エゼクタ 20 の昇圧量  $P_4$  を調整することにより、改質器 22 でのガスの温度及び圧力を所望の値に制御する。

[0067] <効果>

本発明の第 2 実施形態に係る燃料電池システム 101 では、エゼクタ 20 の駆動ガスに、燃料ガスに加えて空気を添加しているので、上記第 1 実施形態で述べた効果 (1) ~ (4) と同様の効果を得ることができる。

[0068] さらに、第 2 実施形態に係る燃料電池システム 101 では、次の (8) ~ (10) の効果を得ることができる。

(8) 第 2 実施形態に係る燃料電池システム 101 では、エゼクタ 20 の出口と改質器 22 の入口とを接続する流路 L 2 に空気供給口 d 1 を設け、この空気供給口 d 1 に追加空気調整バルブ 31 を設置することにより、エゼクタ

20の運転状態とは別に、改質器22に空気を導入している。従って、運転時に燃料電池16や改質器22の温度変動やガス流量変動等が起きても、アノードオフガスの循環率を安定化させることが可能になる。

[0069] (9) また、燃料電池システム101では、エゼクタ20から排出されるエゼクタ排出ガスがエゼクタ20の吸引ガス流入口20bまで循環する間の圧力損失に応じて、制御部11が第2空気コンプレッサ14または追加空気調整バルブ31を調整するため、改質器22に導入するガスの組成を最適な組成に設定することが可能になる。これにより、改質器22の炭素析出劣化を抑制することができる。

[0070] (10) さらに、燃料電池システム101では、第2空気コンプレッサ14の動力を最小限とすることができ、かつ、燃料電池16における要求発電出力が変化した場合においても、改質器22にて必要となるガス組成を安定して供給することができる。

[0071] <第3実施形態>

次に、本発明の第3実施形態に係る燃料電池システムについて説明する。図7は、第3実施形態に係る燃料電池システム102の構成を示すブロック図である。この燃料電池システム102は、背圧調整バルブ17を備えない点、第1熱交換器19の高温側出口とエゼクタ20の吸引ガス流入口20bとの間の流路L1aに第2熱交換器41（温度調整器）を設けている点、第2熱交換器41の低温側に冷却空気を供給する第3空気ブロワ42（冷却ガス供給器、温度調整器）を設けている点、および第3空気ブロワ42と制御部11が制御線で接続されている点において、前述した第1実施形態に係る燃料電池システム100（図1）と相違している。

[0072] また、第3実施形態に係る制御部11は、外部より入力される燃料電池の要求発電出力に基づいて、改質器22に供給する空気量、燃料ガス量、アノードオフガスの循環量、およびエゼクタ20の昇圧量を求める。そして、制御部11は、求めた空気量、燃料ガス量、アノードオフガスの循環量、及びエゼクタ20の昇圧量と、圧力センサ23で測定される改質器圧力 $P_r$ とに

基づいて、エゼクタ 20 に供給するアノードオフガスの温度を求める。さらに、制御部 11 は、求めた温度に応じて第 3 空気ブロワ 42 を制御する。

[0073] それ以外の構成は、第 1 実施形態で説明した図 1 と同様であるので、同一符号を付して構成説明を省略する。

[0074] 第 3 実施形態では、第 2 熱交換器 41、及び第 3 空気ブロワ 42 を設けているので、制御部 11 により第 3 空気ブロワ 42 による空気の供給量を制御することで、エゼクタ 20 に供給されるアノードオフガスの温度を調整することが可能となる。

[0075] 次に、第 3 実施形態に係る燃料電池システム 102 で用いるエゼクタ 20 の設計手法について説明する。まず、定格運転時のスタック温度  $T_s$  に対応する全システム圧損（主として、改質器 22、燃料電池 16、流路  $L_1$ ,  $L_{1a}$ ,  $L_2$  を構成する配管での圧力損失）の値  $P_4$  を算出する。そして、定格運転時の目標発電電流値と、定格運転時の改質器 22 の改質温度  $T_r$  およびスタック温度  $T_s$  とに基づいて、発電および改質に必要な循環ガス流量  $G_2$  と駆動ガス流量  $G_1$  とを算出する。駆動ガス流量  $G_1$  は、第 2 空気コンプレッサ 14 より送出される空気量  $G_{1a}$  と燃料ポンプ 15 より送出される燃料ガス量  $G_{1f}$  との合計流量である ( $G_1 = G_{1a} + G_{1f}$ )。

[0076] ここで、エゼクタ 20 に吸引される直前のアノードオフガスの温度は、燃料電池 16 のアノード極 16b の出口からエゼクタ 20 の吸引ガス流入口 20b までの流路となる配管等の断熱性能に依存しており、スタック温度  $T_s$  に比例した温度として設定できる。そして、エゼクタ 20 に吸引される直前のアノードオフガスの温度が定格運転時の温度  $T_3$  となるときに、エゼクタ 20 の昇圧量が定格運転時の全システム圧損  $P_4$  に一致するように、エゼクタ 20 を設計する。

[0077] 図 8 は、循環ガス温度の変化に対する全システム圧損の変化（曲線  $q_5$ ）、及び循環ガス温度の変化に対するエゼクタ昇圧量の変化（曲線  $q_6$ ,  $q_6'$ ）を示す特性図である。例えば、燃料電池システム 102 が、全システム圧損／エゼクタ昇圧量  $P_4$  の点（ $q_5$  と  $q_6'$  の交点）で定格運転している

とする。このときに燃料電池16のスタック温度 $T_s$ が上昇した場合は、全システム圧損は曲線 $q_5$ に沿って上昇し、要求されるエゼクタ20の昇圧量も $P_{4-2}$ に上昇する。このような場合、燃料電池システム102では、第2熱交換器41に冷却空気を導入して、エゼクタ20に吸引される直前のアノードオフガスの温度を低下させる。これにより、エゼクタ20の昇圧量の特性曲線は、 $G_2/G_1$ 比を同一の値に維持したまま、曲線 $q_{6'}$ から曲線 $q_6$ に変化するので、エゼクタ20の昇圧量を曲線 $q_5$ と曲線 $q_6$ の交点の値 $P_{4-2}$ まで上昇させることができる。

[0078] 換言すれば、第2熱交換器41を用いて、エゼクタ20の吸引ガス流入口20bに供給するアノードオフガスの温度を制御することにより、同一の $G_2/G_1$ 比のまま、エゼクタ20の昇圧量を変化させることができる。本実施形態では、制御部11の制御により、第3空気ブロワ42より送出する冷却ガスの流量を調整して循環ガスを冷却することにより、エゼクタ20の昇圧量が定格運転時の値 $P_4$ となるように制御する。

[0079] 以下、図9に示すフローチャートを参照して、第2熱交換器41に供給する冷却空気の制御処理について説明する。初めに、ステップS51において、制御部11は、燃料電池16による目標発電電流を認識する。

[0080] ステップS52において、制御部11は、スタック温度センサ25で測定される燃料電池16のスタック温度 $T_s$ 、及び改質器温度センサ24で測定される改質器22の改質温度 $T_r$ を取得する。

[0081] ステップS53において、制御部11は、取得した目標発電電流やスタック温度等の情報に基づいて、目標循環ガス流量 $G_2$ 、改質器22に新規に供給する燃料ガス量 $G_{1f}$ 、及び新規に供給する空気量 $G_{1a}$ を決定する。

[0082] ステップS54において、制御部11は、スタック温度 $T_s$ 及び改質温度 $T_r$ に対応する昇圧量の目標値 $P_4$ を算出する。

[0083] ステップS55において、制御部11は、ステップS54で求めた昇圧量の目標値 $P_4$ 、及びステップS53で求めた循環ガス流量 $G_2$ 、駆動ガス流量 $G_1$ （燃料ガス量 $G_{1f}$ と空気量 $G_{1a}$ の合計）を実現するためのアノードオ

フガスの温度  $T_3$  を算出する。

[0084] ステップ  $S_{56}$  において、制御部 11 は、アノードオフガスの温度がステップ  $S_{55}$  で算出した温度  $T_3$  となるように、第 3 空気ブロワ 42 より送出する冷却空気量を調整する。

[0085] ステップ  $S_{57}$  において、制御部 11 は、エゼクタ 20 の昇圧量の測定値  $P_{4'}$  が、目標値  $P_4$  と等しくなったか否かを判定する。即ち、制御部 11 は、 $P_4 - P_{4'} = 0$  となったか否かを判定する。

[0086] そして、制御部 11 は、 $P_4 - P_{4'} = 0$  でないと判定した場合（ステップ  $S_{57}$  で  $NO$ ）には、ステップ  $S_{56}$  に処理を戻し、 $P_4 - P_{4'} = 0$  であると判定された場合（ステップ  $S_{57}$  で  $YES$ ）には、本処理を終了する。こうして、制御部 11 は、第 3 空気ブロワ 42 による冷却空気の供給量を調整することにより、アノードオフガスの温度が所望の温度  $T_3$  となるように制御する。

[0087] <効果>

本発明の第 3 実施形態に係る燃料電池システム 102 では、エゼクタ 20 の駆動ガスに、燃料ガスに加えて空気を添加しているので、上記第 1 実施形態で述べた効果 (1) ~ (4) と同様の効果を得ることができる。

[0088] さらに、第 3 実施形態に係る燃料電池システム 102 では、次の (12) および (13) 効果を得ることができる。

(12) 第 3 実施形態に係る燃料電池システム 102 では、アノード極 16b の出口とエゼクタ 20 の吸引ガス流入口 20b との間に、アノードオフガスの温度を調整する第 2 熱交換器 41 を設けている。そして、第 2 熱交換器 41 の低温側に、第 3 空気ブロワ 42 より送出される冷却用空気が供給され、第 2 熱交換器 41 の高温側に、アノードオフガスが供給される。そのため、第 2 熱交換器 41 を用いてエゼクタ 20 の吸引ガス流入口 20b に供給するアノードオフガスの温度を制御することにより、同一の  $G_2 / G_1$  比でエゼクタ 20 の昇圧量を変化させることができる。

[0089] (13) また、燃料電池システム 102 では、エゼクタ 20 から排出される

エゼクタ排出ガスがエゼクタ 20 の吸引ガス流入口 20 b まで循環する間の圧力損失に応じて、制御部 11 が、第 3 空気ブロワ 42 より送出される冷却ガスの流量を調整して、循環ガスの温度を調整し、エゼクタ 20 の昇圧量が所望の値となるように制御する。従って、循環ガスの温度が変化した場合であっても、エゼクタ 20 の昇圧量を所望の値に維持することができ、かつアノードオフガスの循環量を安定化させることができる。その結果、改質器 22 の改質反応、ひいてはスタックの発電挙動を安定化させることができる。

[0090] 以上、本発明の実施形態について説明したが、これらの実施形態は本発明の理解を容易にするために記載された単なる例示に過ぎず、本発明は当該実施形態に限定されるものではない。本発明の技術的範囲は、上記実施形態で開示した具体的な技術事項に限らず、そこから容易に導きうる様々な変形、変更、代替技術なども含むものである。例えば、第 1 実施形態の燃料電池システム 100 に、第 2 実施形態の空気供給口 d1 および追加空気調整バルブ 31 を採用してもよく、第 2 実施形態の燃料電池システム 101 に、第 3 実施形態の第 2 熱交換器 41 および第 3 空気ブロワ 42 を採用してもよい。また、第 3 実施形態の燃料電池システム 102 に、第 1 実施形態の背圧調整バルブ 17 を採用してもよく、第 1～第 3 実施形態の構成要素を全て組み合わせることも可能である。

[0091] さらに、上記第 1～第 3 実施形態では、第 2 空気コンプレッサ 14 は、第 1 熱交換器 19 を介して、エゼクタ 20 の駆動ガス流入口 20 a に接続されているが、第 1 熱交換器 19 を介さずに、直接、エゼクタ 20 の駆動ガス流入口 20 a に接続されてもよい。すなわち、第 2 空気コンプレッサ 14 の出口は、第 1 熱交換器 19 の低温側の入口ではなく、第 1 熱交換器 19 の出口とエゼクタ 20 の駆動ガス流入口 20 a との間の流路に接続してもよい。これにより、空気を第 1 熱交換器 19 に通過させる際に発生する圧力損失分の昇圧は不要となるため、第 2 空気コンプレッサ 14 の容量を抑えることができる。

[0092] 本出願は、2011年2月1日に提出された日本国特許願第2011-0

19599号に基づく優先権を主張しており、この出願の全内容が参照により本明細書に組み込まれる。

### 産業上の利用可能性

[0093] 本発明に係る燃料電池システムでは、エゼクタの駆動ガスとして、燃料に加えて空気を添加することにより、駆動ガス流量G1を大きくすることができ、エゼクタのG2/G1比を小さくできる。これにより、改質器の炭素析出劣化や改質率の低下を抑制しつつ、エゼクタの昇圧量を高めてシステム全体の効率を向上させることができ、さらには、燃料電池や改質器を小型化することができる。

### 符号の説明

- [0094]
- 1 1 制御部
  - 1 2 第1空気ブロワ
  - 1 3 第3熱交換器
  - 1 4 第2空気コンプレッサ
  - 1 5 燃料ポンプ
  - 1 6 燃料電池
  - 1 6 a カソード極
  - 1 6 b アノード極
  - 1 7 背圧調整バルブ
  - 1 8 バタフライバルブ
  - 1 9 第1熱交換器
  - 2 0 エゼクタ
  - 2 0 a 駆動ガス流入口
  - 2 0 b 吸引ガス流入口
  - 2 1 改質加熱器
  - 2 2 改質器
  - 2 3 圧力センサ
  - 2 4 改質器温度センサ

- 2 5 スタック温度センサ
- 3 1 追加空気調整バルブ
- 4 1 第2熱交換器
- 4 2 第3空気ブロワ
- 5 1 ノズル
- 5 2 混合部
- 5 3 デフューザ
- 1 0 0, 1 0 1, 1 0 2 燃料電池システム

## 請求の範囲

- [請求項1] 空気を供給する空気供給器と、  
燃料ガスを供給する燃料ガス供給器と、  
前記燃料ガスから水素を含む改質ガスを生成する改質器と、  
アノード極に前記改質ガスが供給され、カソード極に空気が供給されて発電し、かつ、アノード極に水蒸気が発生する燃料電池と、  
前記燃料電池のアノード極より排出されるアノードオフガスを前記改質器へ循環させる再循環系と、を有し、  
前記再循環系は、エゼクタを備え、  
前記エゼクタの駆動ガス流入口には、前記空気供給器より送出される空気と前記燃料ガス供給器により送出される燃料ガスとを混合した混合ガスが供給され、吸引ガス流入口には、前記アノードオフガスが供給されることを特徴とする燃料電池システム。
- [請求項2] 前記アノードオフガスの循環量を調整する循環量調整器を備えたことを特徴とする請求項1に記載の燃料電池システム。
- [請求項3] 前記エゼクタの昇圧量に応じて前記循環量調整器を制御する制御部を備えたことを特徴とする請求項2に記載の燃料電池システム。
- [請求項4] 前記再循環系は、前記空気供給器より送出される空気とは別に、前記改質器に空気を供給する空気供給口を有し、  
前記空気供給口より前記改質器に空気を供給する空気供給器をさらに備えたことを特徴とする請求項1に記載の燃料電池システム。
- [請求項5] 前記エゼクタから排出されるエゼクタ排出ガスがエゼクタの吸引ガス流入口まで循環する間の圧損に応じて、前記空気供給器を制御する制御部を備えたことを特徴とする請求項4に記載の燃料電池システム。
- [請求項6] 前記再循環系は、前記アノード極の出口と前記エゼクタの吸引ガス流入口との間に、前記アノードオフガスの温度を調整する温度調整器を備えたことを特徴とする請求項1または2に記載の燃料電池システム。

ム。

[請求項7]

前記温度調整器は、第1熱交換器であり、

前記第1熱交換器の低温側に、前記空気及び前記燃料ガスの少なくとも一方が供給され、前記第1熱交換器の高温側に、前記アノードオフガスが供給されることを特徴とする請求項6に記載の燃料電池システム。

[請求項8]

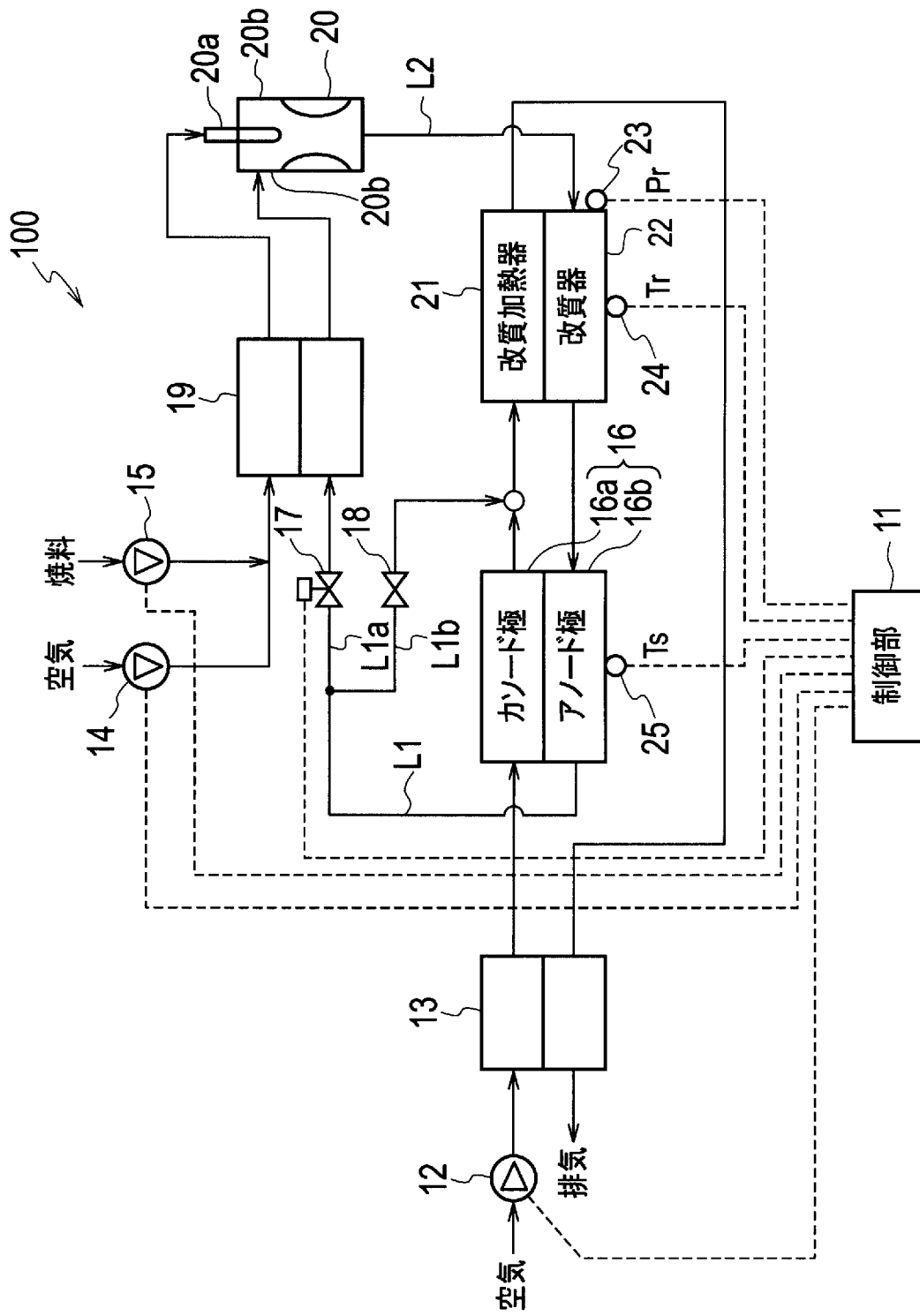
前記温度調整器は、第2熱交換器と、冷却用のガスを供給する冷却ガス供給器とをさらに備え、

前記第2熱交換器の低温側に、前記冷却ガス供給器より送出される冷却ガスが供給され、前記第2熱交換器の高温側に、前記アノードオフガスが供給されることを特徴とする請求項6または7に記載の燃料電池システム。

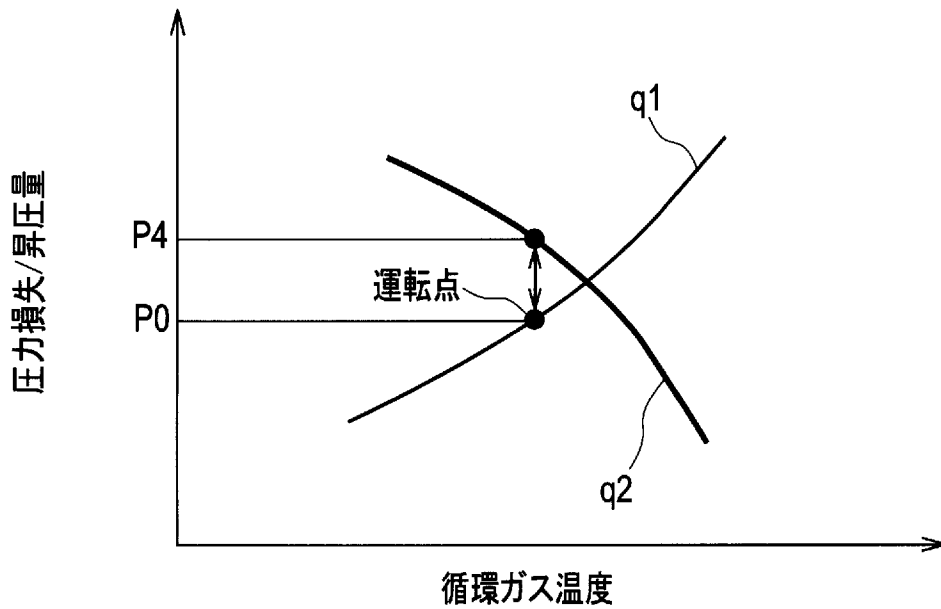
[請求項9]

前記エゼクタから排出されるエゼクタ排出ガスがエゼクタの吸引ガス流入口まで循環する間の圧損に応じて、前記温度調整器を制御する制御部を備えたことを特徴とする請求項6に記載の燃料電池システム。

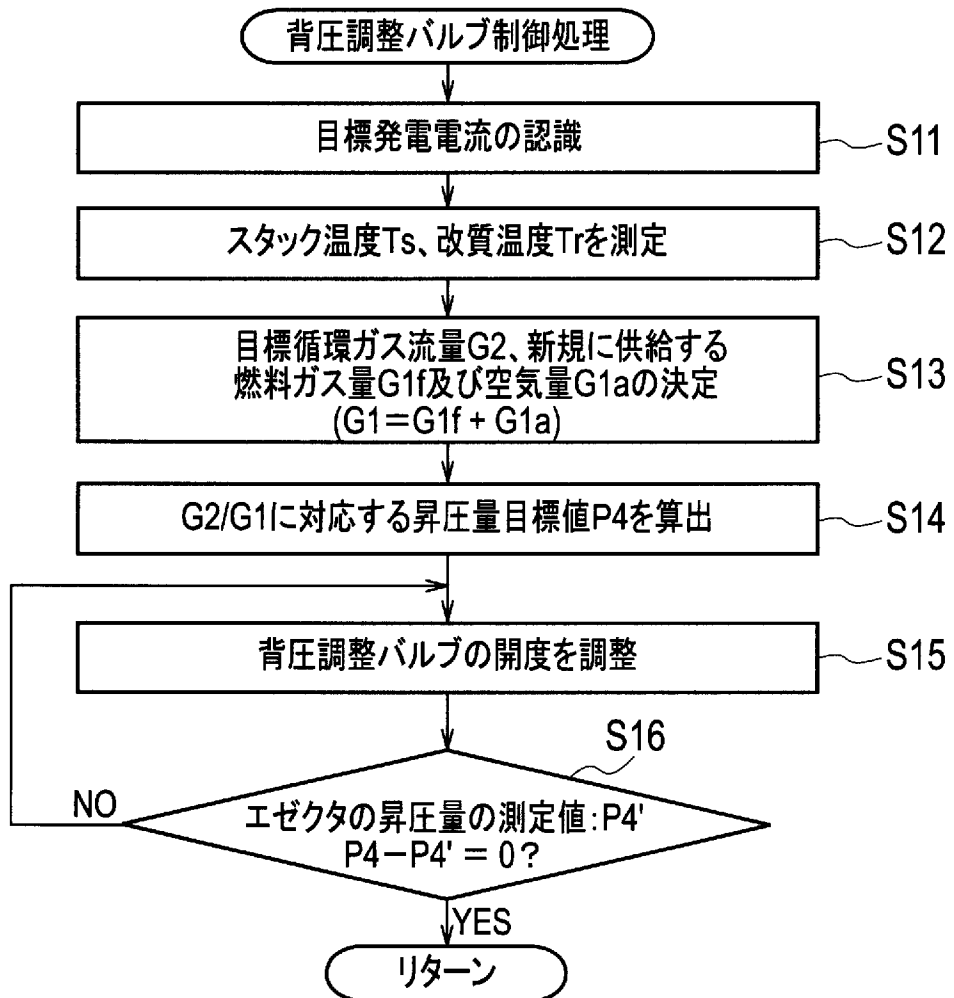
[図1]



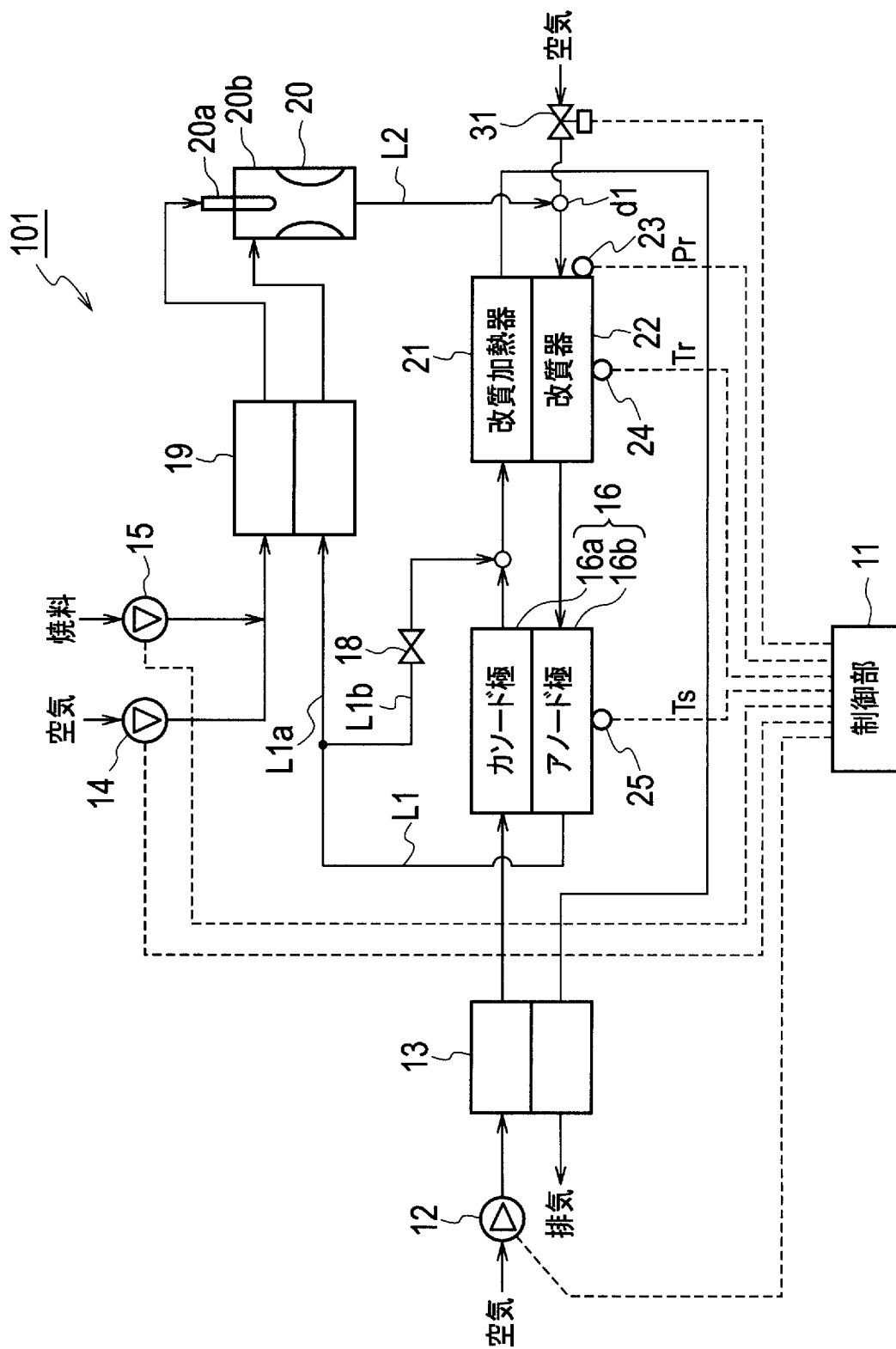
[図2]



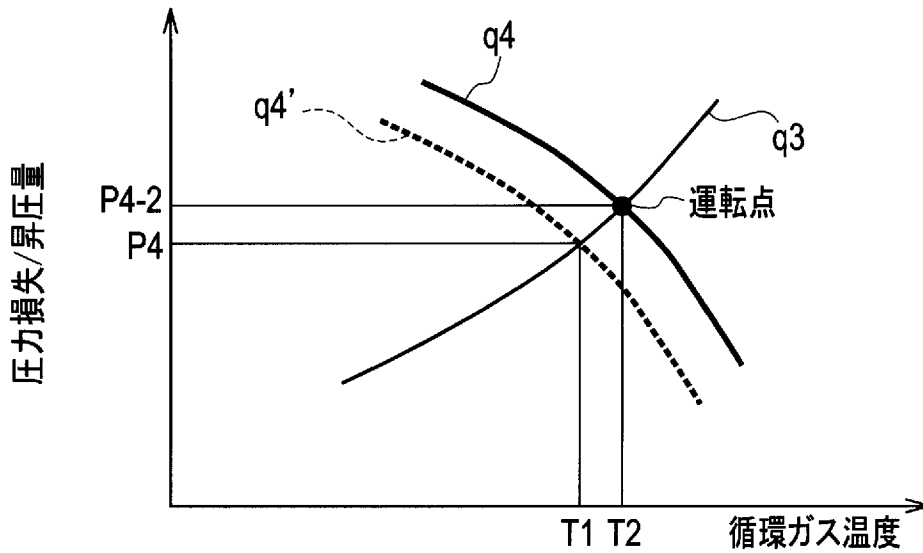
[図3]



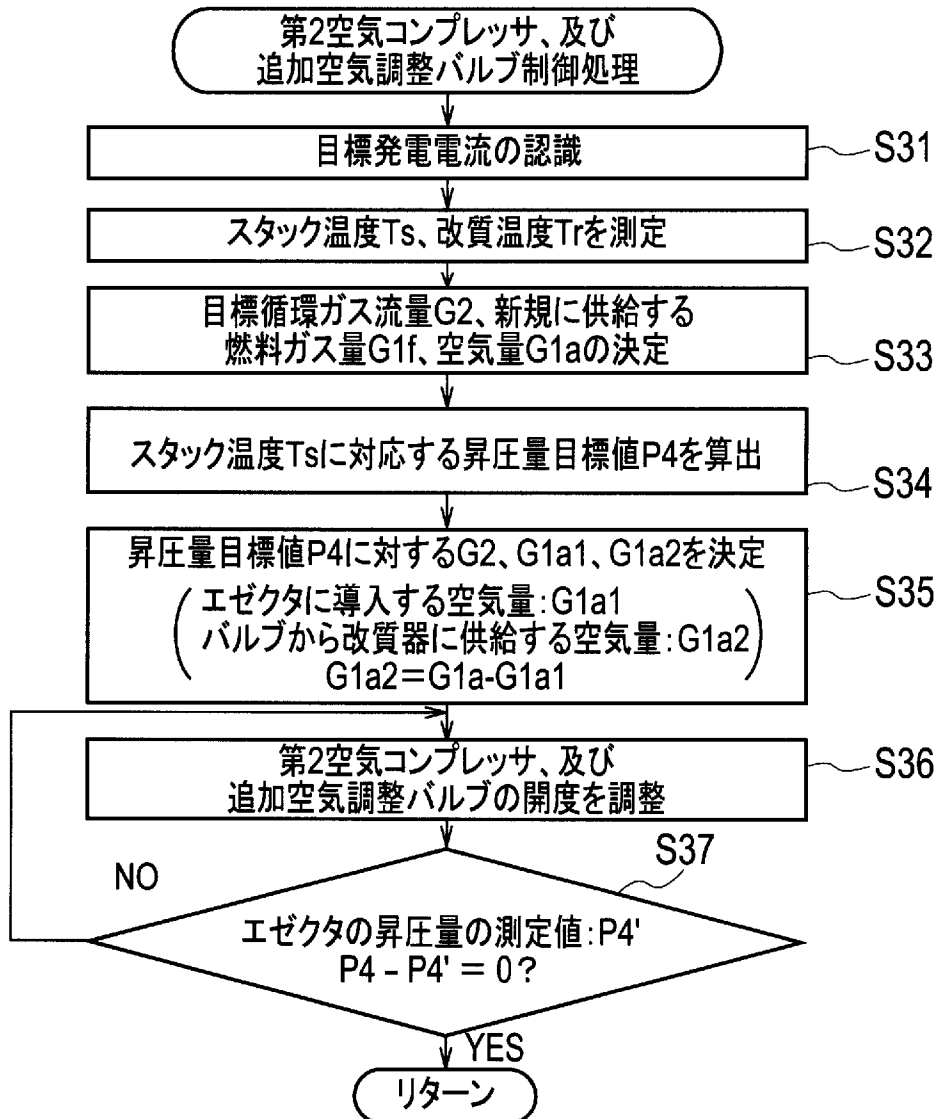
[図4]



[図5]

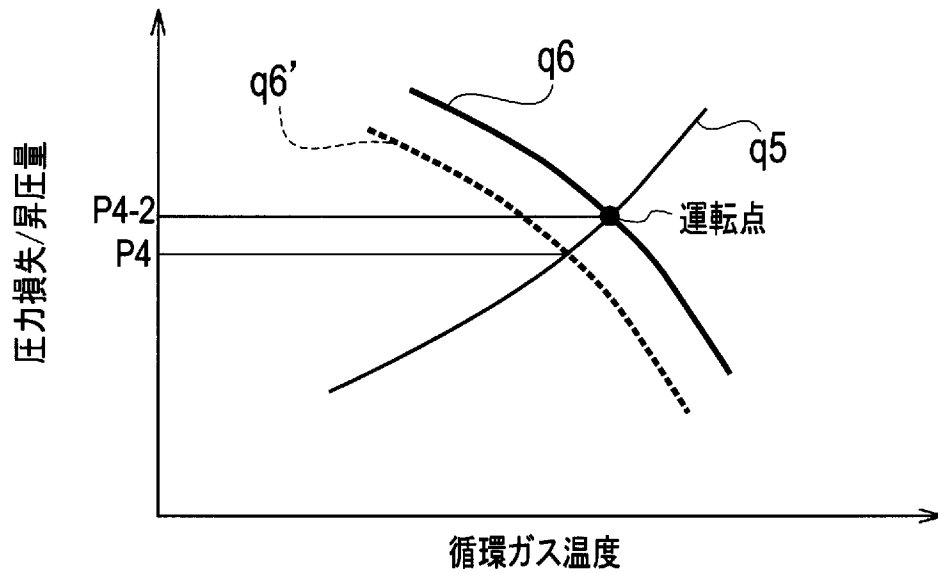


[図6]

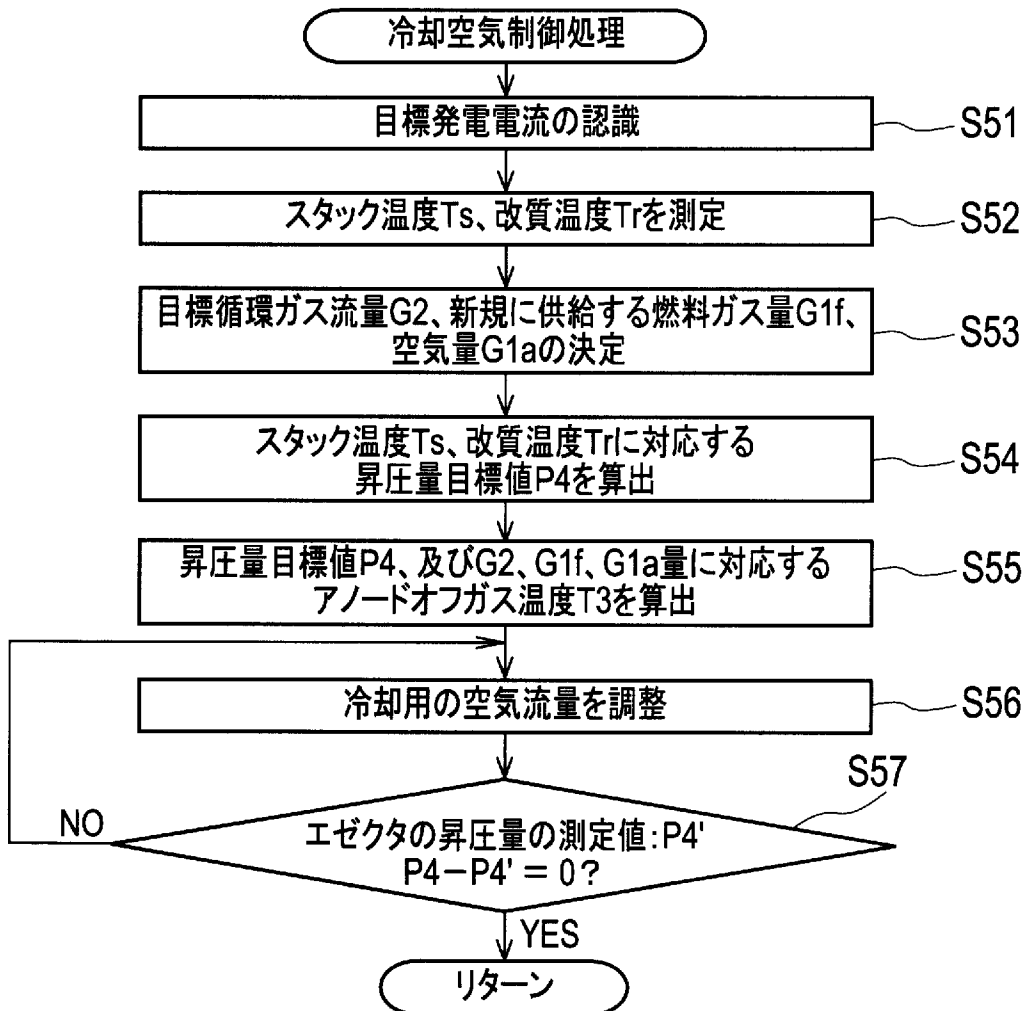




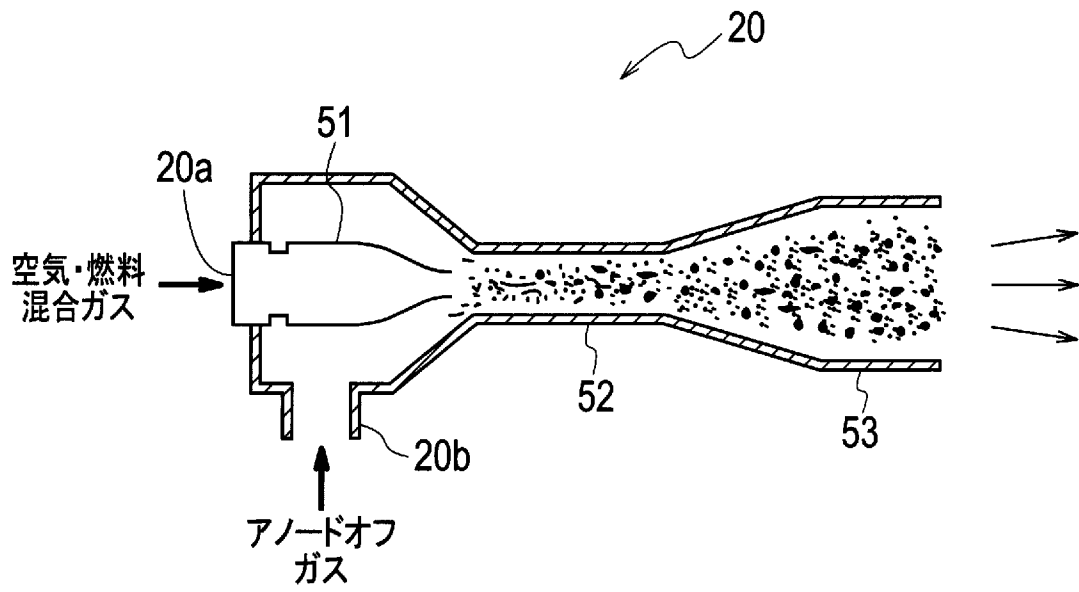
[図8]



[図9]



[図10]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/050693

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01M8/04(2006.01) i, H01M8/06(2006.01) i

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

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01M8/00-8/24

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	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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 Y	JP 2004-199997 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 15 July 2004 (15.07.2004), paragraphs [0026] to [0029], [0054] to [0073]; fig. 16 (Family: none)	1, 4, 6-7 2-3, 5, 8-9
Y	JP 2003-288920 A (Toto Ltd.), 10 October 2003 (10.10.2003), paragraph [0018]; fig. 2 (Family: none)	2-3, 5, 9
Y	JP 2003-109628 A (Toto Ltd.), 11 April 2003 (11.04.2003), paragraphs [0014] to [0016]; fig. 1 (Family: none)	8-9

 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

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
06 April, 2012 (06.04.12)Date of mailing of the international search report  
17 April, 2012 (17.04.12)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2012/050693

**Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)**

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1.  Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
  
2.  Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
  
3.  Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

**Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)**

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The invention of claim 1 does not have a special technical feature which makes a contribution over the prior art, since the invention is disclosed in JP 2004-199997 A. Consequently, the invention of claim 1 and the inventions of claims 2-9 have no technical relationship involving one or more of the same or corresponding special technical features, and therefore cannot be considered to be so linked as to form a single general inventive concept.

1.  As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2.  As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3.  As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
  
4.  No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

**Remark on Protest**

- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- No protest accompanied the payment of additional search fees.

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, H01M8/06(2006.01)i

B. 調査を行った分野  
 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))  
 Int.Cl. H01M8/00-8/24

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 1971-2012年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2012年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2012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	JP 2004-199997 A (三菱重工業株式会社) 2004.07.15, 【0026】 - 【0029】、【0054】 - 【0073】、【図16】 (ファミリー なし)	1、4、6- 7
Y		2-3、5、 8-9
Y	JP 2003-288920 A (東陶機器株式会社) 2003.10.10, 【0018】、 【図2】 (ファミリーなし)	2-3、5、 9
Y	JP 2003-109628 A (東陶機器株式会社) 2003.04.11, 【0014】 - 【0016】、【図1】 (ファミリーなし)	8-9

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	の日の後に公表された文献
「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	「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
「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	「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
「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)	「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
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 06.04.2012	国際調査報告の発送日 17.04.2012
--------------------------	--------------------------

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) 菊地 牧子	3H	4413
	電話番号 03-3581-1101 内線 3316		

## 第II欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第1ページの2の続き)

法第8条第3項 (PCT17条(2)(a))の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1.  請求項 \_\_\_\_\_ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
  
2.  請求項 \_\_\_\_\_ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
  
3.  請求項 \_\_\_\_\_ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

## 第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第1ページの3の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。

請求項1に係る発明は、文献JP JP 2004-19997 Aに開示されているから、先行技術に対する貢献をもたらす技術的特徴を有さない。したがって、請求項1に係る発明と、請求項2-9に係る発明とは、一又は二以上の同一又は対応する特別な技術的特徴を含む技術的な関係にないから、単一の一般的発明概念を形成するように連関しているものとは認められない。

1.  出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2.  追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3.  出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4.  出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

## 追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。