

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3722019号
(P3722019)

(45) 発行日 平成17年11月30日(2005.11.30)

(24) 登録日 平成17年9月22日(2005.9.22)

(51) Int. Cl.⁷

F I

HO 1 M 8/04

HO 1 M 8/04

P

HO 1 M 8/10

HO 1 M 8/04

A

HO 1 M 8/04

T

HO 1 M 8/10

請求項の数 11 (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2001-194934 (P2001-194934)
 (22) 出願日 平成13年6月27日(2001.6.27)
 (65) 公開番号 特開2003-17104 (P2003-17104A)
 (43) 公開日 平成15年1月17日(2003.1.17)
 審査請求日 平成13年11月28日(2001.11.28)

(73) 特許権者 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 100087365
 弁理士 栗原 彰
 (74) 代理人 100100929
 弁理士 川又 澄雄
 (74) 代理人 100095500
 弁理士 伊藤 正和
 (74) 代理人 100101247
 弁理士 高橋 俊一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 燃料電池システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

加湿機能及び水回収機能を有する燃料電池本体と、
 燃料電池本体に水素含有ガスを供給する水素供給系と、
 燃料電池本体に酸素含有ガスを供給する酸素供給系と、
 燃料電池本体の温度を制御する冷却装置と、
 燃料電池本体に水を供給する水供給装置と、
 を有する燃料電池システムにおいて、
 前記燃料電池本体の発熱量を予測する発熱量予測手段と、
 前記冷却装置の冷却性能を予測する冷却性能予測手段と、
 前記予測された発熱量及び前記予測された冷却性能に基づいて燃料電池本体の温度を予測する温度予測手段と、
 前記燃料電池本体の水回収量を予測する水回収量予測手段と、
 前記予測された燃料電池本体の温度及び前記予測された水回収量に基づいて前記燃料電池本体の水回収量を制御する水回収量制御手段と、
 を備えたことを特徴とする燃料電池システム。

【請求項2】

燃料電池本体と、
 燃料電池本体に水素含有ガスを供給する水素供給系と、
 燃料電池本体に酸素含有ガスを供給する酸素供給系と、

燃料電池本体に供給するガスを加湿する加湿装置と、
燃料電池本体から排出されたガスから水を回収する水回収装置と、
燃料電池本体及び前記加湿装置及び前記水回収装置の少なくとも一つに水を供給する水供給装置と、

燃料電池本体及び前記加湿装置及び前記水回収装置の温度を制御する冷却装置と、
を有する燃料電池システムにおいて、

前記燃料電池本体の発熱量を予測する発熱量予測手段と、
前記冷却装置の冷却性能を予測する冷却性能予測手段と、
前記予測された発熱量及び前記予測された冷却性能に基づいて燃料電池システムの温度を予測する温度予測手段と、

10

前記燃料電池本体の水回収量を予測する水回収量予測手段と、
前記予測された燃料電池本体の温度及び前記予測された水回収量に基づいて前記燃料電池本体の水回収量を制御する水回収量制御手段と、
を備えたことを特徴とする燃料電池システム。

【請求項 3】

前記燃料電池システム入口のガス量、ガス温度、ガス湿度をそれぞれ検出あるいは予測する入口ガス状態取得手段を備え、

前記水回収量予測手段は、燃料電池システム入口のガス量、ガス温度、ガス湿度に基づいて水回収量を予測することを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の燃料電池システム。

20

【請求項 4】

前記燃料電池システム出口のガス温度を検出あるいは予測する出口ガス温度取得手段を更に備え、

前記水回収量予測手段は、燃料電池システム入口のガス量、ガス温度、ガス湿度、及び燃料電池システム出口のガス温度に基づいて水回収量を予測することを特徴とする請求項 3 に記載の燃料電池システム。

【請求項 5】

前記燃料電池システム出口のガス量、ガス温度、ガス湿度を検出あるいは予測する出口ガス状態取得手段を更に備え、

前記水回収量予測手段は、燃料電池システム入口及び出口のガス量、ガス温度、ガス湿度に基づいて水回収量を予測することを特徴とする請求項 3 に記載の燃料電池システム。

30

【請求項 6】

前記水回収制御手段は、前記燃料電池システム内の水収支が平衡するように制御することを特徴とする請求項 1 ないし請求項 5 のいずれか 1 項に記載の燃料電池システム。

【請求項 7】

燃料電池システム内の水量を検出する水量検出手段を備え、前記水回収量は前記燃料電池システム内の水量に応じて変化させることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 6 のいずれか 1 項に記載の燃料電池システム。

【請求項 8】

前記燃料電池に供給するガス圧力を制御する圧力制御手段を備え、前記水回収量は、前記ガス圧力によって制御することを特徴とする請求項 1 ないし請求項 7 のいずれか 1 項に記載の燃料電池システム。

40

【請求項 9】

前記燃料電池に供給するガスの利用率を制御する利用率制御手段を備え、前記水回収量は、前記ガス利用率によって制御することを特徴とする請求項 1 ないし請求項 7 のいずれか 1 項に記載の燃料電池システム。

【請求項 10】

前記燃料電池の出力を制御する出力制御手段を備え、前記水回収量は、前記燃料電池の出力によって制御することを特徴とする請求項 1 ないし請求項 7 のいずれか 1 項に記載の燃料電池システム。

50

【請求項 1 1】

前記燃料電池に供給するガスの圧力および利用率を制御する圧力 / 利用率制御手段と、燃料電池システムの効率を予測する効率予測手段と、を備え、

前記ガス圧力および利用率は燃料電池システムの効率が最大となるように制御することを特徴とする請求項 1 ないし請求項 5 のいずれか 1 項に記載の燃料電池システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、燃料電池システムに関し、特に、システム内で必要とされる純水の量を保持しつつ、燃料電池の効率を改善した燃料電池システムに関する。

10

【0002】

【従来の技術】

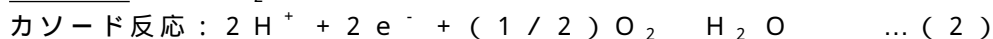
燃料電池システムは、燃料が有する化学エネルギーを直接電気エネルギーに変換する装置であり、電解質膜を挟んで設けられた一对の電極のうち陽極に水素を含有する燃料ガスを供給するとともに、他方の陰極に酸素を含有する酸化剤ガスを供給し、これら一对の電極の電解質膜側の表面で生じる下記の電気化学反応を利用して電極から電気エネルギーを取り出すものである（例えば、特開平 8 - 106914 号公報参照）。

【0003】

【化 1】



20



アノードに供給する燃料ガスは、水素貯蔵装置から直接供給する方法、水素を含有する燃料を改質して改質した水素含有ガスを供給する方法が知られている。水素貯蔵装置としては、高圧ガスタンク、液化水素タンク、水素吸蔵合金タンク等がある。水素を含有する燃料としては、天然ガス、メタノール、ガソリン等が考えられる。カソードに供給する酸化剤ガスとしては、一般的に空気が利用されている。

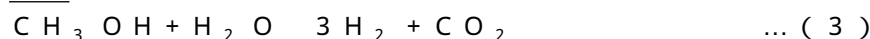
【0004】

こうした燃料電池においては電解質膜の性能を引き出し、発電効率を向上させるためには、電解質膜の水分状態を最適に保つ必要がある。このため、燃料電池に導入する燃料ガス、空気を加湿することが行われる。また前述したように燃料ガスを改質して水素を取り出す場合においては、改質用に水を利用することが行なわれる。例えば、メタノールを改質して水素を取り出す場合には、以下の化学反応式 (3) により水素を取り出している。

30

【0005】

【化 2】



従って、燃料電池を自動車用に利用するためには、燃料電池あるいは改質器を含めた燃料電池システム内で水収支が保たれなければならない。これは、水が不足し、定期的な純水の補給が必要となると燃料電池自動車の実用性が著しく低下するためである。

【0006】

また一方では、燃料電池を運転すると電池から熱が排出される。このため、燃料電池には水等の冷媒を流し、ラジエータ等の熱交換器を用いる冷却装置を設置し、電池からの発熱を車外に放出している。この際の、車外に放出できる熱の量は外気温や車速等の影響を受ける。従って、電池の発熱量が冷却装置の放熱量を上回ると燃料電池の温度が上昇し、運転を続けることが困難になる。よって、燃料電池システムは熱収支が保たれなければならない。

40

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

燃料電池システムの水収支に関する従来技術として、特開平 10 - 172599 号公報には、燃料電池の運転圧力を制御することにより水収支を成立させる技術が開示されている。この従来技術によれば、外気温が高くなった場合には、燃料電池システムから排出さ

50

れる排出ガス含まれる水の量が増加し、システムの水収支が成立しなくなる。この場合に燃料電池の運転圧力を増加させて、燃料電池から排出される水の量を減らすように制御している。しかしながら、運転圧力を増加したガスに含まれる気相の水を液相の水として回収する場合には、水の凝縮熱が発生し、燃料電池システムから外部へ放熱すべき熱量が増加する。このため水収支を改善するために運転圧力を増加していくと、前述した熱収支が成立しなくなり、燃料電池の運転継続が困難になるという問題点があった。

【0008】

以上の問題点に鑑み、本発明の目的は、燃料電池システムの水収支と熱収支を同時に成立させ、しかも効率良く燃料電池を運転することができる燃料電池システムを提供することにある。

10

【0009】

【課題を解決するための手段】

請求項1記載の発明は、上記課題を解決するために、加湿機能及び水回収機能を有する燃料電池本体と、燃料電池本体に水素含有ガスを供給する水素供給系と、燃料電池本体に酸素含有ガスを供給する酸素供給系と、燃料電池本体の温度を制御する冷却装置と、燃料電池本体に水を供給する水供給装置と、を有する燃料電池システムにおいて、前記燃料電池本体の発熱量を予測する発熱量予測手段と、前記冷却装置の冷却性能を予測する冷却性能予測手段と、前記予測された発熱量及び前記予測された冷却性能に基づいて燃料電池本体の温度を予測する温度予測手段と、前記燃料電池本体の水回収量を予測する水回収量予測手段と、前記予測された燃料電池本体の温度及び前記予測された水回収量に基づいて前記燃料電池本体の水回収量を制御する水回収量制御手段と、を備えたことを要旨とする。

20

【0010】

請求項2記載の発明は、上記課題を解決するために、燃料電池本体と、燃料電池本体に水素含有ガスを供給する水素供給系と、燃料電池本体に酸素含有ガスを供給する酸素供給系と、燃料電池本体に供給するガスを加湿する加湿装置と、燃料電池本体から排出されたガスから水を回収する水回収装置と、燃料電池本体及び前記加湿装置及び前記水回収装置の少なくとも一つに水を供給する水供給装置と、燃料電池本体及び前記加湿装置及び前記水回収装置の温度を制御する冷却装置と、を有する燃料電池システムにおいて、前記燃料電池本体の発熱量を予測する発熱量予測手段と、前記冷却装置の冷却性能を予測する冷却性能予測手段と、前記予測された発熱量及び前記予測された冷却性能に基づいて燃料電池システムの温度を予測する温度予測手段と、前記燃料電池本体の水回収量を予測する水回収量予測手段と、前記予測された燃料電池本体の温度及び前記予測された水回収量に基づいて前記燃料電池本体の水回収量を制御する水回収量制御手段と、を備えたことを要旨とする。

30

【0011】

請求項3記載の発明は、上記課題を解決するために、請求項1または請求項2に記載の燃料電池システムにおいて、前記燃料電池システム入口のガス量、ガス温度、ガス湿度をそれぞれ検出あるいは予測する入口ガス状態取得手段を備え、前記水回収量予測手段は、燃料電池システム入口のガス量、ガス温度、ガス湿度に基づいて水回収量を予測することを要旨とする。

40

【0012】

請求項4記載の発明は、上記課題を解決するために、請求項3に記載の燃料電池システムにおいて、前記燃料電池システム出口のガス温度を検出あるいは予測する出口ガス温度取得手段を更に備え、前記水回収量予測手段は、燃料電池システム入口のガス量、ガス温度、ガス湿度、及び燃料電池システム出口のガス温度に基づいて水回収量を予測することを要旨とする。

【0013】

請求項5記載の発明は、上記課題を解決するために、請求項3に記載の燃料電池システムにおいて、前記燃料電池システム出口のガス量、ガス温度、ガス湿度を検出あるいは予測する出口ガス状態取得手段を更に備え、前記水回収量予測手段は、燃料電池システム入口

50

及び出口のガス量、ガス温度、ガス湿度に基づいて水回収量を予測することを要旨とする。

【0015】

請求項6記載の発明は、上記課題を解決するために、請求項1ないし請求項5のいずれか1項に記載の燃料電池システムにおいて、前記水回収制御手段は、前記燃料電池システム内の水収支が平衡するように制御することを要旨とする。

【0016】

請求項7記載の発明は、上記課題を解決するために、請求項1ないし請求項6のいずれか1項に記載の燃料電池システムにおいて、燃料電池システム内の水量を検出する水量検出手段を備え、前記水回収量は前記燃料電池システム内の水量に応じて変化させることを要旨とする。

10

【0017】

請求項8記載の発明は、上記課題を解決するために、請求項1ないし請求項7のいずれか1項に記載の燃料電池システムにおいて、前記燃料電池に供給するガス圧力を制御する圧力制御手段を備え、前記水回収量は、前記ガス圧力によって制御することを要旨とする。

【0018】

請求項9記載の発明は、上記課題を解決するために、請求項1ないし請求項7のいずれか1項に記載の燃料電池システムにおいて、前記燃料電池に供給するガスの利用率を制御する利用率制御手段を備え、前記水回収量は、前記ガス利用率によって制御することを要旨とする。

20

【0019】

請求項10記載の発明は、上記課題を解決するために、請求項1ないし請求項7のいずれか1項に記載の燃料電池システムにおいて、前記燃料電池の出力を制御する出力制御手段を備え、前記水回収量は、前記燃料電池の出力によって制御することを要旨とする。

【0020】

請求項11記載の発明は、上記課題を解決するために、請求項1ないし請求項5のいずれか1項に記載の燃料電池システムにおいて、前記燃料電池に供給するガスの圧力および利用率を制御する圧力/利用率制御手段と、燃料電池システムの効率を予測する効率予測手段と、を備え、前記ガス圧力および利用率は燃料電池システムの効率が最大となるように制御することを要旨とする。

30

【0021】

【発明の効果】

請求項1記載の本発明によれば、加湿機能及び水回収機能を有する燃料電池本体と、燃料電池本体に水素含有ガスを供給する水素供給系と、燃料電池本体に酸素含有ガスを供給する酸素供給系と、燃料電池本体の温度を制御する冷却装置と、燃料電池本体に水を供給する水供給装置と、を有する燃料電池システムにおいて、前記燃料電池本体の発熱量を予測する発熱量予測手段と、前記冷却装置の冷却性能を予測する冷却性能予測手段と、前記予測された発熱量及び前記予測された冷却性能に基づいて燃料電池本体の温度を予測する温度予測手段と、前記燃料電池本体の水回収量を予測する水回収量予測手段と、前記予測された燃料電池本体の温度及び前記予測された水回収量に基づいて前記燃料電池本体の水回収量を制御する水回収量制御手段と、を備えたことにより、燃料電池システムの熱収支が成立する条件において水回収量を制御できるようになり、燃料電池の熱収支と水収支を同時に成立させる運転状態を実現することができるという効果がある。

40

【0022】

請求項2記載の本発明によれば、燃料電池本体と、燃料電池本体に水素含有ガスを供給する水素供給系と、燃料電池本体に酸素含有ガスを供給する酸素供給系と、燃料電池本体に供給するガスを加湿する加湿装置と、燃料電池本体から排出されたガスから水を回収する水回収装置と、燃料電池本体及び前記加湿装置及び前記水回収装置の少なくとも一つに水を供給する水供給装置と、燃料電池本体及び前記加湿装置及び前記水回収装置の

50

温度を制御する冷却装置と、を有する燃料電池システムにおいて、前記燃料電池本体の発熱量を予測する発熱量予測手段と、前記冷却装置の冷却性能を予測する冷却性能予測手段と、前記予測された発熱量及び前記予測された冷却性能に基づいて燃料電池システムの温度を予測する温度予測手段と、前記燃料電池本体の水回収量を予測する水回収量予測手段と、前記予測された燃料電池本体の温度及び前記予測された水回収量に基づいて前記燃料電池本体の水回収量を制御する水回収量制御手段と、を備えたことにより、加湿装置と水回収装置とを燃料電池本体外部に有する燃料電池システムにおいてもシステムの熱収支が成立する条件において水回収量を制御できるようになり、燃料電池システムの熱収支と水収支を同時に成立させる運転状態を実現することができるという効果がある。

【0023】

10

請求項3記載の発明によれば、請求項1または請求項2に記載の発明の効果に加えて、前記燃料電池システム入口のガス量、ガス温度、ガス湿度をそれぞれ検出あるいは予測する入口ガス状態取得手段を備え、前記水回収量予測手段は、燃料電池システム入口のガス量、ガス温度、ガス湿度に基づいて水回収量を予測するようにしたので、燃料電池の水回収量を正確に予測し、水回収量の誤差を可能な限り小さくすることができるという効果がある。

【0024】

請求項4記載の発明によれば、請求項3に記載の発明の効果に加えて、前記燃料電池システム出口のガス温度を検出あるいは予測する出口ガス温度取得手段を更に備え、前記水回収量予測手段は、燃料電池システム入口のガス量、ガス温度、ガス湿度、及び燃料電池システム出口のガス温度に基づいて水回収量を予測するようにしたので、更に正確に燃料電池の水回収量を予測することができるという効果がある。

20

【0025】

請求項5記載の発明によれば、請求項3に記載の発明の効果に加えて、前記燃料電池システム出口のガス量、ガス温度、ガス湿度を検出あるいは予測する出口ガス状態取得手段を更に備え、前記水回収量予測手段は、燃料電池システム入口及び出口のガス量、ガス温度、ガス湿度に基づいて水回収量を予測するようにしたので、更に正確に燃料電池の水回収量を予測することができるという効果がある。

【0027】

請求項6記載の発明によれば、請求項1ないし請求項5に記載の発明の効果に加えて、前記水回収制御手段は、前記燃料電池システム内の水収支が平衡するように制御するようにしたので、環境条件等が変化した場合においても、燃料電池システムの水収支を成立させることができるという効果がある。

30

【0028】

請求項7記載の発明によれば、請求項1ないし請求項6に記載の発明の効果に加えて、燃料電池システム内の水量を検出する水量検出手段を備え、前記水回収量は前記燃料電池システム内の水量に応じて変化させるようにしたので、燃料電池が運転を開始した時や、システム内の水量が目標値に達しなかった場合においても、水収支を成立させることができるという効果がある。

【0029】

40

請求項8記載の発明によれば、請求項1ないし請求項7に記載の発明の効果に加えて、前記燃料電池に供給するガス圧力を制御する圧力制御手段を備え、前記水回収量は、前記ガス圧力によって制御するようにしたので、水回収量を精度良く制御することができるという効果がある。

【0030】

請求項9記載の発明によれば、請求項1ないし請求項7に記載の発明の効果に加えて、前記燃料電池に供給するガスの利用率を制御する利用率制御手段を備え、前記水回収量は、前記ガス利用率によって制御するようにしたので、水回収量を精度良く制御することができるという効果がある。

【0031】

50

請求項 10 記載の発明によれば、請求項 1 ないし請求項 7 に記載の発明の効果に加えて、前記燃料電池の出力を制御する出力制御手段を備え、前記水回収量は、前記燃料電池の出力によって制御するようにしたので、水回収量を精度良く制御することができるという効果がある。

【 0 0 3 2 】

請求項 11 記載の発明によれば、請求項 1 ないし請求項 5 に記載の発明の効果に加えて、前記燃料電池に供給するガスの圧力および利用率を制御する圧力 / 利用率制御手段と、燃料電池システムの効率を予測する効率予測手段と、を備え、前記ガス圧力および利用率は燃料電池システムの効率が最大となるように制御するようにしたので、水収支を成立させつつ燃料消費率を改善することができるという効果がある。

10

【 0 0 3 3 】

【発明の実施の形態】

以下、図面に基づいて本発明の実施の形態について説明する。

〔第 1 実施形態〕

図 1 は本発明に係る燃料電池システムの第 1 の実施形態の構成を示すシステム構成図である。本実施形態においては、加湿機能及び水回収機能を有する燃料電池本体（燃料電池スタックとも呼ぶ）を備え、燃料電池本体に導入されるガス圧力を制御することによってシステムの水回収量を制御することを特徴とする。

【 0 0 3 4 】

図 1 において、燃料電池システムは、燃料供給手段から供給される燃料ガス流量を検出する燃料系流量計 10 と、空気供給手段から供給される空気流量を検出する空気系流量計 11 と、燃料ガス流量を制御する燃料ガス量制御弁 12 と、空気流量を制御する空気量制御弁 13 と、燃料ガスを所望の圧力に加圧するコンプレッサ 14 と、空気を所望の圧力に加圧するコンプレッサ 15 と、燃料ガスの圧力を検出する圧力センサ 16 と、空気の圧力を検出する圧力センサ 17 と、燃料ガスの湿度を検出する湿度センサ 18 と、空気の湿度を検出する湿度センサ 19 と、燃料ガス及び空気が供給され電気化学反応により発電する燃料電池本体 20 と、燃料電池本体 20 の運転状態である出力電圧及び出力電流、或いは出力電力を検出する燃料電池運転状態検出手段 21 と、冷却水を貯蔵する冷却水タンク 22 と、冷却水を循環させる冷却水ポンプ 23 と、冷却水の熱をシステムの外部へ放出するラジエータ 24 と、これらシステム構成要素を制御するシステム制御装置 1 と、を備えている。

20

30

【 0 0 3 5 】

ここで、燃料電池本体 20 の内部には、冷却機能に加えて、燃料極または空気極または両極の導電性多孔質部材と水分の授受を行うことにより加湿機能及び水回収機能を実現する冷却水経路が設けられている。この冷却水経路と、冷却水タンク 22 と、冷却水ポンプ 23 と、ラジエータ 24 とは、冷却装置を構成している。

【 0 0 3 6 】

この冷却装置の動作は以下の通りである。冷却水ポンプ 23 は、冷却水タンク 22 から冷却水を汲み上げ、この冷却水を前記冷却水経路へ圧送する。冷却水は、冷却水経路を通過する際に燃料電池本体 20 から熱を吸収するとともに燃料極または空気極または両極の導電性多孔質部材と水分の授受を行う。次いで冷却水はラジエータ 24 からシステムの外部へ放熱して、冷却水タンク 22 へ戻る。

40

【 0 0 3 7 】

燃料電池システムを制御するシステム制御装置 1 は、前記冷却装置の冷却性能を予測する冷却性能予測手段 2 と、燃料電池本体 20 の発熱量を予測する発熱量予測手段 3 と、予測された冷却性能及び発熱量に基づいて燃料電池本体 20 の温度を予測する温度予測手段 4 と、燃料電池本体 20 の水回収量を予測する水回収量予測手段 5 と、予測された燃料電池本体 20 の温度及び水回収量に基づいて水回収量を制御する水回収量制御手段 6 と、コンプレッサ 14, 15 を制御することにより燃料ガス及び空気の圧力を制御する圧力制御手段 7 と、燃料ガスの利用率を制御する利用率制御手段 8 と、燃料電池の出力を制御する出

50

力制御手段 9 とを備えている。

【 0 0 3 8 】

システム制御装置 1 は、特に限定されないがマイクロコンピュータを内蔵し、冷却性能予測手段 2、発熱量予測手段 3、温度予測手段 4、水回収量予測手段 5、水回収量制御手段 6、圧力制御手段 7、利用率制御手段 8、及び出力制御手段 9 をマイクロコンピュータのプログラム制御により実現している。

【 0 0 3 9 】

次に、システム制御装置 1 の動作を説明する。システム制御装置 1 は、図外の外気温センサ及び車速センサからそれぞれ外気温度信号及び車速信号を入力し、外気温度及び車速に基づいて冷却性能を予測し、燃料電池運転状態から発熱量を予測する。次いで、これら予測した冷却性能及び発熱量から燃料電池温度を予測し、その温度をもとに水回収量を予測する。そして、熱収支を満足させながら要求の水回収量となるように、燃料ガス及び空気の圧力、燃料ガス利用率、燃料電池出力を制御する。

10

【 0 0 4 0 】

ここで、燃料電池を効率良く運転するためには、電解質膜の水分を適切に保つ必要があり、加湿装置、水回収装置を利用する燃料電池システムがある。しかし、燃料電池システムによっては加湿装置、水回収装置を燃料電池内に持つシステムも公知である。その一例として、冷却媒体として純水を利用し、ポーラスタイプのバイポーラプレートを通して、電解質膜を加湿する燃料電池（例えば、特開平 8 - 2 5 0 1 3 0 号公報）も公知である。本実施形態は加湿装置、水回収装置を燃料電池本体内に持つシステムの場合の実施形態である。

20

【 0 0 4 1 】

本実施形態における燃料電池内の水収支は以下の式（ 4 ）で計算できる。

【 0 0 4 2 】

【 数 3 】

$$W_{rcyc} = W_{product} + F_{in} + A_{in} - F_{out} - A_{out} \quad \dots (4)$$

ここで、

F_{in} : 燃料極入水量

A_{in} : 空気極入水量

F_{out} : 燃料極排水量

A_{out} : 空気極排水量

$W_{product}$: 反応生成水量

W_{rcyc} : 回収水量

30

とする。式（ 4 ）の回収水量（ W_{rcyc} ）が 0 以上となれば、燃料電池システムの水収支が成立する。

【 0 0 4 3 】

反応生成水量（ $W_{product}$ ）は、燃料電池の運転状態すなわち出力電力（または出力電流）の時間積分値である出力電力量（または出力電荷量）から算出できる。また燃料極及び空気極の入水量は、それぞれのガスの流量、圧力、温度、湿度から算出できる。燃料極及び空気極の排水量もそれぞれのガスの流量、圧力、温度、湿度から算出できる。

40

【 0 0 4 4 】

本実施形態では電力量は燃料電池運転状態検出手段 2 1 から算出される。ガスの流量は流量計 1 0 , 1 1 で検出される。

圧力は燃料電池入口の圧力センサ 1 6 , 1 7 で検出している。出口圧力は入口圧力から流路の圧力損失から容易に予測できる。尚、ガス圧力はセンサを使用せずに、コンプレッサ 1 4 , 1 5 の運転状態と燃料ガス量制御弁 1 2 と空気量制御弁 1 3 との開度から予測しても良い。

【 0 0 4 5 】

本実施形態は入口温度は外気温から算出しているが、更に正確を期するには温度センサを設けても良い。出口温度は燃料電池本体 2 0 の温度と同じとして算出している。入口湿度

50

は湿度センサ 18, 19 で検出している。出口湿度は水蒸気圧が飽和していると仮定して、出口温度に応じた飽和蒸気圧を用いて算出しているが、出口に湿度センサを設置しても良い。

【0046】

図2には燃料電池温度 T_{fc} の変化に対して、水収支がバランスする運転圧力 P_{fc} を示している。燃料電池温度 T_{fc} が高くなると飽和蒸気圧が大きくなるので、水収支がバランスする圧力が高くなり、水収支バランスラインは、右肩上がりの曲線となる。そして水収支バランスラインより運転圧力が高ければ水収支は + となってシステム内の水量は増加し、水収支バランスラインより運転圧力が低ければ水収支は - となってシステム内の水量は減少する。

10

【0047】

従って、燃料電池システムの水収支を成立させるためには、燃料電池の温度 T_{fc} に応じて運転圧力 P_{fc} を制御する必要がある。尚、運転圧力は余裕代を確保して、バランス点よりもやや高い圧力で運転しても良い。

【0048】

燃料電池の温度は冷却性能と発熱量から算出できる。本実施形態においては、ラジエータ 24 は、自然空冷式のラジエータとしているが、低速時に電力消費量の多い車両においては、電動式ラジエータファンを備えてもよい。図4には冷却性能すなわちラジエータ 24 の単位時間当たりの放熱量を示す。これは燃料電池の温度 T_{fc} を一定とした場合の結果である。外気温度が低いほど、また車速が高いほどラジエータの放熱量は大きくなる。従って、図4のマップを各燃料電池の温度 T_{fc} に対して備えておけば、放熱量を予測することができる。

20

【0049】

図5には燃料電池の単位時間当たりの発熱量を示す。燃料電池の発熱量は負荷（出力電力） W が大きいほど大きくなる。また運転圧力 P_{fc} が高くなると、燃料電池の効率が高くなるため、発熱量は小さくなる。

従って、燃料電池の負荷 W 、運転圧力 P_{fc} 、外気温度 T_{atm} 、車速 V 等がわかれば、燃料電池の発熱量および放熱量が計算でき、熱量が釣合う燃料電池の温度を予測できる。図3は、燃料電池の負荷 W が一定の時の、冷却性能を段階的に変化させたときの発熱量 = 放熱量となる熱収支バランスラインを示す図である。

30

【0050】

図6には水収支と熱収支が成立する圧力制御点を示す。図2の水収支バランスラインと図3の熱収支バランスラインが交わる所が水収支と熱収支とを同時に満足する圧力制御点になる。このようにこれまで説明してきた方法によって、設定すべき圧力制御点を算出できる。圧力の制御は水収支、熱収支がバランスする点よりも余裕代を取ってやや高めに設定しても良い。但し、圧力を高めに設定すると水収支には有利であるが、あまり高めに設定すると水の凝縮熱が増加し熱収支が成立しなくなり、燃料電池の温度が上昇する。その結果、電解質膜の性能が低下し燃料電池の運転が困難になるため、適切な範囲に設定する。

【0051】

図7は、本実施形態における圧力制御方法を実現するフローチャートである。まず、ステップ 11（以下 S_{11} ）で外気温度 T_{atm} 、車速 V を検出する。 S_{12} で外気温度 T_{atm} 、車速 V をもとに図4のマップから放熱量を算出する。 S_{13} で燃料電池運転状態検出手段 21 により燃料電池の運転状態を検出する。 S_{14} で図5のマップから燃料電池の発熱量を算出する。 S_{16} で運転圧力 P_{fc} を検出する。 S_{17} で図2、図3のマップをもとに水収支、熱収支を算出し、目標範囲にあるか判断する。水収支、熱収支ともに目標範囲にあれば S_{19} に進み、圧力 P_{fc} はそのままとして、 S_{11} へ戻る。熱収支が目標範囲にあって水収支が目標範囲にない（NG）の場合には S_{18} に進み、圧力 P_{fc} を所定値だけ増加（up）して、 S_{11} へ戻る。水収支が目標範囲にあって熱収支が目標範囲にない（NG）の場合には S_{20} に進み、圧力 P_{fc} を所定値だけ減少（down）して、 S_{11} へ戻る。

40

50

【 0 0 5 2 】

〔 第 2 実施形態 〕

次に、第 2 の実施形態について説明する。第 2 の実施形態の構成図を図 8 に示す。第 2 の実施形態は第 1 実施形態の構成図に対して、冷却水量を検出するために冷却水タンク 2 2 に水位センサ 2 5 を追加したものである。第 2 実施形態では水位センサ 2 5 で検出した冷却水タンク 2 2 の水位に応じて圧力制御点を変える所が特徴である。

【 0 0 5 3 】

例えば燃料電池が長期間運転されなかった場合に、水蒸気の漏れ等により、冷却水タンク 2 2 の水位が適正範囲よりも少ない場合も考えられる。このような場合には、水収支がバランスする条件よりも更に運転圧力 P_{fc} を増加して、冷却水タンク 2 2 の水位が早く適正値に戻るようにする。

10

【 0 0 5 4 】

図 9 に第 2 実施形態における圧力制御の考え方を示す。冷却水タンク 2 2 の水位が適正範囲にある場合には、水収支と熱収支がバランスする点を圧力制御点とする。これに対して、冷却水タンク 2 2 の水位が適正範囲に満たない場合には、水位の適正範囲の下限からの差に応じて運転圧力 P_{fc} を増加し、水回収速度を増加する。これによって早い時期に冷却水タンク 2 2 の水位を適正範囲に戻すことができる。

【 0 0 5 5 】

図 1 0 は、第 2 の実施形態の動作を説明する制御フローチャートである。第 2 の実施形態の制御フローチャートは、第 1 の実施形態の制御フローチャート（図 7）とほぼ同様であり、異なる所のみを説明する。まず、S 3 0 で水位センサ 2 5 により冷却水タンク 2 2 の水位を検出する。S 3 1 で図 9 に示したような制御マップを参照して制御圧力点を算出する。S 3 2 以下の処理は、図 7 の S 1 1 以下の処理と同様である。

20

【 0 0 5 6 】

〔 第 3 実施形態 〕

次に、第 3 の実施形態について説明する。第 3 の実施形態の構成図は第 1 実施形態の構成図（図 1）と同じである。第 3 実施形態では水収支、熱収支を成立させるパラメータをガスの利用率とする所が特徴である。

【 0 0 5 7 】

ガスの利用率を大きくすると、燃料電池を通過するガスの流量が少なくなる。従って、燃料電池からの排水量を少なくできるため、水収支をバランス点で有利である。図 1 1 は、燃料電池温度 T_{fc} とガス利用率 U_{fc} を変えた場合の水収支バランスラインを示す。燃料電池温度 T_{fc} が特定の範囲内であれば、ガス利用率 U_{fc} によって水収支をバランスさせることができる。第 1 の実施形態で示したように、燃料電池の圧力を制御しても水収支、熱収支をバランスさせることができる。しかしながら、圧力を増加させると燃料電池自身の効率が高くなるが、コンプレッサ 1 4 , 1 5 等の補機の駆動仕事が増加するため、システムの効率は低下する。よってガス利用率で制御できる範囲の場合にはガス利用率を利用した方が有利である。

30

【 0 0 5 8 】

このガス利用率の制御にガスの圧力制御を組み合わせ、ガス利用率で制御できなくなった場合にはガス圧力制御を利用するようにしても良い。

40

【 0 0 5 9 】

図 1 2 は、第 3 の実施形態の動作を説明する制御フローチャートである。第 3 の実施形態の制御フローチャートは第 1 の実施形態の制御フローチャート（図 7）とほぼ同様であり、異なる所のみ説明する。まず、外気温 T_{atm} 及び車速 V を検出する S 5 1 から燃料電池温度 T_{fc} を検出する S 5 5 までは、図 7 の S 1 1 から S 1 5 までと同じである。次いで、S 5 6 で燃料ガスのガス利用率 U_{fc} を検出する。S 5 7 で水収支及び熱収支のバランスを判断する。水収支及び熱収支が所定の範囲内であれば共に O . K . として、S 5 9 でガス利用率はそのままとして、S 5 1 へ戻る。水収支のバランスが所定範囲よりマイナスであれば、水バランス NG として、S 5 8 でガス利用率 U_{fc} を増加 (u_p) させて、S 5 1 へ

50

戻る。

【 0 0 6 0 】

熱収支バランスが所定範囲を越えていれば、熱バランスNGとして、S 6 0でガス利用率Ufcを減少(down)させて、S 5 1へ戻る。

【 0 0 6 1 】

〔第4実施形態〕

次に、第4の実施形態について説明する。第4の実施形態の構成図は第1実施形態の構成図(図1)と同じである。第4実施形態では水収支、熱収支を成立させるパラメータを燃料電池の出力とする所が特徴である。

【 0 0 6 2 】

図5で示したように、燃料電池の出力を小さくすると燃料電池からの発熱量が少なくなる。その結果、燃料電池の温度が低下して、水収支をバランス点で有利となる。但し、要求される出力に対して燃料電池出力が不足する場合には、二次電池やコンデンサ等の蓄電手段からの電気で補うことになる。出力を小さくした場合には、燃料電池のからの発熱量が低下しかつ燃料電池の温度も下がるために、水収支、熱収支ともに成立することになる。

【 0 0 6 3 】

図13は、第4の実施形態の動作を説明する制御フローチャートである。第4の実施形態の制御フローチャートは、第1の実施形態の制御フローチャート(図7)とほぼ同様であり、異なる所のみ説明する。まず、外気温T_{atm}及び車速Vを検出するS71から燃料電池温度T_{fc}を検出するS75までは、図7のS11からS15までと同じである。次いで、S76で水収支及び熱収支のバランスを判断する。水収支及び熱収支が共に所定範囲内であれば共にOKとして、S78で燃料電池出力はそのままとして、S71へ戻る。水収支のバランスが所定範囲よりマイナスであれば、S77で燃料電池出力を減少(down)させて、S71へ戻る。水収支が設定範囲以上の場合にはS79で燃料電池出力を増加(up)させて、S71へ戻る。

【 0 0 6 4 】

〔第5実施形態〕

次に、第5の実施形態について説明する。第5の実施形態の構成図は第1実施形態の構成図(図1)と同じである。第5実施形態では水収支、熱収支を成立させるパラメータとして、運転圧力と利用率の両方を用い、その組み合わせとしては、燃料電池システムの効率が最大となる組み合わせとする所が特徴である。

【 0 0 6 5 】

図14にガス圧力とガス利用率に対するシステム効率を示す。前述したようにガス圧力を増加させると補機の駆動仕事が増加してシステム効率が低下する。ガス利用率を増加させると無駄ガスが低減するため効率が增加する。しかしながら適正値よりも更にガス利用率を増加すると、燃料電池で濃度過電圧が増加し、効率は低下してしまう。よって、効率が最適となるようなガス利用率が存在する。

【 0 0 6 6 】

図15には燃料電池温度、ガス圧力およびガス利用率に対して水収支が成立する条件を示す。利用率が大きいほど、圧力が高いほど、燃料電池温度が高温の状態においても水収支が成立するようになる。

【 0 0 6 7 】

このように図14と図15に基づくと、効率が最も高い状態で水収支、熱収支を成立させることができる利用率と圧力の組み合わせを求めることができる。

【 0 0 6 8 】

図16は、第5の実施形態の動作を説明する制御フローチャートである。第5の実施形態の制御フローチャートは、第1実施形態の制御フローチャート(図7)、第3の実施形態の制御フローチャート(図12)とほぼ同様であり、異なる所のみ説明する。まず、外気温T_{atm}及び車速Vを検出するS91から燃料電池温度T_{fc}を検出するS95までは、図7のS11からS15までと同じである。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 9 】

次いで、S 9 6 で燃料電池の運転圧力及びガス利用率を検出する。S 9 7 で水収支及び熱収支のバランスを判断する。水収支バランスが所定範囲よりマイナスでN . G . の場合にはS 9 8 で圧力、利用率を所定値だけ増加 (u p) させて、S 1 0 1 へ進む。S 9 7 の判定で水収支及び熱収支のバランスが共に所定範囲内でO . K . の場合はS 9 9 で圧力、利用率はそのままとして、S 1 0 1 へ進む。S 9 7 の判定で熱収支のバランスが所定範囲を上回ってプラスでN . G . の場合にはS 1 0 0 で圧力、利用率を所定値だけ減少 (d o w n) させて、S 1 0 1 へ進む。

【 0 0 7 0 】

次いで、S 1 0 1 で図 1 4 のマップをもとに効率がベストがどうか判断する。効率がベストの場合にはS 1 0 2 で圧力、利用率はそのままとして、S 9 1 へ戻る。S 1 0 1 で効率がベストでないと判断された場合にはS 1 0 1 で圧力、利用率の組み合わせを変更して、S 9 1 へ戻る。

【 0 0 7 1 】

〔 第 6 実施形態 〕

次に、第 6 の実施形態について説明する。図 1 7 は、第 6 の実施形態の構成を示すシステム構成図である。第 1 実施形態では燃料電池の加湿、水回収を燃料電池本体 2 0 の内部で行っていた。第 6 の実施形態では燃料電池本体 2 0 とは別に加湿装置 2 6 及び水回収装置 2 7 を設けた点が特徴であり、加湿装置 2 6 、燃料電池本体 2 0 、水回収装置 2 7 を合わせて燃料電池システムと考えて、全体の水収支及び熱収支の制御を行う。

【 0 0 7 2 】

図 1 7 の第 6 実施形態の構成図において、第 1 の実施形態の構成図 (図 1) との相違は、燃料電池本体 2 0 の上流に加湿装置 2 6 、下流に水回収装置 2 7 を設けている。また燃料電池の冷却系から水循環系が分離され、冷却系は温度制御動作だけを行い、水循環系が加湿装置 2 6 への純水供給と燃料電池本体 2 0 及び水回収装置 2 7 からの水回収を行う。このため、燃料電池システムの水収支は水循環系で制御する一方、燃料電池システムの熱収支は冷却系で制御することになる。また、水循環系と冷却系とが分離されたため、冷却系に使用する冷媒は、純水でなくてもよくなり、例えば防錆剤や不凍液を混入したロングライフクーラント (以下、L L C と略す) を利用することができる。

【 0 0 7 3 】

水循環系は水タンク 2 8 、ポンプ 2 9 を備え、ポンプ 2 9 により水タンク 2 8 から汲み上げた純水を給水管 3 3 を介して加湿装置 2 6 へ圧送するとともに、排水管 3 4 , 3 5 により、燃料電池本体 2 0 , 水回収装置 2 7 から回収した純水を水タンク 2 8 へ戻している。

【 0 0 7 4 】

また冷却系はL L C タンク 3 0 、ポンプ 3 1 、ラジエータ 3 2 を備え、L C C タンク 3 0 からポンプ 3 1 で汲み上げられたL L C は、ラジエータ 3 2 で冷却され、水回収装置 2 7 で排ガスと熱交換し、排ガス中の水蒸気を凝縮させ、次いで燃料電池本体 2 0 の冷却水経路を通過して燃料電池本体 2 0 との熱交換を行い、最後に加湿装置 2 6 で加湿用の純水を加熱して、L L C タンク 3 0 に戻る経路を循環する。

【 0 0 7 5 】

本実施形態における水収支、熱収支の制御方法は第 1 の実施形態と同じである。但し、発熱量は加湿装置 2 6 、燃料電池本体 2 0 、水回収装置 2 7 を含めた燃料電池システム全体の発熱量となる。また、燃料電池の温度は水回収装置 2 7 の出口温度となる。制御フローチャートは、第 1 の実施形態から第 5 の実施形態の制御フローと同じものを使用する。

【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】 本発明に係る燃料電池システムの第 1 の実施形態の構成を説明するシステム構成図である。

【 図 2 】 燃料電池温度 T_{fc} と運転圧力 P_{fc} に対する水収支バランスラインを説明する図である。

【 図 3 】 各冷却性能における燃料電池温度 T_{fc} と運転圧力 P_{fc} に対する熱収支バランスラ

10

20

30

40

50

インを説明する図である。

【図 4】外気温度 T_{atm} と車速 V に対する放熱量を説明する図である。

【図 5】燃料電池負荷 W と圧力 P_{fc} に対して燃料電池発熱量を説明する図である。

【図 6】水収支、熱収支を考慮した圧力制御点を説明する図である。

【図 7】第 1 の実施形態の動作を説明する制御フローチャートである。

【図 8】本発明に係る燃料電池システムの第 2 の実施形態の構成を説明するシステム構成図である。

【図 9】水回収速度を考慮した圧力制御点を説明する図である。

【図 10】第 2 の実施形態の動作を説明する制御フローチャートである。

【図 11】燃料電池温度 T_{fc} と利用率 U_{fc} に対する水収支バランスラインを説明する図である。 10

【図 12】第 3 の実施形態の動作を説明する制御フローチャートである。

【図 13】第 4 の実施形態の動作を説明する制御フローチャートである。

【図 14】圧力 P_{fc} と利用率 f_c に対するシステム効率を説明する図である。

【図 15】各利用率における燃料電池温度 T_{fc} と運転圧力 P_{fc} に対する熱収支バランスラインを説明する図である。

【図 16】第 5 の実施形態の動作を説明する制御フローチャートである。

【図 17】本発明に係る燃料電池システムの第 6 の実施形態の構成を説明するシステム構成図である。

【符号の説明】 20

1 ... システム制御装置

2 ... 冷却性能予測手段

3 ... 発熱量予測手段

4 ... 燃料電池温度予測手段

5 ... 水回収量予測手段

6 ... 水回収量制御手段

7 ... 圧力制御手段

8 ... 利用率制御手段

9 ... 出力制御手段

10 ... 燃料系流量計 30

11 ... 空気系流量計

12 ... 燃料ガス量制御弁

13 ... 空気量制御弁

14、15 ... コンプレッサ

16、17 ... 圧力センサ

18、19 ... 湿度センサ

20 ... 燃料電池本体

21 ... 燃料電池運転状態検出手段

22 ... 冷却水タンク

23 ... 水ポンプ 40

24 ... ラジエータ

25 ... 水位センサ

26 ... 加湿装置

27 ... 水回収装置

28 ... 水タンク

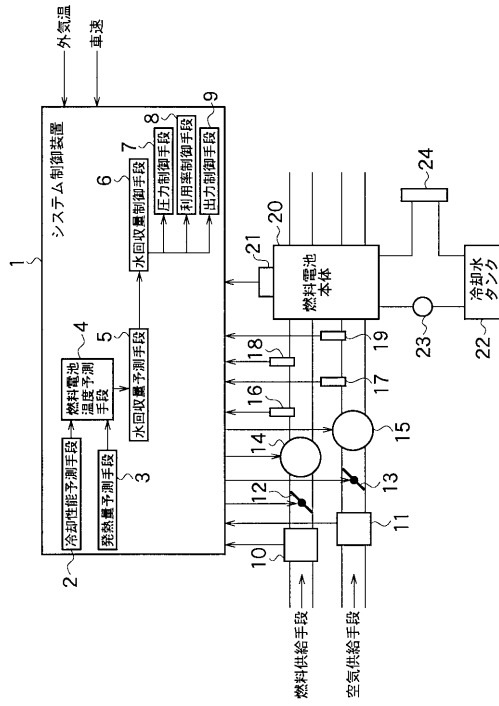
29 ... ポンプ

30 ... LLCタンク

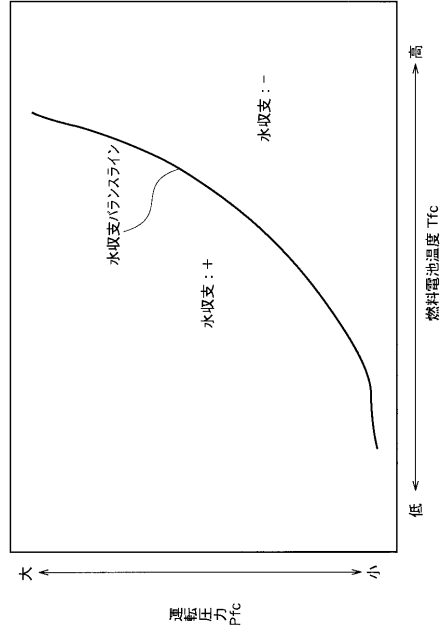
31 ... ポンプ

32 ... ラジエータ

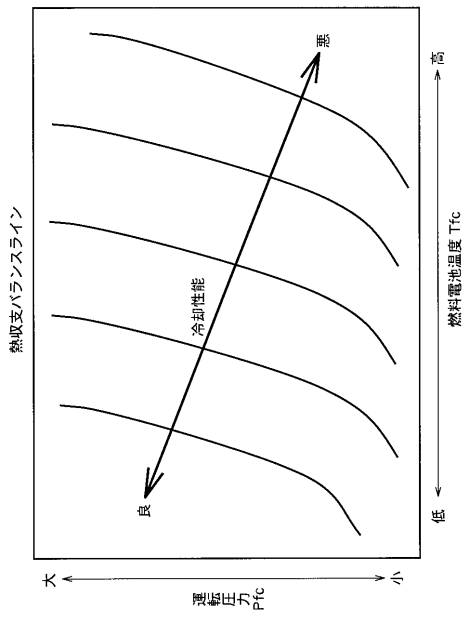
【 図 1 】



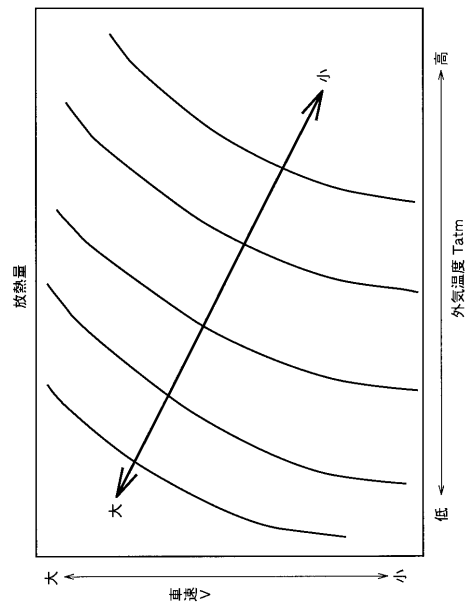
【 図 2 】



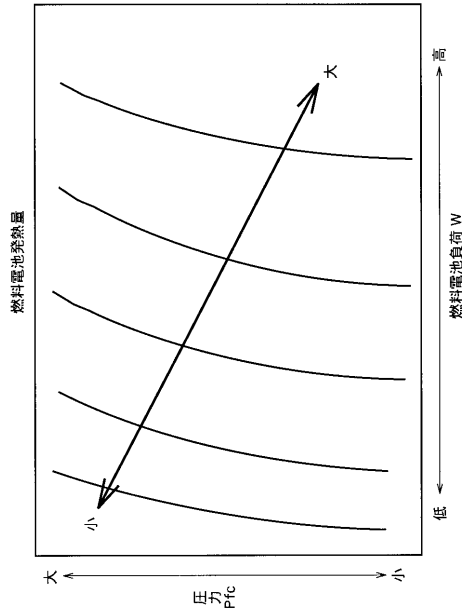
【 図 3 】



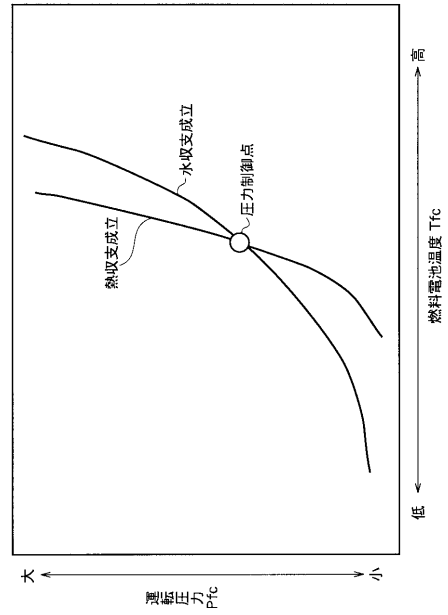
【 図 4 】



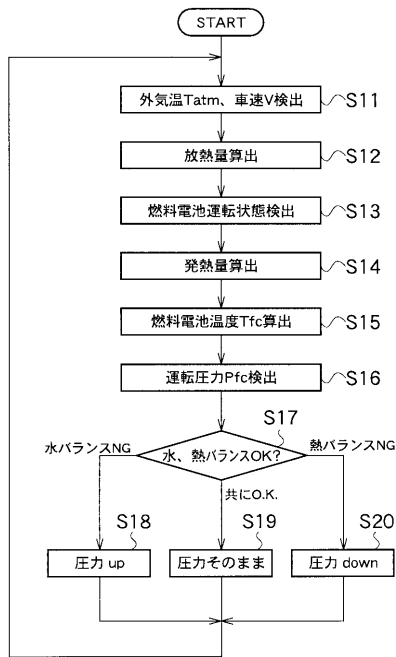
【 図 5 】



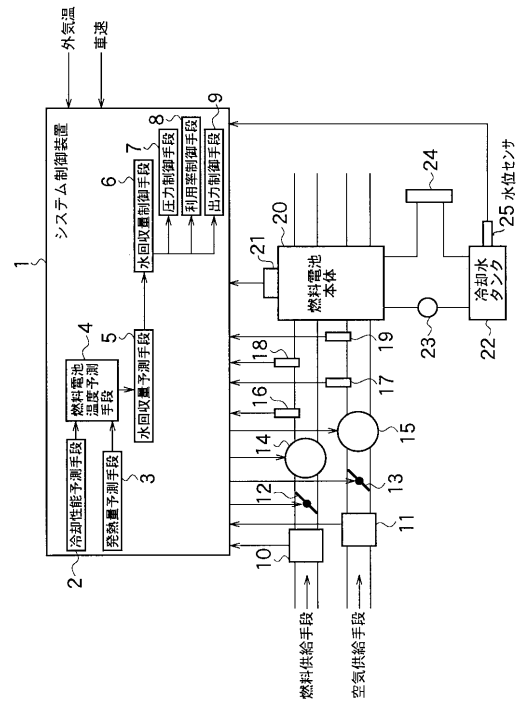
【 図 6 】



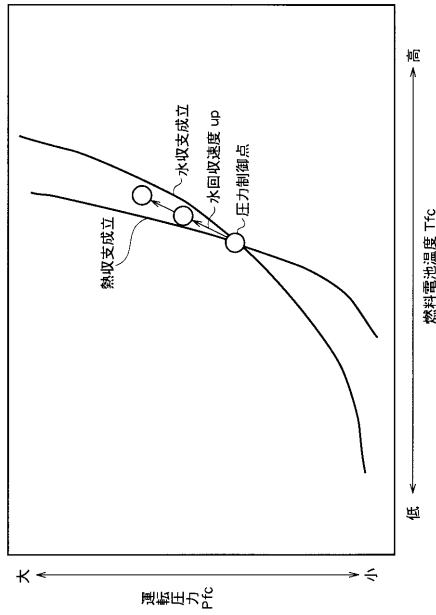
【 図 7 】



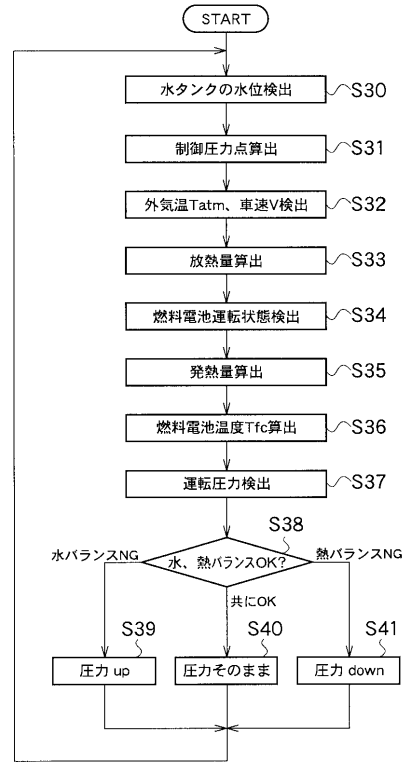
【 図 8 】



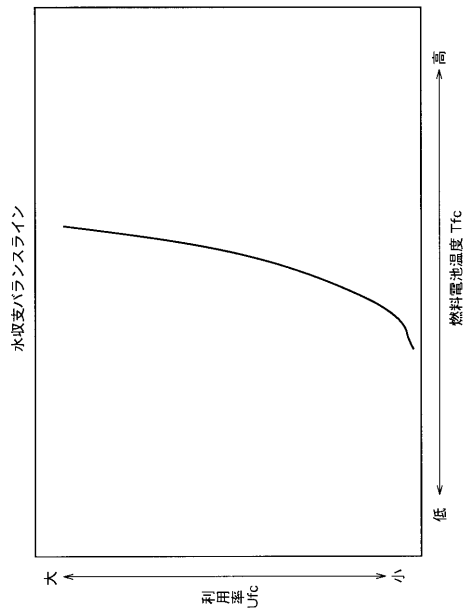
【 図 9 】



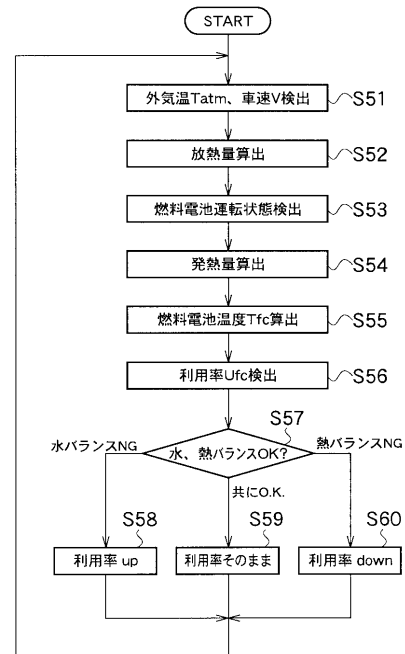
【 図 10 】



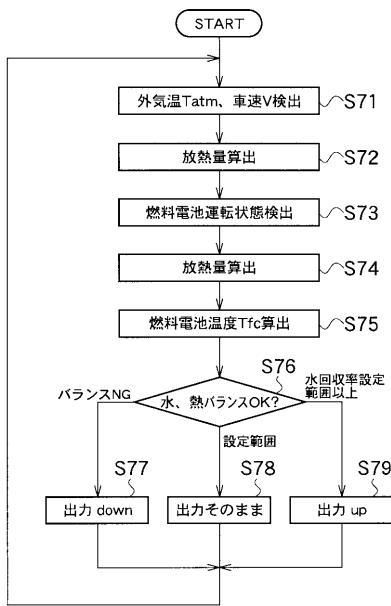
【 図 11 】



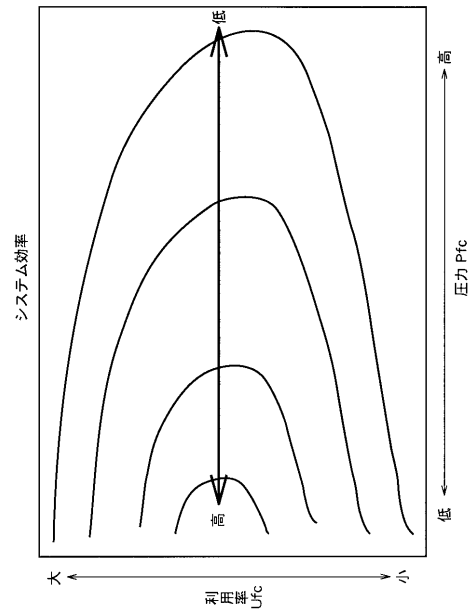
【 図 12 】



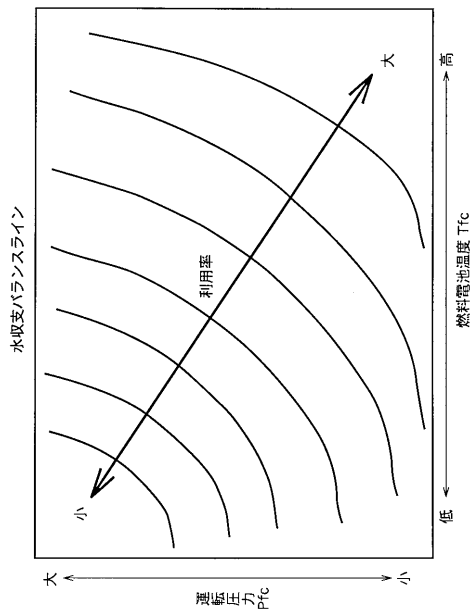
【 図 1 3 】



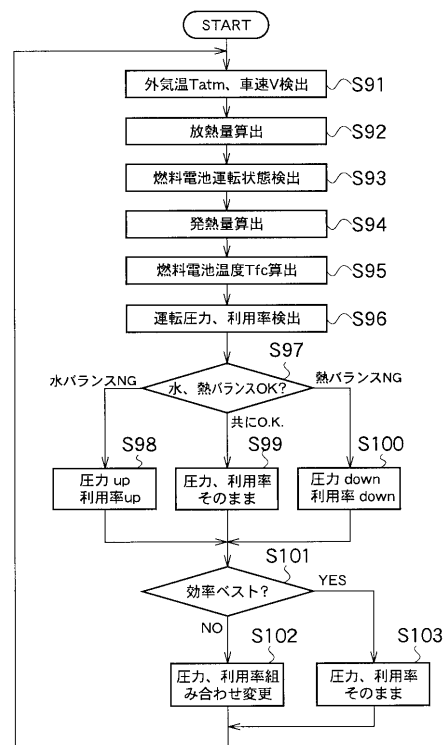
【 図 1 4 】



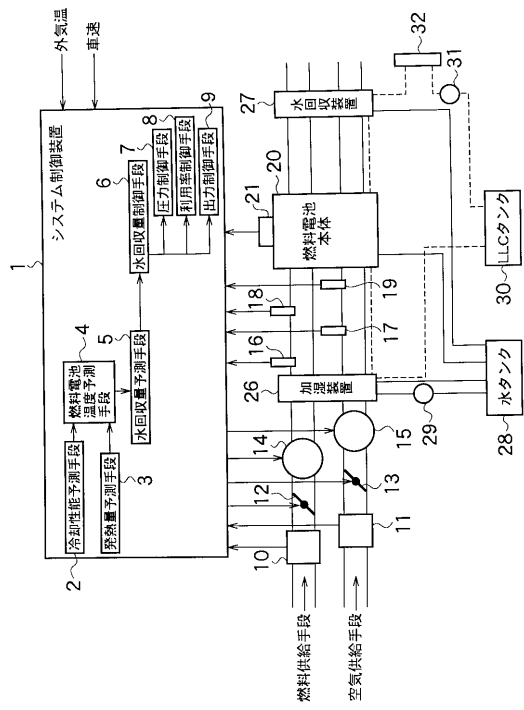
【 図 1 5 】



【 図 1 6 】



【図 17】



フロントページの続き

(74)代理人 100098327

弁理士 高松 俊雄

(72)発明者 吉澤 幸大

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 岩崎 靖和

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

審査官 高木 康晴

(56)参考文献 特開昭58-166675(JP,A)

特表平08-502855(JP,A)

特開平09-330731(JP,A)

特開2000-090950(JP,A)

特開2000-208160(JP,A)

特開2000-233902(JP,A)

特開2001-023678(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

H01M 8/04

H01M 8/06