

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2012-160361
(P2012-160361A)

(43) 公開日 平成24年8月23日(2012.8.23)

| | | |
|----------------------|--------------|-------------|
| (51) Int.Cl. | F I | テーマコード (参考) |
| HO 1M 8/04 (2006.01) | HO 1M 8/04 J | 5H027 |
| HO 1M 8/06 (2006.01) | HO 1M 8/06 G | |
| | HO 1M 8/06 B | |

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2011-19599 (P2011-19599)
(22) 出願日 平成23年2月1日(2011.2.1)

(71) 出願人 000003997
日産自動車株式会社
神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地
(74) 代理人 100083806
弁理士 三好 秀和
(74) 代理人 100100712
弁理士 岩▲崎▼ 幸邦
(74) 代理人 100095500
弁理士 伊藤 正和
(74) 代理人 100101247
弁理士 高橋 俊一
(74) 代理人 100098327
弁理士 高松 俊雄

最終頁に続く

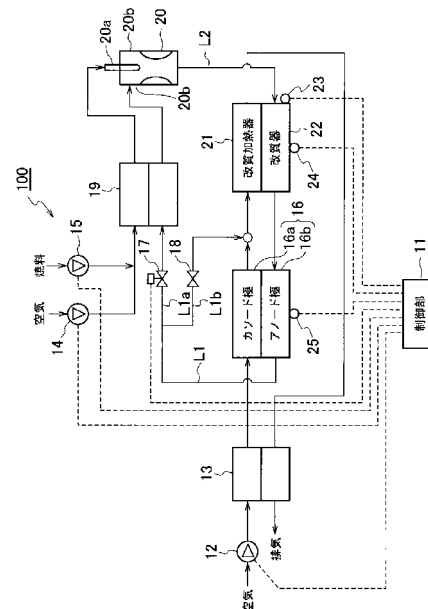
(54) 【発明の名称】 燃料電池システム

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 改質器の炭素析出劣化や改質率の低下を抑制しつつ、エゼクタの昇圧圧力を高めてシステム全体の効率を向上させることが可能な燃料電池システムを提供する。

【解決手段】 燃料電池 16 より排出されるアノードオフガスの一部を循環ガスとして、エゼクタ 20 の吸引ガス流入口 20 b に供給し、第 2 空気ブロウ 14 より供給される空気、及び燃料ポンプ 15 より供給される燃料ガスを混合した混合ガスを高圧でエゼクタ 20 の駆動ガス流入口 20 a に供給する。そして、エゼクタ 20 より、空気、燃料ガス、アノードオフガスが混合したエゼクタ排出ガスが昇圧されて出力され、このエゼクタ排出ガスが改質器 22 に供給する。従って、駆動ガス流入口 20 a に空気を添加することにより、エゼクタ 20 の昇圧圧力を高めることができ、システム全体の効率を向上させることができる。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

空気を供給する空気供給手段と、
燃料ガスを供給する燃料ガス供給手段と、
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、且つ、
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の一部を前記改質器へ循環させる循環手段と、を有し、
前記循環手段はエゼクタを備え、該エゼクタの駆動ガス流入口には、前記空気供給手段より送出される空気と前記燃料ガス供給手段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。

10

【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手段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圧力に応じて前記循環量調整手段を制御する制御手段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。

20

【請求項 4】

前記循環手段は、前記空気供給手段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手段を更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】

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手段を制御する制御手段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】

前記循環手段は、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手段を備えたことを特徴とする請求項 1 または請求項 2 のいずれかに記載の燃料電池システム。

30

【請求項 7】

前記温度調整手段は、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、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】

第 2 熱交換器と、冷却用のガスを供給する冷却ガス供給手段とを更に備え、
前記第 2 熱交換器の低温側に、前記冷却ガス供給手段より送出される冷却ガスが供給され、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 または請求項 7 のいずれかに記載の燃料電池システム。

40

【請求項 9】

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手段を制御する制御手段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。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

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

50

【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、燃料極側に水（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、空気極側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で伝導して燃料極に到達し、該燃料極にて水素や一酸化炭素と反応して水（水蒸気）や二酸化炭素、及び電子が生成され、電気エネルギーとして取り出すことができる。

10

【0003】

また、SOFCのように、燃料極側に水が発生する燃料電池システムでは、燃料ガスの利用効率を向上させて燃費を向上させるために、燃料電池で消費されずに燃料排出口より排出される、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）を燃料電池の燃料供給側に戻し、新たな燃料ガスと混合した状態で再度燃料電池に供給することにより、燃料ガスをリサイクルして利用する方式が提案されている（例えば、特許文献1参照）。

【0004】

また、改質器と燃料電池から構成させる燃料電池システムにおいて、燃料極側に水が生成される燃料電池では、アノードオフガスに水蒸気が含まれるので、この水蒸気を含む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行われている（特許文献2参照）。この場合には、燃料電池システムの動作温度が低下する場合においても、改質器での改質率を低下させないため、アノードオフガスのうち、循環するガス量比率である循環率を向上させることが必要となる。

20

【0005】

更に、特許文献3には、燃料電池の下流側にガス分離器を設置し、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、ガス分離器によって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用いて昇圧して改質器へ循環させることにより、効率を向上させる技術が開示されている。該特許文献3では、燃料電池のアノードオフガスを循環させるために、エゼクタを用いている。エゼクタは、駆動ガス流入口であるノズルより駆動ガスを高速で流すことにより、その噴流の周りのガス（吸引ガス流入口より供給されるガス）を吸引することができ、エゼクタ出口では、駆動ガスと吸引ガスの混合ガスが昇圧されて排出されることになる。

30

【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昇圧圧力（静圧）に変換する機能を備えており、駆動ガスの質量流量 G_1 を設定すると、システム圧損分に相当する要求昇圧圧力が決まると、この昇圧圧力に反比例する駆動ガスの質量流量 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（これを、「 G_2/G_1 比」とする）となるように、吸引ガスを吸引する。そして、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と、改質器での水蒸気改質の改質率を向上させるために循環率を高める場合、 G_2/G_1 比が大きくなる。しかし、駆動ガスとして燃料ガスのみを用いる場合には、エゼクタで昇圧可能な圧力には限界があり、 G_2/G_1 比を所望する数値まで大きくすることができない場合がある。

40

【0007】

例えば、燃料ガスのみを駆動ガスとしてエゼクタのノズルに供給して循環ガス（アノードオフガス）を吸引する場合で、循環率50%以上とする場合には、この循環ガスを十分に昇圧できないことが有り、その分、改質器、及び燃料電池での圧力損失を低減して大型化せざるを得ず、改質器、及び燃料電池を十分に小型化できないという問題が発生する。

【0008】

そこで、改質器、及び燃料電池を十分に小型化するために、エゼクタの昇圧圧力を大き

50

くしようとする、循環ガス流量 G_2 に限界が生じ、改質器で必要とす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る触媒の劣化が生じるという問題が発生する。

【0009】

また、特許文献3のように、アノードオフガスから、再利用する水蒸気と水素のみを分離して循環することにより、 G_2 / G_1 比を小さくして昇圧圧力を大きくし、改質器が必要とする水蒸気量を供給できる可能性がある。しかし、特許文献3で使用しているガス分離器は、出入りのガス圧力差で水蒸気、及び水素を分離するので、分離器に出入りのガス圧力差が必要となり、燃料電池や改質器を小型化することは困難である。また、システムが大型化し、水蒸気、及び水素を分離のための圧力制御等、制御が複雑化するという問題がある。

10

【0010】

更に、改質器は、改質器単体の改質効率は高いものの、アノードオフガスの循環率を大きくすると、アノードオフガスの残部（循環させない分）の流量が減少するため、改質器を加熱するための加熱器による発熱量が不足し、この加熱器に追加燃料を導入する必要があり、結局システム効率の低下を招いてしまうと問題が生じる。

【0011】

また、アノードオフガスの循環率を低く設定し、改質器で不足する水蒸気を追加で導入する場合には、追加水蒸気を加熱生成するためにエネルギーを使うこととなり、システム効率が低下するという問題が生じる。

20

【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に記載された従来例では、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という問題が発生する。

30

【0014】

本発明は、このような従来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、エゼクタの昇圧圧力を高めてシステム全体の効率を向上させ、且つ、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】

上記目的を達成するため、本願請求項1に記載の発明は、空気を供給する空気供給手段と、燃料ガスを供給する燃料ガス供給手段と、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、且つ、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の一部を前記改質器へ循環させる循環手段と、を有し、前記循環手段はエゼクタを備え、該エゼクタの駆動ガス流入口には、前記空気供給手段より送出される空気と前記燃料ガス供給手段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。

40

【発明の効果】

【0016】

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、駆動ガスの質量流量 G_1 を大きくすることができ、エゼクタの G_2

50

/G 1 比を小さくできるため、昇圧圧力を大きくすることができる。これにより、燃料電池や改質器を小型化することができる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】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】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、及びエゼクタ昇圧圧力との関係を示す特性図である。

【図3】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】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】本発明の第2実施形態に係る燃料電池システムの、循環ガス温度とシステム圧損、及びエゼクタ昇圧圧力との関係を示す特性図である。

【図6】本発明の第2実施形態に係る燃料電池システムの、第2空気ブロア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】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】本発明の第3実施形態に係る燃料電池システムの、循環ガス温度とシステム圧損、及びエゼクタ昇圧圧力との関係を示す特性図である。

【図9】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】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】

【0018】

以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。

【0019】

[第1実施形態の説明]

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とアノード極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、該改質器22を加熱する改質加熱器21と、改質器22に空気、燃料ガス、及びアノードオフガスを混合したガスを昇圧して供給するエゼクタ20と、を備えている。

【0020】

燃料ガスとしては、水素やCH₄を主成分とする天然ガスの他、バイオエタノール、GTL、CTL、BTL等のバイオ燃料、プロパン、ブタン、ガソリン、ディーゼル、灯油などを用いることができる。

【0021】

改質器22は、空気と水蒸気を導入したATR改質モードで反応し、改質加熱器21を具備しない断熱構造として熱自立型の改質器とすることもできるし、アノードオフガスの残部を燃焼させる改質加熱器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とすることもできる。

【0022】

また、燃料電池システム100は、燃料電池16のカソード極16aに空気を供給する第1空気ブロワ12（空気供給手段）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より出力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空気ブロワ14（空気供給手段）と、燃料ガスを送出する燃料ポンプ15（燃料ガス供給手段）と、第1熱交換器19と、を備えている。

【0023】

燃料電池16は、カソード極16a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16b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、該燃料電池16は、アノード極16bに水（水

10

20

30

40

50

蒸気)が発生することになり、該アノード極16b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16bの出口は流路L1に接続され、更に、該流路L1は、2つの流路L1a、L1bに分岐され、このうち一方の流路L1aは、背圧調整バルブ17(循環量調整手段)を經由して第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L1bは、バタフライバルブ18を經由して改質加熱器21のガス供給口に接続されている。更に、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20bに接続されている。

【0024】

第2空気ブロワ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20aに接続されている。従って、第2空気ブロワ14より出力される空気と、燃料ポンプ15より出力される燃料ガス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、エゼクタ20の駆動ガス流入口20aに供給される。

10

【0025】

また、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、エゼクタ20の吸引ガス流入口20bに供給される。更に、アノードオフガスの一部は、流路L1b、及びバタフライバルブ18を經由して改質加熱器21に供給される。

【0026】

エゼクタ20は、駆動ガス流入口20aに供給されるガスの圧力により、吸引ガス流入口20bに供給されるガスを誘引し、これらのガスを混合したガス(以下、「エゼクタ排出ガス」という)を所定の昇圧圧力で昇圧して排出する機能を備える。本実施形態では、駆動ガス流入口20aに空気と燃料の混合ガスが供給され、吸引ガス流入口20bに、アノードオフガス(循環ガス)が供給されるので、混合ガスの圧力により、アノードオフガスが誘引され、これらが混合されたガス(エゼクタ排出ガス)が昇圧されてエゼクタ20より排出される。このエゼクタ排出ガスは、流路L2を經由して改質器22に供給される。

20

【0027】

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。

30

【0028】

また、改質器22には、該改質器22の入口圧力を検出する圧力センサ23(圧力測定手段)と、該改質器22の温度を測定する改質器温度センサ24(改質器温度測定手段)が設けられている。更に、燃料電池16には、該燃料電池16のスタック温度を測定するスタック温度センサ25(燃料電池温度測定手段)が設けられている。

【0029】

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空気ブロワ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を備えており、後述する手法によりそれぞれ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。

40

【0030】

そして、制御部11は、圧力センサ23にて測定される改質器圧力データと、改質器温度センサ24で測定される改質器温度データと、スタック温度センサ25で測定されるスタック温度(燃料電池温度)に基づいて、アノードオフガスの循環量を求め、求めた循環量に基づいて背圧調整バルブ17の開度を制御する機能を備える。なお、アノードオフガスの循環量は、改質器圧力データ、改質器温度データ、及びスタック温度データのうちの

50

少なくとも一つを用いて求めることも可能である。

【0031】

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。図示のように、エゼクタ20は、中央部にノズル51を備えており、該ノズル51の端部が駆動ガス流入口20aとされている。また、該ノズル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。

【0032】

そして、駆動ガス流入口20aより空気と燃料ガスを混合した高圧の混合ガスを流入すると、ノズル51より高速流で噴射され、吸引ガス流入口20bからアノードオフガスを吸引する。駆動ガスである空気、燃料ガスと吸引されたアノードオフガスが混合部52内で混合して流速が均一化することにより、アノードオフガスは混合前より昇圧され、その後段のデフューザ53の端部において平均流速が減速してさらに昇圧し、図1に示す改質器22に供給される。

10

【0033】

次に、燃料電池16のスタック温度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圧力との関係について説明する。なお、スタック温度と循環ガス温度は等しいものとする。

【0034】

図2は、循環ガス温度(スタック温度)の変化に対する、システム圧損、及びエゼクタ20の昇圧圧力の関係を示す特性図である。曲線q1はシステム圧損の変化を示し、曲線q2はエゼクタ20の昇圧圧力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20から排出されるエゼクタ排出ガスが、改質器22、アノード極16b、及び第1熱交換器19を経由してエゼクタ20の吸引ガス流入口20bに到達するまでの間に低下する圧力の大きさであって、背圧調整バルブ17での圧力低下分を除いたものである。図2の曲線q1に示すように、スタック温度が高くなるにつれて、圧力損失は増加する。そして、燃料電池システム100は、この特性曲線上のいずれかの点で運転されることになる。

20

【0035】

また、曲線q2は、エゼクタ20において、駆動ガスの質量流量G1と循環ガス流量(吸引ガスの質量流量)G2との比率、即ち、 $G2/G1$ 比を所望する数値に設定したときの、循環ガス温度T2と昇圧圧力との関係を示している。図2の曲線q2に示すように、循環ガス温度が高くなるにつれて、昇圧圧力が低下することが判る。

30

【0036】

本実施形態では、背圧調整バルブ17での圧損を除いたシステム圧損が圧力(P0)となる運転点で燃料電池システム100を運転し、この場合に改質器22が良好に改質するために要求される空気、燃料、アノードオフガスの循環ガスの流量条件時において、エゼクタ20は昇圧圧力P4がP0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での圧損を含むシステム圧損がP4になるよう背圧調整バルブ17の開度を調整する。換言すれば、燃料電池システム100の運転点でのシステム圧損(背圧調整バルブ17での圧損を除く)よりも若干高くなるような昇圧能力を有するようにエゼクタ20を構成し、且つ、 $G2/G1$ 比が所望の数値となるように、第2空気ブロウ14より送出する空気量を調整し、この状態で、背圧調整バルブ17を調整することにより、所望するスタック温度、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。

40

【0037】

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。

50

【 0 0 3 8 】

ステップ S 1 2 において、制御部 1 1 は、スタック温度センサ 2 5 で測定される燃料電池 1 6 のスタック温度 T_s 、及び、改質器温度センサ 2 4 で測定される改質器 2 2 の改質温度 T_r を取得する。

【 0 0 3 9 】

ステップ S 1 3 において、制御部 1 1 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 G_2 と、改質器 2 2 に新規に供給する燃料ガス量 G_{1f} 、及び空気量 G_{1a} を決定する。なお、駆動ガスの質量流量 G_1 は、上記の燃料ガス量 G_{1f} と空気量 G_{1a} とを加算した数値（即ち、 $G_1 = G_{1f} + G_{1a}$ ）となる。

【 0 0 4 0 】

ステップ S 1 4 において、制御部 1 1 は、エゼクタ 2 0 における駆動ガスの質量流量 G_1 と循環ガス流量 G_2 との比率（ G_2 / G_1 比）に対応する目標圧力 P_4 を演算する。

【 0 0 4 1 】

ステップ S 1 5 において、制御部 1 1 は、背圧調整バルブ 1 7 に制御信号を送信して、背圧調整バルブ 1 7 での圧損を含むシステム圧損が目標圧力 P_4 に達するように、該背圧調整バルブ 1 7 の開度を制御してアノードオフガスの循環量を調整する。

【 0 0 4 2 】

ステップ S 1 6 において、制御部 1 1 は、背圧調整バルブ 1 7 での圧損を含むシステム圧損の測定値 $P_{4'}$ が、目標圧力 P_4 と等しくなったか否かを判定する。即ち、 $P_4 - P_{4'} = 0$ となったか否かを判定する。

【 0 0 4 3 】

そして、 $P_4 - P_{4'} = 0$ でないと判定された場合（ステップ S 1 5 で NO）には、ステップ S 1 5 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 1 5 で YES）には、本処理を終了する。こうして、背圧調整バルブ 1 7 の開度を調整することにより、改質器 2 2 や燃料電池 1 6 が必要となる空気、燃料、アノードオフガスの循環ガスの流量を保持しながら、背圧調整バルブ 1 7 での圧損を含むシステム圧損合計をエゼクタ 2 0 の昇圧圧力 P_4 となるように制御できる。このようにして、第 1 実施形態に係る燃料電池システム 1 0 0 では、アノードオフガスの一部を循環させて改質器 2 2 に戻す際に、空気と燃料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。

【 0 0 4 4 】

即ち、エゼクタ 2 0 の駆動ガスとして、燃料ガスに加えて空気を添加することにより、駆動ガスの質量流量 G_1 を大きくすることができ、エゼクタ 2 0 の G_2 / G_1 比を小さくでき、ひいては、昇圧圧力を大きくすることができる。これにより、燃料電池 1 6 や改質器 2 2 を小型化することができる。また、昇圧圧力を確保しつつ、アノードオフガスの循環率を向上させるとともに改質器 2 2 に空気を添加することができるので、新規に水を気化して導入する必要が無い。これにより、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。

【 0 0 4 5 】

また、背圧調整バルブ 1 7 の開度を調整することにより、アノードオフガスの循環量を制御し、エゼクタ 2 0 の昇圧圧力を所望する圧力に制御するので、改質器 2 2 に導入するガスの圧力を所望する圧力に設定することができる。更に、エゼクタ 2 0 の昇圧圧力を向上させることができたため、燃料電池 1 6、及び改質器 2 2 を小型化して設計することができる。

【 0 0 4 6 】

また、炭化水素燃料の炭素数が多い、ガソリンや灯油等を燃料として使用する場合であっても、空気を添加することにより、新規に水蒸気を導入する必要がなく、触媒劣化を抑制することができる。更に、少量の空気を添加することにより、改質するために必要となる熱量を低減することができるので、改質加熱器 2 1 への追加燃料を不要とすることができる。

【 0 0 4 7 】

10

20

30

40

50

更に、第1熱交換器19を設けて、アノードオフガスが有する熱により、第2空気プロワ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を加熱するので、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、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る。よって、循環ガスの循環率を安定化させることができる。更に、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】

また、背圧調整バルブ17を設けて背圧調整バルブ17での圧損を含むシステム圧損合計を安定化制御することにより、燃料電池16や改質器22の運転時の温度変動に伴って燃料電池16や改質器22の圧力損失変動が生じた場合でも、改質器22に必要な循環ガス量を一定値に安定化させることができる。その結果、電力出力が安定化するとともに、改質器22の劣化を抑制できる。

10

【0049】

[第2実施形態の説明]

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、前述した第1実施形態に係る燃料電池システム100(図1)と対比して、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、該空気供給口d1に追加空気調整バルブ31(空気供給手段)が接続されて改質器22に供給する空気を調整可能としている点、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、で相違している。

20

【0050】

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、燃料量、アノードオフガスの循環量、エゼクタ20の昇圧圧力を求める。更に、制御部11は、求めた空気量、燃料量、アノードオフガスの循環量、及びエゼクタ20の昇圧圧力、及び圧力センサ23で測定される圧力に基づいて、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空気と燃料ガスを駆動ガスとして用いた場合に、昇圧圧力がシステム圧損に一致するように設計されている。

30

【0051】

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。

【0052】

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。

【0053】

定格運転時において、要求される発電電流を認識し、改質器22の温度 T_r とスタック温度 T_s に基づいて、発電に必要な空気量 G_{1a} 及び燃料ガス量 G_{1f} 、循環ガス量 G_2 を算出する。一方、スタック温度 T_s に基づいて、システム圧損 P_4 (図5参照)を算出し、循環ガス量 G_2 、燃料ガス量 G_{1f} の時にエゼクタ20の昇圧圧力が P_4 となる駆動ガス用空気量 G_{1a1} を算出する。また、追加空気調整バルブ31を調整し、バルブ31より供給される空気量を $G_{1a2}(=G_{1a}-G_{1a1})$ とする。

40

【0054】

この際、空気量 G_{1a1} を調整してシステム圧損に一致するようエゼクタ20の昇圧圧力を調整するため、改質器22での改質に必要な空気が「 $G_{1a}-G_{1a1}$ 」分だけ不足するので、この差分となる空気量(即ち、 G_{1a2})を、追加空気調整バルブ31を経由して、改質器22に空気を直接供給する。

【0055】

図5は、循環ガス温度と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

50

クタ20の昇圧圧力との関係(曲線 q_4 , q_4')を示す特性図である。そして、例えば図5に示すように、循環ガス温度 t_1 、圧力 P_4 でシステムを運転しているときに、燃料電池16のスタック温度が上昇した場合(温度 t_2)には、エゼクタ20が要求されるシステム圧損(エゼクタ20の昇圧圧力)が上昇する。そこで、第2空気ブロア14より供給する空気量 G_{1a1} を増加して G_2 / G_1 比を低下させる。これにより、エゼクタ20の昇圧圧力は曲線 q_4' から曲線 q_4 に変化するので、システムが要求する圧力 P_4-2 を運転点とすることができる。

【0056】

しかし、この場合には、エゼクタ駆動ガスとして供給する空気量が増加するので、本実施形態では、増加した空気量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} を減少させることにより、改質器22に供給する空気量を調整する。

10

【0057】

つまり、本実施形態では、改質器が必要とする空気流量 G_{1a} より少ない空気流量 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、システム圧損が変化した場合に、第2空気ブロア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、及び圧力が所望の数値となるように制御することができる。

【0058】

以下、図6に示すフローチャートを参照して、第2空気ブロア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S31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。

20

【0059】

ステップS32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。

【0060】

ステップS33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 と、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。

30

【0061】

ステップS34において、制御部11は、スタック温度 T_s に対応する目標圧力 P_4 を算出する。

【0062】

ステップS35において、制御部11は、ステップS34で求めた目標圧力 P_4 に対して、循環ガス流量 G_2 、第2空気ブロア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。

【0063】

ステップS36において、制御部11は、第2空気ブロア14より供給される空気量がステップS35で決定された空気量 G_{1a1} となるように第2空気ブロア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S35で決定された空気量 G_{1a2} となるように、該追加空気調整バルブ31の開度を調整する。

40

【0064】

ステップS37において、制御部11は、エゼクタ20の昇圧圧力の測定値 P_4' が、目標圧力 P_4 と等しくなったか否かを判定する。即ち、 $P_4 - P_4' = 0$ となったか否かを判定する。

【0065】

そして、 $P_4 - P_4' = 0$ でないと判定された場合(ステップS37でNO)には、ステップS36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S37

50

でYES)には、本処理を終了する。こうして、第2空気ブロア14、及び追加空気調整バルブ31の開度を調整することにより、エゼクタ20による昇圧圧力P4が、改質器22で必要とするガス圧力となるように制御することができるのである。

【0066】

このようにして、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の出口と改質器22の入口を接続する流路L2に空気供給口d1を設け、該空気供給口d1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、燃料電池16や改質器22の運転時の温度変動やガス流量変動時等に、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。更に、追加空気調整バルブ31を調整することにより、改質器22に導入するガス組成を設定することが可能になるので、炭素析出劣化を抑制することができる。

10

【0067】

また、第2空気ブロワ14の動力を最小限とすることができ、且つ、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。

【0068】

[第3実施形態の説明]

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、前述した第1実施形態に係る燃料電池システム100(図1)と対比して、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との間に第2熱交換器41を設けている点、該第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を設けている点、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、で相違している。

20

【0069】

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、燃料量、アノードオフガスの循環量、エゼクタ20の昇圧圧力を求める。更に、制御部11は、求めた空気量、燃料量、アノードオフガスの循環量、及びエゼクタ20の昇圧圧力、及び圧力センサ23で測定される圧力に基づいて、エゼクタ20に供給するアノードオフガスの温度を求め、求めた温度に応じて第3空気ブロワ42を制御する機能を備えている。

30

【0070】

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。

【0071】

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、第3空気ブロワ42による空気の供給量を制御することにより、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。

【0072】

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。第3実施形態では、定格運転時にスタック温度に対するシステム圧損P4(主として、改質器22、燃料電池16、配管での圧損)を算出し、目標発電電流値と改質器22の温度 T_r およびスタック温度 T_s に基づいて、発電に必要な循環ガス流量G2、及び第2空気ブロワ14より送出される空気量G1aと燃料ポンプ15より送出される燃料ガス量G1fの合計の流量である駆動ガスの質量流量G1($=G1a+G1f$)を算出する。

40

【0073】

この際、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までの流路となる配管等の断熱性能に依存して、スタック温度 T_s に比例した温度となっている。そして、エゼクタ20に吸引される直

50

前のアノードオフガス温度が定格運転時の温度 T_2 のときに、定格運転時のシステム圧損 P_4 に昇圧できるようにエゼクタ 20 を設計する。

【0074】

図 8 は、循環ガス温度の変化に対するシステム圧損の変化（曲線 q_5 ）、及びエゼクタ昇圧圧力の変化（曲線 q_6 、 q_6' ）を示す特性図である。図 8 において、例えば燃料電池システム 102 が圧力 P_4 （ q_5 と q_6' の交点）で定格運転されているときに、スタック温度が上昇した場合には、エゼクタ 20 に要求される昇圧圧力は、例えば圧力 P_{4-2} に上昇する。このとき、第 2 熱交換器 41 に冷却空気を導入してアノードオフガスの温度を低下させることにより、同一の G_2/G_1 比とした状態でエゼクタ 20 の昇圧特性は、曲線 q_6' から曲線 q_6 に変化する。従って、エゼクタ 20 の昇圧圧力を曲線 q_5 と曲線 q_6 の交点の圧力 P_{-2} まで上昇させることができる。

10

【0075】

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 比でエゼクタ 20 の昇圧圧力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 空気ブロウ 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 の昇圧圧力が定格運転時の圧力 P_4 となるように制御する。

【0076】

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。

20

【0077】

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。

【0078】

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 と、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。

【0079】

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 に対応する目標圧力 P_4 を算出する。

30

【0080】

ステップ S55 において、制御部 11 は、ステップ S54 の処理で求めた目標圧力 P_4 、及び循環ガス流量 G_2 、駆動ガスの質量流量 G_1 （燃料ガス量 G_{1f} と空気量 G_{1a} の合計）とするためのアノードオフガスの温度 T_2 を算出する。

【0081】

ステップ S56 において、制御部 11 は、アノードオフガス温度がステップ S55 の処理で算出した温度 T_2 となるように、第 3 空気ブロウ 42 より送出する冷却空気量を調整する。

40

【0082】

ステップ S57 において、制御部 11 は、エゼクタ 20 の昇圧圧力の測定値 $P_{4'}$ が、目標圧力 P_4 と等しくなったか否かを判定する。即ち、 $P_4 - P_{4'} = 0$ となったか否かを判定する。

【0083】

そして、 $P_4 - P_{4'} = 0$ でないと判定された場合（ステップ S57 で NO）には、ステップ S56 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 S57 で YES）には、本処理を終了する。こうして、第 3 空気ブロウ 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_2 となるように制御することができるのである。

50

【 0 0 8 4 】

このようにして、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の吸引ガス流入口20bの上流側に設けた第2熱交換器41により循環ガス（アノードオフガス）を冷却し、該循環ガスの温度T2を調整して、エゼクタ20の昇圧圧力が所望の圧力となるように制御する。従って、循環ガス温度が変化した場合であっても、エゼクタ20の昇圧圧力を所望の値に維持することができ、且つ循環するアノードオフガス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。

【 0 0 8 5 】

以上、本発明の燃料電池システムを図示の実施形態に基づいて説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、各部の構成は、同様の機能を有する任意の構成のものに置き換えることができる。

10

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 8 6 】

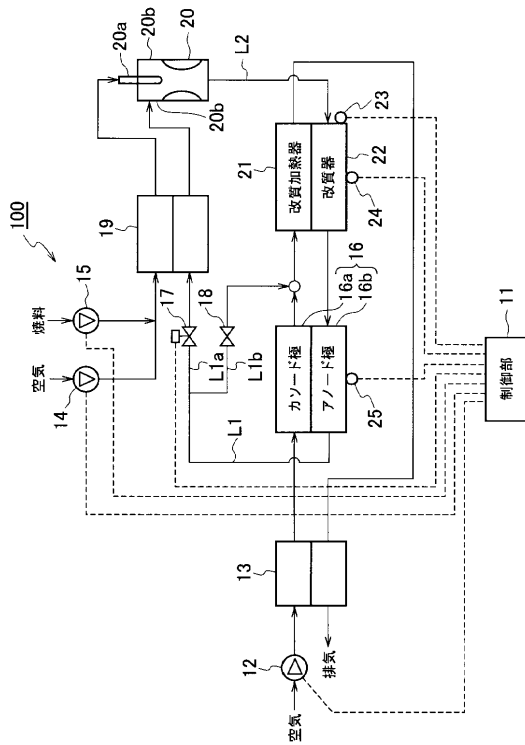
本発明は、燃料電池システムの効率を向上させることに利用することができる。

【 符号の説明 】

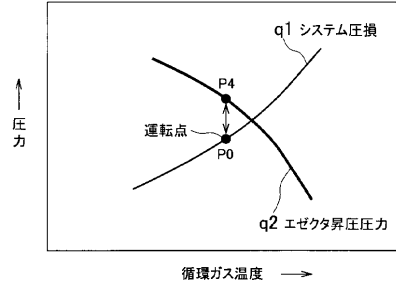
【 0 0 8 7 】

| | | |
|-------|-----------------------|----|
| 1 1 | 制御部 | |
| 1 2 | 第1空気ブロワ | |
| 1 3 | 第3熱交換器 | 20 |
| 1 4 | 第2空気ブロワ | |
| 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 | 30 |
| 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（圧力測定手段） | |
| 2 4 | 改質器温度センサ（改質器温度測定手段） | |
| 2 5 | スタック温度センサ（燃料電池温度測定手段） | |
| 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 | 混合部 | 40 |
| 5 2 | デフューザ | |
| 1 0 0 | 燃料電池システム | |

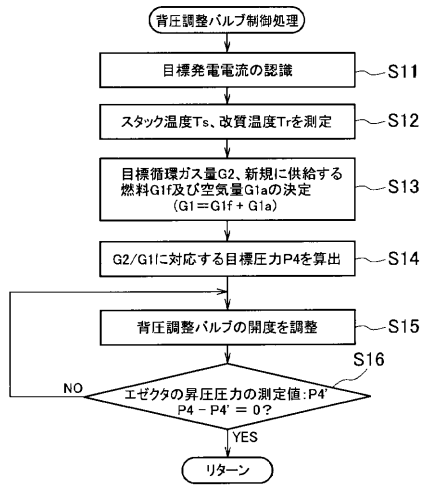
【図1】



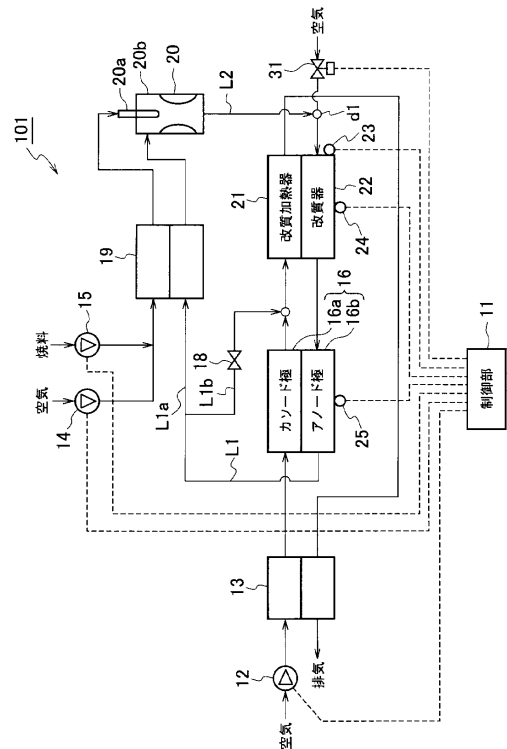
【図2】



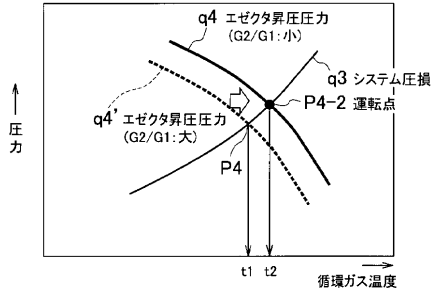
【図3】



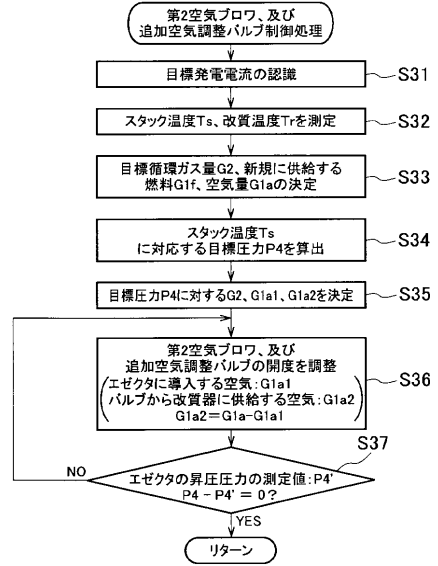
【図4】



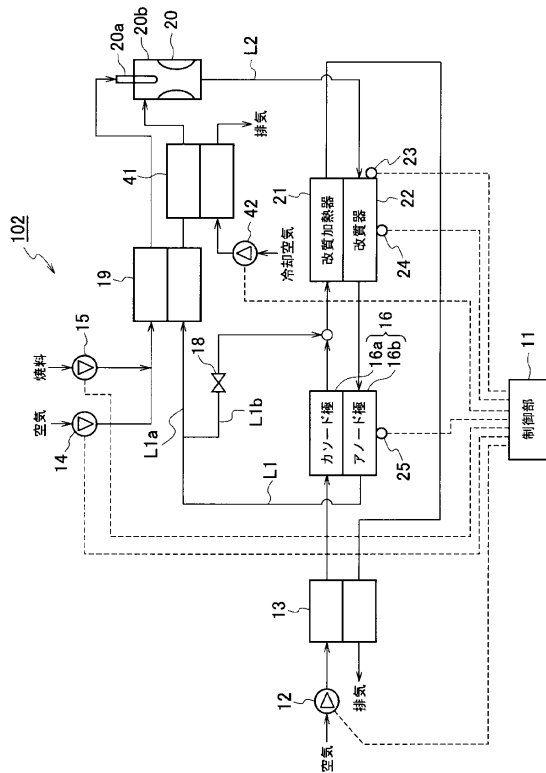
【図5】



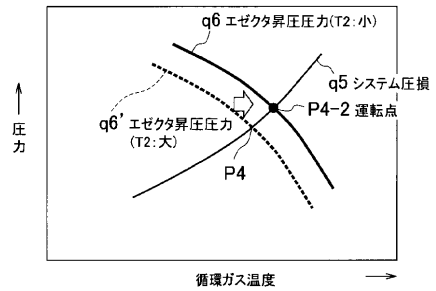
【図6】



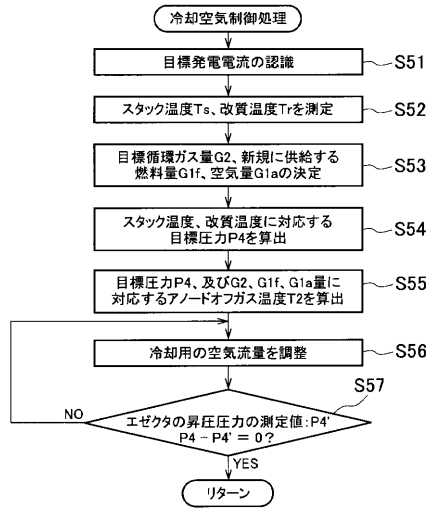
【図7】



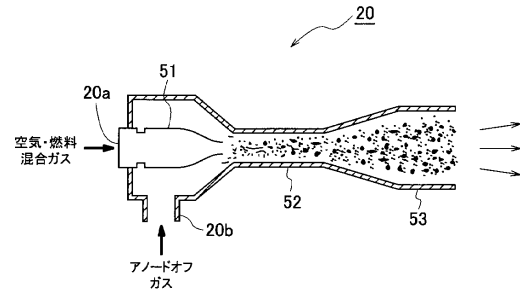
【図8】



【 図 9 】



【 図 1 0 】



フロントページの続き

- (72)発明者 櫛引 圭子
神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内
- (72)発明者 和泉 隆夫
神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内
- (72)発明者 上條 元久
神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内
- Fターム(参考) 5H027 AA02 BA01 BA09 KK21 KK41 MM08