

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4967185号
(P4967185)

(45) 発行日 平成24年7月4日(2012.7.4)

(24) 登録日 平成24年4月13日(2012.4.13)

(51) Int. Cl.		F I	
HO 1 M 8/06	(2006.01)	HO 1 M	8/06 G
BO 1 J 38/12	(2006.01)	BO 1 J	38/12 C
CO 1 B 3/38	(2006.01)	CO 1 B	3/38 G
B6 OL 11/18	(2006.01)	B6 OL	11/18 G

請求項の数 17 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2000-323656 (P2000-323656)	(73) 特許権者	000003207 トヨタ自動車株式会社
(22) 出願日	平成12年10月24日(2000.10.24)		愛知県豊田市トヨタ町1番地
(65) 公開番号	特開2002-134151 (P2002-134151A)	(74) 代理人	110000028 特許業務法人明成国際特許事務所
(43) 公開日	平成14年5月10日(2002.5.10)	(72) 発明者	國武 和久 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
審査請求日	平成19年7月27日(2007.7.27)	(72) 発明者	井口 哲 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
前置審査		(72) 発明者	青山 智 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 改質器内の析出炭素の除去

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

炭化水素系化合物を含む原燃料から、燃料電池のための水素リッチな燃料ガスを生成するための燃料改質装置であって、

改質触媒を含み、水蒸気改質反応と部分酸化反応とを利用して前記原燃料を改質する改質器と、

前記原燃料を、前記改質器に供給するための原燃料供給部と、

前記水蒸気改質に用いられる水を、前記改質器に供給するための水供給部と、

前記改質触媒における前記原燃料の部分酸化反応に用いられる酸素を、前記改質器に供給するための酸素供給部と、

前記原燃料供給部と前記水供給部と前記酸素供給部とを制御するための制御部と、を備えており、

前記制御部は、所定の条件下において、前記酸素供給部から供給される酸素の原子数Oと、前記原燃料供給部から供給される前記原燃料に含まれる炭素の原子数Cとの比(O/C)の値が、前記改質器の定常運転時における適正範囲よりも大きな値を取るよう前記原燃料の供給量と前記酸素の供給量とのうちの少なくとも一方を制御することによって、前記改質触媒に析出している炭素を除去するための炭素除去処理を実行し、

前記制御部は、前記改質器の運転状態の履歴に応じて前記改質器内の炭素の蓄積量を算出するとともに、前記炭素蓄積量を第1の閾値と比較した場合に前記第1の閾値を超えていたときには、前記第1の閾値よりも大きな1つ以上の第2の閾値と前記炭素蓄積量を比

較して、前記炭素除去処理の実行モードとして予め準備された炭素除去量の少ない第1のモードおよび炭素除去量の多い第2のモードを含む複数のモードのうちから、前記炭層蓄積量に応じて1つのモードを選択し、選択されたモードに従って前記炭素除去処理を実行することを特徴とする燃料改質装置。

【請求項2】

請求項1記載の燃料改質装置であって、
前記制御部は、前記炭素除去処理を断続的に複数回実行する、燃料改質装置。

【請求項3】

請求項1または2記載の燃料改質装置であって、
前記制御部は、前記炭素蓄積量に応じて前記炭素除去処理における前記原燃料と前記酸素の供給量を制御する、燃料改質装置。

10

【請求項4】

請求項3記載の燃料改質装置であって、
前記制御部は、前記炭素蓄積量に応じて、前記炭素除去処理における前記原燃料の供給量と、前記酸素の供給量と、前記炭素除去処理が継続する期間の長さ、前記炭素除去処理の実行回数と、のうちの少なくとも一部を変更する、燃料改質装置。

【請求項5】

請求項1または2記載の燃料改質装置であって、
前記制御部は、前記燃料電池に対する出力要求値が所定値以下であるときに前記炭素除去処理を実行する、燃料改質装置。

20

【請求項6】

請求項1または2記載の燃料改質装置であって、
前記制御部は、前記燃料改質装置の始動時に前記炭素除去処理を実行する、燃料改質装置。

【請求項7】

請求項6記載の燃料改質装置であって、
前記制御部は、前記燃料改質装置の始動時において前記炭素除去処理を実行する際に、前記改質器に供給される前記原燃料を完全燃焼させるのに十分な量以上の酸素を前記改質器に供給するように前記酸素供給部を制御する、燃料改質装置。

【請求項8】

請求項7記載の燃料改質装置であって、
前記制御部は、前記燃料改質装置の始動時において前記炭素除去処理を実行する際に、前記改質器に前記酸素と共に前記原燃料も供給するように前記酸素供給部と前記原燃料供給部とを制御する、燃料改質装置。

30

【請求項9】

請求項8記載の燃料改質装置であって、さらに、
前記改質触媒の上流側に、前記原燃料と前記酸素とを加熱するための電気加熱部を備えており、

前記制御部は、前記燃料改質装置の始動時において前記炭素除去処理を実行する際に、前記電気加熱部を用いて前記酸素と前記原燃料とを加熱する、燃料改質装置。

40

【請求項10】

請求項1ないし9のいずれかに記載の燃料改質装置であって、さらに、
前記改質触媒の温度を検出するための温度センサを備えており、
前記制御部は、前記温度センサで検出された前記改質触媒の温度が所定の限界値を超えないように、前記炭素除去処理における前記原燃料と前記酸素と前記水の供給量を制御する、燃料改質装置。

【請求項11】

請求項1ないし10のいずれかに記載の燃料改質装置であって、
前記制御部は、前記改質器への前記酸素の供給量を過剰に制御することによって前記炭素除去処理を実行する、燃料改質装置。

50

【請求項 1 2】

請求項 1 ないし 1 0 のいずれかに記載の燃料改質装置であって、
前記制御部は、前記改質器への前記原燃料の供給量を過少に制御することによって前記炭素除去処理を実行する燃料改質装置。

【請求項 1 3】

移動体であって、
燃料電池と、
2 次電池と、
炭化水素系化合物を含む原燃料から、前記燃料電池のための水素リッチな燃料ガスを生成するための燃料改質装置と、
前記移動体の推進力を発生するための原動機と、
前記燃料電池と前記 2 次電池とのうちの少なくとも一方から供給される電力を用いて前記原動機を駆動する駆動回路と、

10

前記燃料改質装置と前記原動機と前記駆動回路とを制御するための制御部と、
を備え、
前記燃料改質装置は、
(a) 改質触媒を含み、水蒸気改質反応と部分酸化反応とを利用して前記原燃料を改質する改質器と、
(b) 前記原燃料を、前記改質器に供給するための原燃料供給部と、
(c) 前記水蒸気改質に用いられる水を、前記改質器に供給するための水供給部と、
(d) 前記改質触媒における前記原燃料の部分酸化反応に用いられる酸素を、前記改質器に供給するための酸素供給部と、
を備えており、

20

前記制御部は、所定の条件下において、前記酸素供給部から供給される酸素の原子数 O と、前記原燃料供給部から供給される前記原燃料に含まれる炭素の原子数 C との比 (O/C) の値が、前記改質器の定常運転時における適正範囲よりも大きな値を取るよう前記原燃料の供給量と前記酸素の供給量とのうちの少なくとも一方を制御することによって、前記改質触媒に析出している炭素を除去するための炭素除去処理を実行し、

前記制御部は、前記改質器の運転状態の履歴に応じて前記改質器内の炭素の蓄積量を算出するとともに、前記炭素蓄積量を第 1 の閾値と比較した場合に前記第 1 の閾値を超えていたときには、前記第 1 の閾値よりも大きな 1 つ以上の第 2 の閾値と前記炭素蓄積量を比較して、前記炭素除去処理の実行モードとして予め準備された炭素除去量の少ない第 1 のモードおよび炭素除去量の多い第 2 のモードを含む複数のモードのうちから、前記炭素蓄積量に応じて 1 つのモードを選択し、選択されたモードに従って前記炭素除去処理を実行することを特徴とする移動体。

30

【請求項 1 4】

請求項 1 3 記載の移動体であって、
前記制御部は、前記原動機への出力要求値が所定値以下であるときに前記炭素除去処理を実行する、移動体。

【請求項 1 5】

請求項 1 4 記載の移動体であって、
前記制御部は、前記移動体の始動時と、アイドル時と、減速時と、キーオフ時と、
のうちの少なくとも 1 つの時期において前記炭素除去処理を実行する、移動体。

40

【請求項 1 6】

請求項 1 3 記載の移動体であって、
前記制御部は、前記炭素除去処理を実行する際に、前記炭素除去処理による前記燃料電池の出力の低下分を前記 2 次電池によって補充するように前記駆動回路を制御する、移動体。

【請求項 1 7】

炭化水素系化合物を含む原燃料から、燃料電池のための水素リッチな燃料ガスを生成す

50

るための改質器の制御方法であって、

所定の条件下において、前記改質器に供給される酸素の原子数 O と、前記改質器に供給される前記原燃料に含まれる炭素の原子数 C との比(O/C)の値が、前記改質器の定常運転時における適正範囲よりも大きな値を取るよう前記原燃料の供給量と前記酸素の供給量とのうちの少なくとも一方を制御することによって、前記改質触媒に析出している炭素を除去するための炭素除去処理を実行し、

前記改質器の運転状態の履歴に応じて前記改質器内の炭素の蓄積量を算出するとともに、前記炭素蓄積量を第1の閾値と比較した場合に前記第1の閾値を超えていたときには、前記第1の閾値よりも大きな1つ以上の第2の閾値と前記炭素蓄積量を比較して、前記炭素除去処理の実行モードとして予め準備された炭素除去量の少ない第1のモードおよび炭素除去量の多い第2のモードを含む複数のモードのうちから、前記炭素蓄積量に応じて1つのモードを選択し、選択されたモードに従って前記炭素除去処理を実行することを特徴とする改質器の制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、炭化水素系化合物を含む原燃料から水素リッチな燃料ガスを生成するための燃料改質装置の制御技術に関し、特に、改質器内に析出した炭素を除去するための技術に関する。

【0002】

【従来の技術】

改質装置では、水蒸気改質反応を利用して、炭化水素系化合物を含む原燃料から水素リッチな燃料ガスを生成する。また、通常の改質装置では、水蒸気改質反応とともに、原燃料の部分酸化反応も利用されている。この理由は、水蒸気改質反応が吸熱反応なので、部分酸化反応による発熱で熱バランスを取るためである。改質装置への原燃料の供給量と、水の供給量と、酸素(空気)の供給量は、水蒸気改質反応と部分酸化反応のバランスを考慮して、それぞれ適切な値に制御される。このような改質装置としては、例えば特開平11-79703号公報に記載されたものが知られている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、通常の改質装置では、原燃料から分解された炭素が改質触媒に析出する現象が発生する。改質触媒に析出炭素が蓄積されると、触媒の活性が低下するという問題がある。特に、ガソリンなどのような高級炭化水素系化合物を主成分とする原燃料を用いた場合には、炭素析出の問題が顕著である。このため、従来から、改質触媒での析出炭素の蓄積量を低減するための技術が望まれていた。

【0004】

本発明は、上述した従来の課題を解決するためになされたものであり、改質触媒での析出炭素の蓄積量を低減することできる技術を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段およびその作用・効果】

上記目的を達成するために、本発明の燃料改質装置は、炭化水素系化合物を含む原燃料から、燃料電池のための水素リッチな燃料ガスを生成するための燃料改質装置であって、改質触媒を含み、水蒸気改質反応と部分酸化反応とを利用して前記原燃料を改質する改質器と、前記原燃料を、前記改質器に供給するための原燃料供給部と、前記水蒸気改質に用いられる水を、前記改質器に供給するための水供給部と、前記改質触媒における前記原燃料の部分酸化反応に用いられる酸素を、前記改質器に供給するための酸素供給部と、前記原燃料供給部と前記水供給部と前記酸素供給部とを制御するための制御部と、を備えている。前記制御部は、所定の条件下において、前記酸素供給部から供給される酸素の原子数 O と、前記原燃料供給部から供給される前記原燃料に含まれる炭素の原子数 C との比(O/C)の値が、前記改質器の定常運転時における適正範囲よりも大きな値を取るよう前

10

20

30

40

50

記原燃料の供給量と前記酸素の供給量とのうちの少なくとも一方を制御することによって、前記改質触媒に析出している炭素を除去するための炭素除去処理を実行し、前記制御部は、前記改質器の運転状態の履歴に応じて前記改質器内の炭素の蓄積量を算出するとともに、前記制御部は、前記改質器の運転状態の履歴に応じて前記改質器内の炭素の蓄積量を算出するとともに、前記炭素蓄積量を第1の閾値と比較した場合に前記第1の閾値を超えていたときには、前記第1の閾値よりも大きな1つ以上の第2の閾値と前記炭素蓄積量を比較して、前記炭素除去処理の実行モードとして予め準備された炭素除去量の少ない第1のモードおよび炭素除去量の多い第2のモードを含む複数のモードのうちから、前記炭層蓄積量に応じて1つのモードを選択し、選択されたモードに従って前記炭素除去処理を実行する。

10

【0006】

このような燃料改質装置では、改質器に供給される酸素原子数と炭素原子素の比（O/C）の値が定常運転時における適正範囲よりも大きな値を取るよう炭素除去処理を実行するので、改質触媒に蓄積されている炭素を燃焼させることができる。この結果、改質触媒での析出炭素の蓄積量を低減することが可能である。また、炭素蓄積量が過度に多くなることを防止することができるのと同時に、炭素蓄積量が少ないときに炭素除去処理を行わないようにすることができるので、不要な炭素除去処理の実行を防止することが可能である。また、炭素蓄積量が多いときには炭素除去量の多い第1のモードを選択し、炭素蓄積量が少ないときには炭素除去量の少ない第2のモードを選択することができる。従って、必要な炭素除去量に応じた適切なモードで炭素除去処理を実行することが可能である。

20

【0007】

なお、前記制御部は、前記炭素除去処理を断続的に複数回実行することが好ましい。

【0008】

上記のような炭素除去処理を長時間連続すると、改質触媒の温度が徐々に上昇してゆく可能性がある。一方、炭素除去処理を終了すると、改質触媒の温度も通常の温度まで急速に低下する。そこで、炭素除去処理を断続的に複数回実行するようすれば、改質触媒が加熱することを防止しつつ、炭素の蓄積量を低減することが可能である。

【0013】

また、前記制御部は、前記改質器の運転状態の履歴に応じて前記改質器内の炭素の蓄積量を算出するとともに、前記炭素蓄積量の値に応じて前記炭素除去処理における前記原燃料と前記酸素の供給量を制御するようにしてもよい。

30

【0014】

このような構成においても、必要な炭素除去量に応じた適切な方法で炭素除去処理を実行することが可能である。

【0015】

また、前記制御部は、前記炭素蓄積量に応じて、前記炭素除去処理における前記原燃料の供給量と、前記酸素の供給量と、前記炭素除去処理が継続する期間の長さ、前記炭素除去処理の実行回数と、のうちの少なくとも一部を変更するようにしてもよい。

【0016】

これらのパラメータは炭素除去量に影響を与えるので、これらのパラメータを変更することによって、好ましい方法で炭素除去処理を実行することが可能である。

40

【0017】

また、前記制御部は、前記燃料電池に対する出力要求値が所定値以下であるときに前記炭素除去処理を実行するようにしてもよい。

【0018】

上記のような炭素除去処理では、改質器において生成される水素ガスの量が低下する。したがって、燃料電池に対する出力要求値が高いときには炭素除去処理を行わず、出力要求値が所定値以下のときに実行するようすれば、燃料電池の出力に過度の影響を与えることなく炭素除去処理を実行することが可能である。

【0019】

50

なお、前記制御部は、前記燃料改質装置の始動時に前記炭素除去処理を実行するようにしてもよい。

【0020】

燃料改質装置の始動時は、一般に、燃料電池における水素ガスの要求量も少ないので、燃料電池の出力に過度の影響を与えることなく炭素除去処理を実行することが可能である。

【0021】

前記制御部は、前記燃料改質装置の始動時において前記炭素除去処理を実行する際に、前記改質器に供給される前記原燃料を完全燃焼させるのに十分な量以上の酸素を前記改質器に供給するように前記酸素供給部を制御するようにしてもよい。

【0022】

こうすれば、より効率的に炭素を除去することが可能である。

【0023】

また、前記制御部は、前記燃料改質装置の始動時において前記炭素除去処理を実行する際に、前記改質器に前記酸素と共に前記原燃料も供給するように前記酸素供給部と前記原燃料供給部とを制御するようにしてもよい。

【0024】

こうすれば、原燃料の酸化による発熱によって、改質器内の触媒の昇温を早めることが可能である。

【0025】

また、燃料改質装置は、前記改質触媒の上流側に、前記原燃料と前記酸素とを加熱するための電気加熱部を備えるようにしてもよい。この場合に、前記制御部は、前記燃料改質装置の始動時において前記炭素除去処理を実行する際に、前記電気加熱部を用いて前記酸素と前記原燃料とを加熱するようにしてもよい。

【0026】

こうすれば、原燃料の酸化反応をより効率的に行わせることが可能であり、この結果、炭素の除去と触媒の加熱とをより効率的に行うことができる。

【0027】

また、燃料改質装置は、前記改質触媒の温度を検出するための温度センサを備えていてもよい。この場合に、前記制御部は、前記温度センサで検出された前記改質触媒の温度が所定の限界値を超えないように、前記炭素除去処理における前記原燃料と前記酸素と前記水の供給量を制御するようにしてもよい。

【0028】

この構成では、改質触媒のオーバーヒートをより確実に防止することが可能である。

【0029】

前記制御部は、前記改質器への前記酸素の供給量を過剰に制御することによって前記炭素除去処理を実行するようにしてもよい。あるいは、前記改質器への前記原燃料の供給量を過剰に制御することによって前記炭素除去処理を実行するようにしてもよい。

【0030】

これらのいずれの方法によっても、炭素除去処理を実現することが可能である。

【0031】

本発明は、さらに、上述した燃料改質装置を備えた移動体としても実現可能である。この移動体は、燃料電池と、2次電池と、燃料改質装置と、前記移動体の推進力を発生するための原動機と、前記燃料電池と前記2次電池とのうちの少なくとも一方から供給される電力を用いて前記原動機を駆動する駆動回路と、前記燃料改質装置と前記原動機と前記駆動回路とを制御するための制御部と、を備える。

【0032】

このような移動体に上述した燃料改質装置を利用すれば、改質器内における炭素の蓄積による改質効率の低下を抑制することができ、従って、燃料効率を向上させることが可能である。

【0033】

10

20

30

40

50

なお、上記移動体において、前記制御部は、前記原動機への出力要求値が所定値以下であるときに前記炭素除去処理を実行するようにしてもよい。

【0034】

こうすれば、移動体の動作に過度の影響を与えることなく炭素除去処理を実行することが可能である。

【0035】

また、上記移動体において、前記制御部は、前記移動体の始動時と、アイドル時と、減速時と、キーオフ時と、のうちの少なくとも1つの時期において前記炭素除去処理を実行するようにしてもよい。

【0036】

これらの時期では原動機の出力要求値が低いので、移動体の動作に過度の影響を与えることなく炭素除去処理を実行することが可能である。

【0037】

また、上記移動体において、前記制御部は、前記炭素除去処理を実行する際に、前記炭素除去処理による前記燃料電池の出力の低下分を前記2次電池によって補充するように前記駆動回路を制御するようにしてもよい。

【0038】

こうすれば、炭素除去処理による移動体の動作への影響を、より小さくすることが可能である。

【0039】

なお、本発明は、種々の態様で実現することが可能であり、例えば、燃料改質装置およびその制御方法、燃料電池システムおよびその制御方法、それらの装置またはシステムを備える移動体およびその制御方法、それらの方法または装置の機能を実現するためのコンピュータプログラム、そのコンピュータプログラムを記録した記録媒体、そのコンピュータプログラムを含み搬送波内に具現化されたデータ信号、等の態様で実現することができる。

【0040】

【発明の実施の形態】

次に、本発明の実施の形態を実施例に基づいて以下の順序で説明する。

A．装置の構成：

B．第1実施例：

C．第2実施例：

D．第3実施例：

E．第4実施例：

F．第5実施例：

G．変形例：

【0041】

A．装置の構成：

図1は、本発明の一実施例としての電気自動車の概略構成図である。この電気自動車（以下、単に「車両」と呼ぶ）の車輪駆動機構は、モータ20と、トルクコンバータ30と、変速機40とを有している。モータ20の回転軸13は、トルクコンバータ30に結合されている。トルクコンバータの出力軸14は、変速機40に結合されている。変速機40の出力軸15は、ディファレンシャルギヤ16を介して車輪18の車軸17に結合されている。

【0042】

モータ20は、ロータ22と、ステータ24とを備える三相の同期モータである。ロータ22の外周面には、複数個の永久磁石が設けられている。また、ステータ24には、回転磁界を形成するための三相コイルが巻回されている。モータ20は、ロータ22に備えられた永久磁石による磁界と、ステータ24の三相コイルによって形成される磁界との相互作用により回転駆動する。また、ロータ22が外力によって回転させられる場合には、こ

10

20

30

40

50

これらの磁界の相互作用により三相コイルの両端に起電力を生じさせる。この場合には、モータ 20 は発電機として機能する。

【0043】

モータ 20 には、主電源としての燃料電池システム 60 と、補助電源としてのバッテリー（二次電池）50 と、の 2 つの電源が備えられている。バッテリー 50 は燃料電池システム 60 が故障した場合や、車両の始動時等のように燃料電池システム 60 から十分な電力を出力することができない場合などに、不足する電力をモータ 20 に供給する。バッテリー 50 の電力は、さらに、車両の制御を行う制御ユニット 70 や、照明装置などの電力機器（図示せず）にも供給される。

【0044】

2 つの電源 50, 60 からの電力は、それぞれの駆動回路 51, 52 と、切替スイッチ 80 とを介してモータ 20 に供給される。切替スイッチ 80 は、バッテリー 50 と、燃料電池システム 60 と、モータ 20 の 3 者間の接続状態を任意に切り替えることができる。ステータ 24 は、切替スイッチ 80 および第 1 の駆動回路 51 を介してバッテリー 50 に電氣的に接続され、また、切替スイッチ 80 および第 2 の駆動回路 52 を介して燃料電池システム 60 に接続される。2 つの駆動回路 51, 52 は、それぞれトランジスタインバータで構成されており、モータ 20 の三相それぞれに対して、ソース側とシンク側の 2 つを一組としてトランジスタが複数備えられている。これらの駆動回路 51, 52 は、制御ユニット 70 と電氣的に接続されている。

【0045】

制御ユニット 70 は、シフトレバー 72 と、アクセルペダル 74 と、ブレーキペダル 76 とから与えられる運転者の指令に基づいて、車両のための各種の制御を実行する。制御ユニット 70 が駆動回路 51, 52 の各トランジスタのオン・オフの時間を PWM 制御すると、バッテリー 50 および燃料電池システム 60 を電源とする擬似三相交流がステータ 24 の三相コイルに流れ、回転磁界が形成される。モータ 20 は、このような回転磁界の作用によって、先に説明した通り電動機または発電機として機能する。

【0046】

なお、制御ユニット 70 の各種の制御動作は、制御ユニット 70 に内蔵されているメモリ 71 内に格納されたコンピュータプログラムを、制御ユニット 70 が実行することによって実現される。メモリ 71 としては、ROM やハードディスクなどの種々の記録媒体を利用することが可能である。

【0047】

図 2 は、燃料電池システム 60 の内部構成を示す説明図である。この燃料電池システム 60 は、ガソリンなどの原燃料を貯蔵する原燃料タンク 110 と、水を貯蔵する水タンク 120 と、改質反応により原燃料から燃料ガス（「改質ガス」とも呼ぶ）を生成する改質器 130 と、燃料電池 140 とを備えている。改質器 130 は、改質原料を気化する気化部 132 と、気化部 132 に熱を供給する触媒加熱部 134 と、電気加熱部 135 と、改質触媒を収納した改質部 136 と、改質ガスを冷却するための熱交換部 137 と、シフト反応（変成反応）を利用して改質ガス中の一酸化炭素を低減するためのシフト部 138 と、選択酸化反応を利用して改質ガス中の一酸化炭素を低減するための選択酸化部 139 と、を有している。なお、気化部 132 と加熱部 134 とを合わせて「蒸発部」と呼ぶこともある。

【0048】

原燃料タンク 110 には原燃料供給路 202 が接続されており、水タンク 120 には水供給路 208 が接続されている。原燃料供給路 202 は 2 つの分岐流路 204, 206 に分岐している。第 1 の分岐流路 204 は、水供給路 208 と合流しており、合流後の流路 210 は気化部 132 に接続されている。一方、第 2 の分岐流路 206 は、加熱部 134 に接続されている。第 1 の分岐流路 204 には流量計 151 とポンプ 152 が設けられており、第 2 の分岐流路 206 にも流量計 153 とポンプ 154 が設けられている。また、水供給路 208 にも、流量計 155 とポンプ 156 が設けられている。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 9 】

ガソリンと水は、ポンプ 1 5 2 , 1 5 6 によってそれぞれ吸い出され、混合された状態で気化部 1 3 2 に導入される。この混合物を、以下では「改質原料」と呼ぶ。改質原料は気化部 1 3 2 において気化されて、ガソリン蒸気および水蒸気を含む改質原料ガスとなる。この改質原料ガスは、必要に応じて電気加熱部 1 3 5 によって加熱された後に、改質部 1 3 6 に供給される。この改質原料ガスは、改質部 1 3 6 と、シフト部 1 3 8 と、選択酸化部 1 3 8 とにおける化学反応によって水素ガスリッチな燃料ガス H R G に変換される。

【 0 0 5 0 】

改質器 1 3 0 で生成された燃料ガス H R G は、燃料ガス流路 2 1 2 を介して燃料電池 1 4 0 内の燃料ガス通路 1 4 2 に導入される。また、燃料電池 1 4 0 内の空気通路 1 4 4 には、エアーポンプ 1 4 6 によって空気 A R F が供給される。このエアーポンプ 1 4 6 としては、例えばプロアを利用することができる。燃料電池 1 4 0 内では、燃料ガス H R G 内の水素と、空気 A R F 内の酸素との電気化学反応によって発電が行われ、この結果、燃料ガス H R G 中の水素が消費される。

10

【 0 0 5 1 】

燃料電池 1 4 0 からの燃料排ガスの排出路 2 1 4 は、改質器 1 3 0 の触媒加熱部 1 3 4 に戻されている。触媒加熱部 1 3 4 は、燃料排ガス中の水素を燃焼させて、その熱を気化部 1 3 2 に供給している。触媒加熱部 1 3 4 としては、白金触媒やパラジウム触媒などの貴金属触媒を用いて燃料排ガスやガソリンの燃焼反応を促進する装置を利用することができる。気化部 1 3 2 では、触媒加熱部 1 3 4 から与えられた熱によって改質原料が気化される。燃料排ガスの燃焼による熱では熱量が不足する場合には、ポンプ 1 5 4 を介して原燃料であるガソリンが触媒加熱部 1 3 4 に供給される。

20

【 0 0 5 2 】

電気加熱部 1 3 5 の上流側の混合室 1 3 5 a には、空気供給部 1 6 6 によって空気 A R O が供給されている。この空気供給部 1 6 6 は、エアーポンプ 1 6 6 a と、流量計 1 6 6 b と、電動弁 1 6 6 c とを有している。電気加熱部 1 3 5 は、この空気 A R O と、改質原料ガス（ガソリン蒸気と水蒸気の混合物）とを、改質部 1 3 6 内の反応に適した十分高い温度になるまで加熱するために使用される。

【 0 0 5 3 】

なお、原燃料タンク 1 1 0 と、流量計 1 5 1 と、ポンプ 1 5 2 とは、本発明における原燃料供給部を構成している。また、水タンク 1 2 0 と、流量計 1 5 5 と、ポンプ 1 5 6 とは、本発明における水供給部を構成している。さらに、この空気供給部 1 6 6 は、本発明における酸素供給部に相当する。但し、酸素供給部としては、一般に、酸素を含む酸化性化学物質を供給するものを利用することができる。

30

【 0 0 5 4 】

この燃料電池システムは、さらに、空気供給部 1 6 6 と同様な図示しない複数の空気供給部を有している。これらの空気供給部は、触媒加熱部 1 3 4 に空気を供給する他に、シフト部 1 3 8 や選択酸化部 1 3 9 の上流側の混合室 1 3 8 a , 1 3 9 a にそれぞれ空気（すなわち酸素）を供給する。

【 0 0 5 5 】

改質部 1 3 6 には、改質触媒の温度を測定するための温度センサ 1 9 2 が設けられている。また、改質器 1 3 0 内の各部 1 3 5 ~ 1 3 9 の上流側の混合室 1 3 5 a ~ 1 3 9 a にも、温度センサ 2 3 1 ~ 2 3 5 がそれぞれ設けられている。

40

【 0 0 5 6 】

さらに、改質器 1 3 0 と燃料電池 1 4 0 との間の燃料ガス流路 2 1 2 には、温度センサ 2 3 6 と、酸素濃度センサ 1 9 4 と、一酸化炭素濃度センサ 1 9 6 とが設けられている。制御ユニット 7 0 は、これらのセンサ 2 3 1 ~ 2 3 6 , 1 9 4 , 1 9 6 を含む各種のセンサで測定された測定値を制御入力として用いて、燃料電池システム 6 0 の制御を実行する。なお、図 2 では、制御ユニット 7 0 は、図示の便宜上、一部の構成部品（センサやポンプ）への接続のみが描かれており、他の構成部品への接続は図示が省略されている。

50

【 0 0 5 7 】

改質部 1 3 6 内では、主に水蒸気改質反応と部分酸化反応とが発生する。水蒸気改質反応では、原燃料（ガソリン）中の炭化水素系化合物と水蒸気とが反応して、主に水素ガスと二酸化炭素とが生成される。但し、水蒸気改質反応は吸熱反応なので、改質部 1 3 6 内の熱バランスをとるために、発熱反応である部分酸化反応が利用されている。ここで、「部分酸化反応」とは、原燃料の少なくとも一部の炭素が一酸化炭素までしか酸化されないような酸化反応を言う。電気加熱部 1 3 5 の上流側の混合室 1 3 5 a に供給される空気 A R O は、この部分酸化反応に使用される。

【 0 0 5 8 】

ところで、炭化水素系化合物の改質反応では、原燃料が分解され、この分解によって生成された炭素が改質触媒に析出して、改質触媒の活性を低下させる。特に、ガソリンなどのような、高級炭化水素系化合物を主成分とする原燃料を用いた場合には、炭素の析出量が多い傾向にある。ここで、「高級炭化水素系化合物」とは、炭素原子を 4 個以上含むような炭化水素系化合物を意味する。そこで、以下に説明する各種の実施例では、改質器 1 3 0 への改質原料（原燃料、水、酸素）の投入量を制御することによって、改質触媒における析出炭素の蓄積を低減している。

【 0 0 5 9 】

なお、改質部 1 3 6 内に收容される改質触媒としては、すすの発生が少ないものが好ましい。このような改質触媒としては、例えば、貴金属触媒、ニッケル触媒、コバルト触媒、ペロブスカイト触媒、ヘキサアルミネート触媒などを利用することができる。また、触媒担体としては、例えば、アルミナや、ジルコニア、チタニアなどのセラミックスを利用することができる。

【 0 0 6 0 】

B . 第 1 実施例 :

図 3 は、本発明の第 1 実施例における炭素除去モード運転の様子を示す説明図である。図 3 (A) は、炭素除去モード運転において改質部 1 3 6 に供給される水蒸気の分子数 S (すなわち水蒸気分子のモル数) と、炭素の原子数 C と、酸素の原子数 O の時間変化をそれぞれ示している。これらの値 S , C , O は、流量計 1 5 5 , 1 5 1 , 1 6 6 b (図 2) で測定された水とガソリンと空気の流量からそれぞれ算出されたものである。図 3 (B) は、酸素・カーボン比 (O / C) の時間変化を示し、図 3 (C) はスチーム・カーボン比 (S / C) の時間変化を示している。ここで、「酸素・カーボン比 (O / C) 」とは、図 3 (A) に示されている酸素の原子数 O と、炭素の原子数 C との比である。また、スチーム・カーボン比 (S / C) は、水蒸気の分子数 S と、炭素の原子数 C との比である。

【 0 0 6 1 】

この第 1 実施例では、時刻 t_1 までは燃料電池システム 6 0 が定常運転状態で運転されているものと仮定している。定常運転状態では、改質部 1 3 6 に供給される水と原燃料と空気 A R O の投入量は、それぞれ一定である。この定常運転状態における O / C 比の値は約 0 . 7 であり、 S / C 比の値 (S / C) reg は約 2 . 0 である。なお、図 3 (B) に示されているように、定常運転状態における O / C 比の適正值 (O / C) reg の範囲は、約 0 . 7 ~ 約 1 . 0 の範囲である。この適正值 (O / C) reg は、燃料電池 1 4 0 の負荷などに依存しているが、通常運転状態ではこの範囲を超えることは無い。

【 0 0 6 2 】

時刻 t_1 , t_2 , t_3 からそれぞれ始まる期間 t においては、空気 A R O をほぼステップ状に増大させている。この空気供給量の増大に応じて、 O / C 比 (図 3 (B)) も定常運転状態における適正值の範囲約 0 . 7 ~ 約 1 . 0 を超えており、約 1 . 5 にまで増大している。すなわち、期間 t では、改質部 1 3 6 に対して空気 A R O が過剰に供給されている。ここで「過剰な空気を供給する」とは、定常運転状態における O / C 比の適正值の範囲を超えるような量の空気が供給されることを意味する。なお、以下では、この期間 t を「炭素除去期間」または「炭素燃焼期間」と呼び、この期間 t において改質器 1 3 0 内で行われる処理を「炭素除去処理」と呼ぶ。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 3 】

このように、過剰な空気 A R O を改質部 1 3 6 に供給することによって、改質触媒に蓄積されている析出炭素を燃焼させることができる。但し、過剰な空気 A R O を連続的に投入すると、改質触媒の温度が加熱してしまう可能性がある。そこで、第 1 実施例では、炭素除去期間 t を数秒程度の短い時間に設定するとともに、ほぼ一定の間隔で炭素除去期間を複数回設けている。換言すれば、第 1 実施例では、炭素除去処理を断続的に（すなわち間欠的に）複数回実行している。こうすることによって、改質触媒が加熱することを防止しつつ、改質触媒に蓄積されている析出炭素を燃焼させて、炭素の蓄積量を低減することができる。但し、炭素除去期間（炭素除去処理）を 1 回だけ行うようにすることも可能である。

10

【 0 0 6 4 】

なお、以下では、1 回以上の炭素除去期間 t を含む燃料電池システム 6 0 の運転状態を、「炭素除去モード運転」と呼ぶ。

【 0 0 6 5 】

図 4 は、炭素除去期間 t 中の O / C 比と、炭素除去期間 t の長さとの関係の一例を示すマップである。ここでは、炭素除去モード運転中に除去すべき炭素量が一定であり、また、炭素除去処理の実行回数（すなわち炭素除去期間の回数）が一定であると仮定している。この場合には、炭素除去期間 t が長いほど O / C 比は小さくて済み、空気 A R O の投入量が少なく済み。逆に、炭素除去期間 t が短いほど O / C 比は大きくなる。なお、炭素除去モード運転において除去すべき炭素量が増加すると、図 4 のマップは全体的に上に移動する。制御ユニット 7 0 は、予め準備されている図 4 のようなマップを参照して、期間 t の長さや空気 A R O の投入量を決定する。

20

【 0 0 6 6 】

図 5 は、炭素除去期間 t 中の O / C 比と、触媒温度 T_{cat} との関係の一例を示すマップである。ここでは、炭素除去モード運転によって除去すべき炭素量が一定であり、また、炭素除去期間 t の長さも一定であると仮定している。炭素除去期間 t の長さが一定の場合には、O / C 比が大きいほど触媒温度 T_{cat} が上昇する傾向にある。触媒温度 T_{cat} が過度に上昇すると、触媒を劣化させる原因となるので好ましくない。そこで、制御ユニット 7 0 は、炭素除去期間 t 内において、触媒温度 T_{cat} がその上限値 T_{lim} 以下に収まるように空気 A R O の投入量を決定する。

30

【 0 0 6 7 】

上述の説明から理解できるように、制御ユニット 7 0 は、炭素除去モード運転において除去すべき炭素量や、改質触媒の温度の上限値 T_{lim} 等を考慮し、図 4 や図 5 のようなマップを利用して、炭素除去期間 t の長さ、炭素除去処理の回数と、O / C 比（すなわち空気 A R O の投入量）とを決定する。

【 0 0 6 8 】

また、制御ユニット 7 0 は、温度センサ 1 9 2（図 2）を用いて改質触媒の温度を監視し、改質触媒がその上限値 T_{lim} を超えないように、炭素除去期間 t の長さ、炭素除去処理の回数と、O / C 比とを含む複数のパラメータのうち少なくとも 1 つを変更しながら炭素除去モード運転を行ってもよい。

40

【 0 0 6 9 】

図 6 は、第 1 実施例において車両が通常運転を行っているときに制御ユニット 7 0 が行う炭素除去の制御手順を示すフローチャートである。ステップ S 1 では、まず、その運転状態における単位時間当たりの炭素析出量 C_{dep} を予測する。図 7 は、単位時間当たりの炭素析出量 C_{dep} の予測値の一例を示すマップである。S / C 比が一定の場合には、O / C 比が大きいほど炭素析出量 C_{dep} は少なくなる。このようなマップは、S / C 比の複数の値についてそれぞれ予め準備されている。また、実際の炭素析出量 C_{dep} は、原燃料（ガソリン）の投入量にも比例する。従って、制御ユニット 7 0 は、S / C 比と、O / C 比と、原燃料（ガソリン）の投入量とに基づいて、各運転時点における炭素析出量 C_{dep} を算出する。

50

【 0 0 7 0 】

ステップ S 2 では、予測された炭素析出量 C_{dep} を時間的に積分することによって、積算炭素析出量 C_{dep} (炭素蓄積量) を算出する。ステップ S 3 では、この積算炭素析出量 C_{dep} を、予め決定された閾値 th と比較する。積算炭素析出量 C_{dep} が閾値 th 未満のときには、そのままステップ S 1 に戻る。一方、積算炭素析出量 C_{dep} が閾値 th 以上のときには、ステップ S 4 において炭素除去モード運転を実行する。

【 0 0 7 1 】

図 8 は、炭素除去モード運転の詳細手順を示すフローチャートである。ステップ T 1 では、制御ユニット 7 0 が、アクセル開度などからモータ 2 0 の駆動力要求値 P_{req} を算出する。ステップ T 2 では、この駆動力要求値 P_{req} を、燃料電池出力 P_{fc} とバッテリー出力 P_{sc} とに割り当てる。この割り当ては、燃料電池 1 4 0 の運転状態や、バッテリー 5 0 の蓄電量に応じて適宜実行される。

10

【 0 0 7 2 】

ステップ T 3 では、炭素除去モード運転中の炭素除去期間 t における燃料電池出力の低下量 P を求める。この出力低下量 P は、炭素除去期間 t における空気 A R O の投入量 (すなわち O / C 比) に応じて算出される。そして、この出力低下量 P が、バッテリーの割り当て出力 P_{sc} に加算されて、最終的なバッテリー出力 P_{sc}' が決定される。このようにすれば、炭素除去モード運転によって燃料電池 1 4 0 の出力が低下しても、バッテリー 5 0 からその出力を補完することによって、必要な動力をモータ 2 0 に供給することが可能である。

20

【 0 0 7 3 】

ステップ T 4 では、N 回 (N は 1 以上の整数) の炭素除去処理を含む炭素除去モード運転を実行する。そして、ステップ T 5 では、この炭素除去モード運転によって除去される炭素量を算出して、積算炭素析出量 C_{dep} から減算する。なお、炭素除去モード運転によって除去される炭素量は、炭素除去期間 t の長さ、炭素除去処理の回数 N と、O / C 比の値とに応じて算出される。この結果、炭素除去モード運転後の積算炭素析出量 C_{dep} を正しく評価することができる。こうして炭素除去モード運転が終了すると、図 6 のステップ S 1 に戻り、ステップ S 1 ~ S 4 が繰り返される。

【 0 0 7 4 】

このように、改質触媒における積算炭素析出量 C_{dep} を算出し、その値が所定の閾値 th 以上になったときに炭素除去モード運転を行うようにすれば、改質触媒における積算炭素析出量 C_{dep} を一定値以下に制限することができる。この結果、改質触媒の活性が過度に低下することを防止することが可能である。また、積算炭素蓄積量 C_{dep} が少ないときには炭素除去モード運転を行わないので、不要な炭素除去モード運転を実行して原料を浪費することを防止することが可能である。

30

【 0 0 7 5 】

なお、積算炭素蓄積量 C_{dep} (すなわち炭素蓄積量) を算出する方法としては、上述した方法以外の種々の方法を採用することが可能であり、一般に、改質器 1 3 0 の運転状態の履歴に応じて改質器 1 3 0 内の炭素蓄積量を算出することが可能である。

【 0 0 7 6 】

図 9 は、炭素除去の他の制御手順を示すフローチャートである。ステップ S 1 1, S 1 2 における積算炭素析出量 C_{dep} の算出は、前述した図 6 のステップ S 1, S 2 の内容と同じである。ステップ S 1 3 では、前回の炭素除去モード運転からの経過時間 t を算出する。ステップ S 1 4 では、この経過時間 t を、予め決定された閾値 T_p と比較する。経過時間 t が閾値 T_p 未満のときには、そのままステップ S 1 1 に戻る。一方、経過時間 t が閾値 T_p 以上のときには、ステップ S 1 5 において、積算炭素析出量 C_{dep} に応じて、炭素除去モード運転における炭素除去処理の実行回数 N を決定する。

40

【 0 0 7 7 】

図 1 0 は、積算炭素析出量 C_{dep} と炭素除去処理の実行回数 N との関係の一例を示すマップである。この例に示すように、積算炭素析出量 C_{dep} が多いほど炭素除去処理の実

50

行回数 N が多くなる。図 9 のステップ $S16$ においては、 N 回の炭素除去処理を含む炭素除去モード運転が実行される。なお、炭素除去モード運転の詳細手順は、前述した図 8 に示したものと同一である。このように、炭素除去モード運転を一定の時間間隔 Tp 毎に実行するようにしても、改質触媒に炭素が過剰に蓄積することを防止することが可能である。

【0078】

上述した第 1 実施例によれば、燃料電池システム 60 の通常運転中に、空気 ARO を改質部 136 に過剰に投入して、 O/C 比の値を定常運転状態における適正値の範囲よりも大きな値になるようにしたので、改質触媒に蓄積している析出炭素を燃焼させて除去することができる。この結果、改質触媒の活性が過度に低下することを防止できるという利点がある。

10

【0079】

C. 第 2 実施例：

図 11 は、本発明の第 2 実施例における炭素除去モード運転の様子を示す説明図である。図 3 に示した第 1 実施例とは、水の供給量（水蒸気の数 S ）の変化と、これに応じた S/C 比の変化が異なるだけであり、原燃料の供給量（炭素の原子数 C ）と、空気 ARO の供給量（酸素の原子数 O ）と、 O/C 比とは第 1 実施例と同じである。

【0080】

第 2 実施例において、制御ユニット 70 は、温度センサ 192（図 2）を用いて改質触媒の温度を監視し、改質触媒がその温度上限値を超えないように、水の投入量を制御している。すなわち、炭素除去期間 t において酸素が改質部 136 に過剰に供給されると、触媒温度（図示省略）が徐々に上昇する。そこで、制御ユニット 70 は、触媒温度が上昇すると水の供給量を増加させる。水の供給量を増加させると、改質部 136 内における水蒸気改質の割合が増加し、水蒸気改質は吸熱反応なので触媒温度は低下する。従って、制御ユニット 70 は、水の供給量を図 11 に示すように調整することによって、触媒温度がその上限値以下に保たれるような制御を実行することができる。

20

【0081】

このように、炭素除去処理中に水の供給量を調整するようにすれば、改質触媒が加熱して劣化してしまうことを防止することが可能である。

【0082】

D. 第 3 実施例：

図 12 は、本発明の第 3 実施例における炭素除去モード運転の様子を示す説明図である。第 3 実施例では、図 3 に示した第 1 実施例とは異なり、炭素除去期間 t において、空気 ARO の供給量（酸素の原子数 O ）は一定であり、原燃料の供給量（炭素の原子数 C ）が減少している。

30

【0083】

図 12 (B) を図 3 (B) と比較すれば理解できるように、第 3 実施例における O/C 比の変化は、第 1 実施例と同じである。このように、原燃料の供給量を過少にすることによっても、実質的に酸素を過剰にすることができ、この結果、改質触媒に蓄積されている析出炭素を燃焼させることが可能である。

40

【0084】

なお、第 3 実施例では、炭素除去期間 t 中に S/C 比が高くなっており、原燃料に比べて水蒸気の供給量が多くなっている。従って、第 3 実施例では、炭素除去期間 t 中に吸熱反応である水蒸気改質反応の割合が増加するので、改質触媒が加熱することを防止できるという利点もある。但し、図 11 に示した第 2 実施例と同様に、改質触媒の温度がその上限値を超えないように、水蒸気の投入量を制御するようにしてもよい。これは、以下で説明する他の実施例においても同様である。

【0085】

E. 第 4 実施例：

図 13 は、第 4 実施例における炭素除去モード運転の実行時期の制御手順を示すフローチ

50

ャートである。上述した第1ないし第3実施例では、車両の通常運転中における炭素除去モード運転のみを考慮していたが、以下に説明するように、第4実施例では車両の種々の運転時期に合わせて炭素除去モード運転を実行する。

【0086】

図13のステップS21～S25の手順では、車両が、(1)始動時、(2)アイドリング時、(3)減速時、(4)キーオフ時、のうちのいずれかの状態にあるときに、炭素除去モード運転が実行される。

【0087】

ここで、「始動時」とは、車両のキーがオフ状態からオン状態に切り替えられた後であって、燃料電池システム60の運転が開始された直後の時期を意味している。また、「アイドリング時」とは、車両が停止しており、アクセル開度がゼロであって、かつ、燃料電池システム60が動作している時期を意味している。例えば、車両の停止中に、バッテリー50の充電のために燃料電池システム60が動作している場合は、この「アイドリング時」に相当する。「減速時」とは、車両が移動しており、かつ、アクセル開度がゼロである時期を意味している。「キーオフ時」とは、車両のキーがオン状態からオフ状態に切り替えられた後であって、燃料電池システム60の運転が完全に停止される直前の時期を意味している。

【0088】

これらの4つの時期においては、燃料電池140の出力要求値が少なく、燃料電池140に供給すべき水量も少ない。従って、これらの時期において炭素除去モード運転を行えば、車両の運転への影響が少なく済むという利点がある。以下に説明するように、上述した各時期における炭素除去モード運転の具体的な方法は、それぞれの異なってもよい。

【0089】

図14は、車両の始動時における炭素除去モード運転の様子を示す説明図である。時刻 t_{10} において車両がキーオンされ、燃料電池システム60の運転が開始されると、時刻 t_{11} までは触媒加熱部134(図2)のみが運転されて昇温される。触媒加熱部134の温度がある程度高くなると、時刻 t_{11} から水と原燃料の気化部132への供給が開始され、また、空気供給部166からの空気A R Oの供給も開始される。その後、時刻 t_{12} および時刻 t_{13} から開始される炭素除去期間 t において、それぞれ炭素除去処理が実行される。

【0090】

図15は、車両のキーオフ時における炭素除去モード運転の様子を示す説明図である。時刻 t_{20} において車両がキーオフされ、燃料電池140の運転が停止されると、水と原燃料の供給量もほとんどゼロになる。しかし、制御ユニット70は、空気A R Oの供給を時刻 t_{21} まで継続する。従って、この期間 $t_{20} \sim t_{21}$ においては、改質触媒に蓄積している析出炭素が燃焼し、除去される。なお、この炭素除去期間 $t_{20} \sim t_{21}$ における空気A R Oの供給量は、改質触媒の温度が過度に上昇しないように制御されている。

【0091】

図15(B)に示すように、この炭素除去期間 $t_{20} \sim t_{21}$ において、O/C比は定常運転状態の適正值の範囲(約0.7～約1.0)を大きく超えている。この理由は、期間 $t_{20} \sim t_{21}$ では原燃料が改質器130に供給されていないので、O/C比が無限大に発散してしまうからである。この例からも理解できるように、本明細書において「O/C比が定常運転状態の適正值の範囲を超える」という文言は、改質器130への原燃料の投入量がゼロであって、かつ、酸素(すなわち空気A R O)の投入量がゼロでないような場合を含む広い意味を有している。

【0092】

アイドリング時と、減速時の炭素除去モード運転は、上述した図3(第1実施例)や、図11(第2実施例)、または、図12(第3実施例)と同様な方法によって実行することができる。但し、アイドリング時と減速時には、燃料電池140の要求出力が少なく、水

10

20

30

40

50

素量も少なくて済むので、改質器 130 への水と原燃料と空気 ARO の供給量自体は、定常運転時よりも大幅に少ない。

【0093】

上述した第4実施例では、燃料電池 140 への出力要求値が少ないときに炭素除去モード運転を行うようにしたので、車両の運転への影響が少なくて済むという利点がある。但し、炭素除去モード運転は、上述した4つの時期のすべてで実行される必要は無く、その一部においてのみ実行されるようにしてもよい。また、これらの4つの時期とは別に、燃料電池システム 60 の走行中においても、燃料電池 140 への出力要求値が所定値以下のときに炭素除去モード運転を行うようにしてもよい。あるいは、モータ 20 (原動機) への出力要求値が所定値以下のときに炭素除去モード運転を行うようにしてもよい。

10

【0094】

F. 第5実施例：

図16は、第5実施例における炭素除去モード運転の制御手順を示すフローチャートである。この第4実施例では、燃料電池システム 60 の始動時において、改質触媒に蓄積されている炭素量に応じて炭素除去モード運転の方法を切り替えている。なお、「燃料電池システム 60 の始動」とは、室温からの始動 (コールドスタート) を意味している。

【0095】

ステップ S31 では、制御ユニット 70 がメモリ 71 (図2) から積算炭素析出量 C_{dep} を読み出す。積算炭素蓄積量 C_{dep} を記憶するメモリとしては、EEPROM などの不揮発性メモリが使用される。

20

【0096】

ステップ S32 では、積算炭素析出量 C_{dep} を第1の閾値 L_1 と比較する。積算炭素析出量 C_{dep} が第1の閾値 L_1 よりも少ないときには、炭素除去モード運転を行わずに、通常の運転モードによる燃料電池システム 60 の運転を開始する (ステップ S34)。一方、積算炭素析出量 C_{dep} が第1の閾値 L_1 以上のときには、ステップ S33 において、積算炭素析出量 C_{dep} を第2の閾値 L_2 と比較する。この第2の閾値 L_2 は、第1の閾値 L_1 よりも大きな値に設定されている。

【0097】

積算炭素析出量 C_{dep} が第2の閾値 L_2 よりも少ないときには、ステップ S35 において第1のモードによる炭素除去処理を実行し、一方、積算炭素析出量 C_{dep} が第2の閾値 L_2 以上のときには、ステップ S36 において第2のモードによる炭素除去処理を実行する。ここで、第1のモードは、炭素除去量の少ない弱モードであり、第2のモードは炭素除去量の多い強モードである。

30

【0098】

第1のモード (弱モード) としては、例えば図14に示した運転方法を採用することができる。また、第2のモード (強モード) としては、第1のモードよりも炭素除去量が多い任意の炭素除去処理方法を採用することができ、例えば図17に示すような処理方法を採用することができる。

【0099】

図17の時刻 t_{30} において燃料電池システム 60 の運転が開始されると、時刻 t_{31} までは触媒加熱部 134 (図2) のみが運転されて昇温される。触媒加熱部 134 の温度がある程度高くなると、時刻 t_{31} から時刻 t_{32} まで炭素除去処理が実行される。この炭素除去期間 $t_{31} \sim t_{32}$ では、水蒸気は改質部 136 に供給されず、原燃料ガス (ガソリン) と空気 ARO のみが供給される。このとき、電気加熱部 135 を用いて原燃料ガスと空気 ARO を加熱し、改質触媒に蓄積されている炭素が燃焼するのに十分な高い温度にまで昇温する。

40

【0100】

また、この炭素除去期間 $t_{31} \sim t_{32}$ では、原燃料の供給量を定常運転状態に比べて少なくしており、逆に空気 ARO を過剰に供給している。具体的には、図17 (B) に示すように、O/C 比の値は定常運転時の適正值の範囲 (約 0.7 ~ 約 1.0) を大きく超え

50

ており、ピークではO/C比が約4.8にまで達している。また、この実施例では、O/C比が約3.1となる空気供給量が、原燃料が完全燃焼するために必要な酸素量に相当するものと仮定している。従って、この炭素除去期間 $t_{31} \sim t_{32}$ では、原燃料が完全燃焼するよりも過剰な酸素が改質部136に供給されている。

【0101】

図17(C)は、空気過剰率の変化を示している。ここで、「空気過剰率」とは、原燃料が完全燃焼するために必要な酸素量の何倍の酸素が改質部136に供給されているかを示す指標である。前述したように、本実施例では完全燃焼に相当するO/C比が約3.1であると仮定しているため、空気過剰率はO/C比を3.1で除した値に等しい。空気過剰率が1を超えている場合には、原燃料の酸化反応に使用されずに残る酸素が存在するので、この残存酸素によって、触媒に蓄積している酸素が除去される。

10

【0102】

このように、炭素除去期間 $t_{31} \sim t_{32}$ においては、電気加熱部135を用いて原燃料ガスと空気AROを十分昇温するとともに、原燃料が完全燃焼するために必要な量以上に過剰な空気が供給されているので、改質触媒に蓄積している析出炭素を燃焼させて、その蓄積量を低減することが可能である。

【0103】

本実施例では、改質部136内に設けられた温度センサ192や、各部136~139の上流側と下流側に設けられた温度センサ232~236を用いて、制御ユニット70が各位置における温度を監視している。そして、各部に収納されている触媒の温度がなるべく早く上昇するように、空気AROの供給量を制御している。また、空気AROの供給量を制御することによって、改質部136や、シフト部138、選択酸化部139内の触媒が加熱することを防止している。

20

【0104】

なお、原燃料の供給量を一定として空気AROの供給量を制御する代わりに、空気AROの供給量を一定として原燃料の供給量を制御するようにしてもよい。あるいは、空気AROと原燃料の両方の供給量を制御して、同様な効果を得ることも可能である。さらに、温度センサの代わりに、酸素濃度センサや、燃料濃度センサによる測定値を用いて、原燃料と空気AROの供給量を制御するようにしてもよい。

【0105】

また、炭素除去期間 $t_{31} \sim t_{32}$ においては、原燃料ガス(ガソリンガス)を供給せずに、空気AROのみを改質部136に供給するようにしてもよい。但し、原燃料ガスを空気AROと共に改質部136に供給するようにすれば、改質触媒の温度をより速やかに上昇させることが可能である。

30

【0106】

なお、上記第5実施例では、積算炭素蓄積量 C_{dep} に応じて、炭素除去処理の2つのモードのうちのいずれかを選択して実行していたが、炭素除去処理のモードとして、3つ以上のモードを準備するようにしてもよい。第5実施例では、積算炭素蓄積量 C_{dep} に応じて、炭素除去処理の複数のモードのうちのいずれかを選択して実行するようにしたので、積算炭素蓄積量 C_{dep} に応じた適切な処理を実行することが可能である。

40

【0107】

G. 変形例:

なお、この発明は上記の実施例や実施形態に限られるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々の態様において実施することが可能であり、例えば次のような変形も可能である。

【0108】

G1. 変形例1:

改質器の原燃料としては、ガソリン以外の炭化水素系燃料を使用可能であり、例えば、メタノール等のアルコールや、天然ガス、アルデヒド、エーテルなどの種々の炭化水素系化合物を利用可能である。但し、ガソリンのように、高級炭化水素系化合物(炭素原子が4

50

個以上含まれている炭化水素系化合物)を含む原燃料を用いた場合には、炭素の析出の問題が顕著なので、本発明を適用した場合の効果も顕著である。

【0109】

G2. 変形例2:

上記実施例では、燃料電池システム60を使用した電気自動車の例について説明したが、本発明は、車輪駆動用の原動機として、モータと内燃機関との2つの原動機を用いたハイブリッド自動車(ハイブリッド車両)にも適用することができる。また、本発明は、船舶や電車などのような、自動車以外の移動体にも適用可能である。すなわち、本発明は、一般に、燃料電池と、燃料改質装置と、燃料電池から供給される電力によって駆動される原動機と、を備える移動体に適用可能である。

10

【0110】

G3. 変形例3:

上記第1ないし第3実施例では、炭素除去モード運転において複数回の炭素除去期間を断続的に設けており、また、第4、第5実施例では、1回の炭素除去期間にわたって酸素(または原燃料)の投入量を連続的に制御するようにしていた。これらの実施例から理解できるように、本発明の炭素除去処理においては、O/C比が定常運転時の適正值の範囲を超えるように原燃料や酸素の供給量を制御すればよく、その具体的な制御方法としては種々の方法を採用することが可能である。ここで、「O/C比が定常運転時の適正值の範囲を超える」という文言は、O/C比が定常運転時の適正值の最大値よりも大きな値を取ることを意味する。但し、炭素除去を効率的に行うためには、O/C比を定常運転時の適正值の最大値の約1.2倍以上に設定することが好ましく、約1.5倍以上に設定することがさらに好ましい。

20

【0111】

また、上述した各種の実施例から理解できるように、炭素除去処理は所定の種々の条件下で実行することが可能である。すなわち、本発明では、一般に、所定の条件下において原燃料の供給量と酸素の供給量とのうちの少なくとも一方を制御することによって、炭素除去処理を実行すればよい。

【0112】

G4. 変形例4:

炭素除去処理の効果に影響を与えるパラメータとしては、原燃料の供給量や、酸素の供給量、炭素除去期間の長さ、炭素除去期間の実行回数等の種々のものが存在する。従って、炭素除去モード運転では、一般に、これらのパラメータのうち少なくとも一部を変更することによって炭素除去処理を実行することが可能である。

30

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例としての電気自動車の概略構成図。

【図2】燃料電池システム60の内部構成を示す説明図。

【図3】本発明の第1実施例における炭素除去モード運転の様子を示す説明図。

【図4】O/C比と炭素除去期間 t の長さとの関係の一例を示すグラフ。

【図5】O/C比と触媒温度 T_{cat} との関係の一例を示すグラフ。

【図6】第1実施例において電気自動車が通常運転を行っているときの炭素除去処理の制御手順を示すフローチャート。

40

【図7】炭素析出量 C_{dep} の予測値の一例を示すグラフ。

【図8】炭素除去モード運転の詳細手順を示すフローチャート。

【図9】炭素除去処理の他の制御手順を示すフローチャート。

【図10】積算炭素析出量 C_{dep} と炭素除去期間の実行回数との関係の一例を示すグラフ。

【図11】第2実施例における炭素除去モード運転の様子を示す説明図。

【図12】第3実施例における炭素除去モード運転の様子を示す説明図。

【図13】第4実施例における炭素除去モード運転の実行時期の制御手順を示すフローチャート

50

【図 1 4】自動車の始動時における炭素除去モード運転の様子を示す説明図。

【図 1 5】自動車のキーオフ時における炭素除去モード運転の様子を示す説明図。

【図 1 6】第 5 実施例における炭素除去モード運転の制御手順を示すフローチャート。

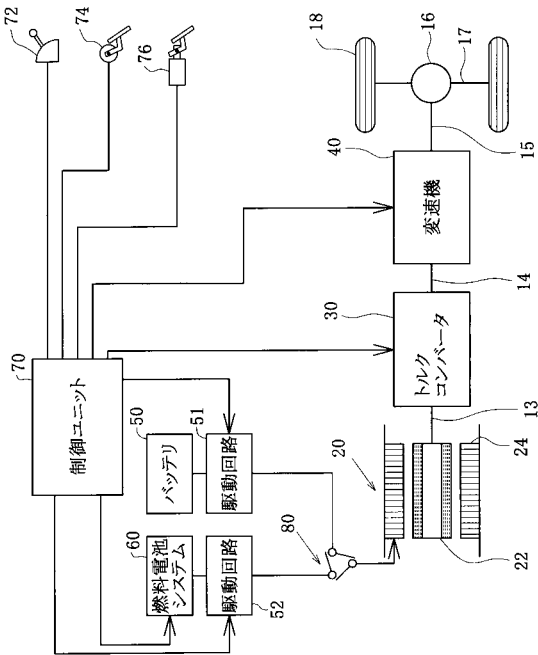
【図 1 7】第 5 実施例における強モードの様子を示す説明図。

【符号の説明】

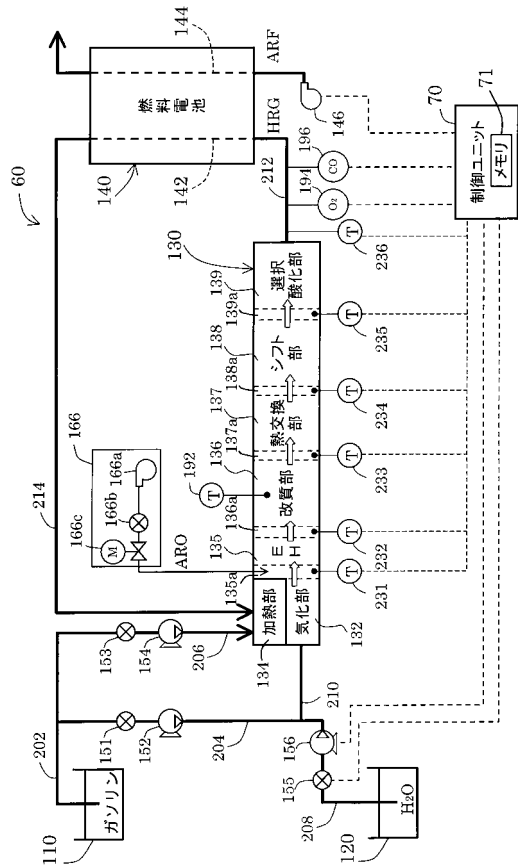
1 3 ... 回転軸	
1 4 ... 出力軸	
1 5 ... 出力軸	
1 6 ... ディファレンシャルギヤ	
1 7 ... 車軸	10
1 8 ... 車輪	
2 0 ... モータ	
2 2 ... ロータ	
2 4 ... ステータ	
3 0 ... トルクコンバータ	
4 0 ... 変速機	
5 0 ... バッテリ	
5 1 , 5 2 ... 駆動回路	
6 0 ... 燃料電池システム	
7 0 ... 制御ユニット	20
7 1 ... メモリ	
7 2 ... シフトレバー	
7 4 ... アクセルペダル	
7 6 ... ブレーキペダル	
8 0 ... 切替スイッチ	
1 0 2 ... 原燃料供給路	
1 0 8 ... 水供給路	
1 1 0 ... 原燃料タンク	
1 2 0 ... 水タンク	
1 3 0 ... 改質器	30
1 3 2 ... 気化部	
1 3 4 ... 触媒加熱部	
1 3 5 ... 電気加熱部	
1 3 6 ... 改質部	
1 3 7 ... 熱交換部	
1 3 8 ... シフト部	
1 3 8 ... 選択酸化部	
1 3 9 ... 選択酸化部	
1 4 0 ... 燃料電池	
1 4 2 ... 燃料ガス通路	40
1 4 4 ... 空気通路	
1 4 6 ... エアーポンプ	
1 5 1 ... 流量計	
1 5 2 ... ポンプ	
1 5 3 ... 流量計	
1 5 4 ... ポンプ	
1 5 5 ... 流量計	
1 5 6 ... ポンプ	
1 6 6 ... 空気供給部	
1 6 6 a ... エアーポンプ	50

- 1 6 6 b ... 流量計
- 1 6 6 c ... 電動弁
- 1 9 2 ... 温度センサ
- 1 9 4 ... 酸素濃度センサ
- 1 9 6 ... 一酸化炭素濃度センサ
- 2 0 2 ... 原燃料供給路
- 2 0 4 , 2 0 6 ... 分岐流路
- 2 0 8 ... 水供給路
- 2 1 0 ... 流路
- 2 1 2 ... 燃料ガス流路
- 2 1 4 ... 排出路
- 2 3 1 ~ 2 3 6 ... 温度センサ

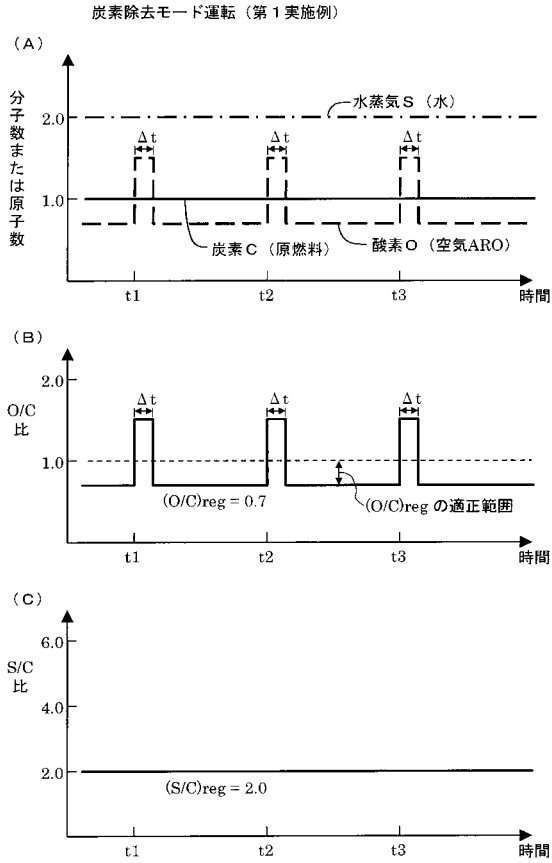
【 図 1 】



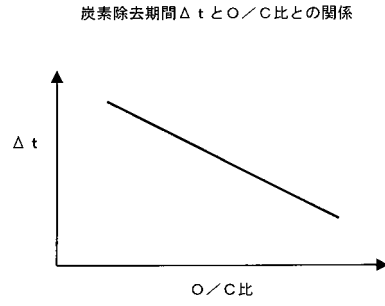
【 図 2 】



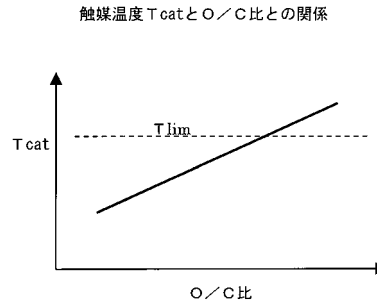
【図3】



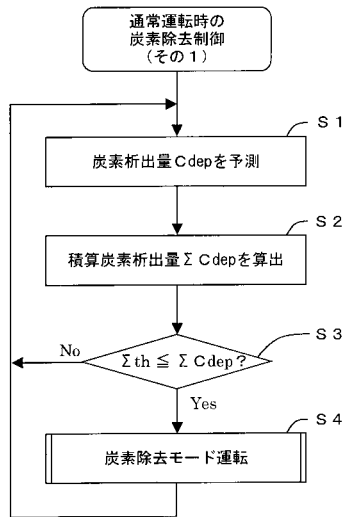
【図4】



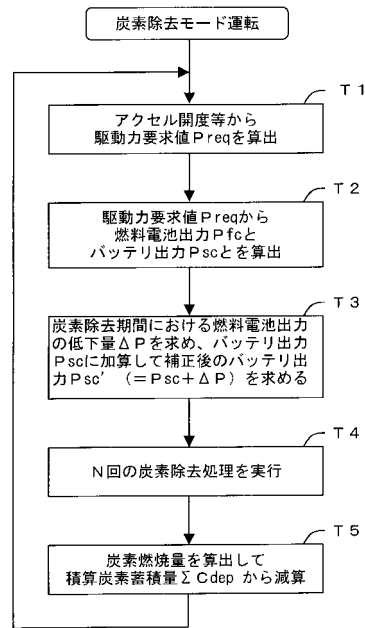
【図5】



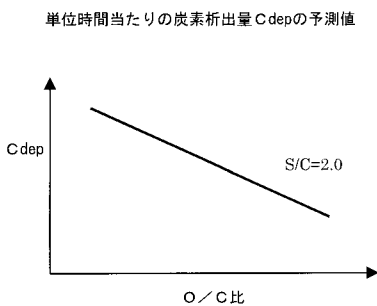
【図6】



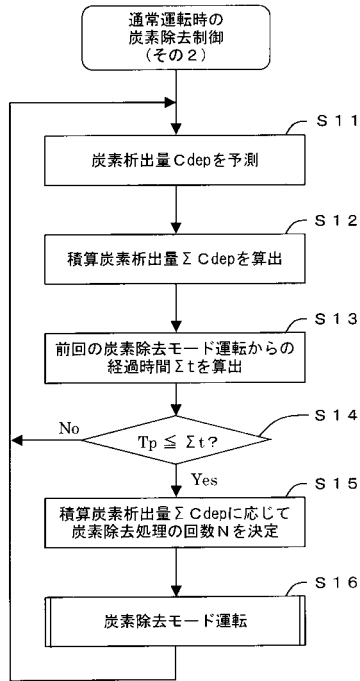
【図8】



【図7】

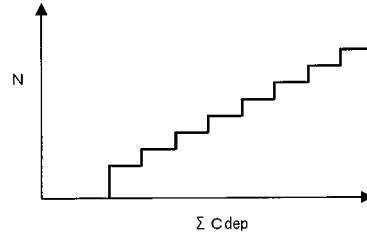


【図9】



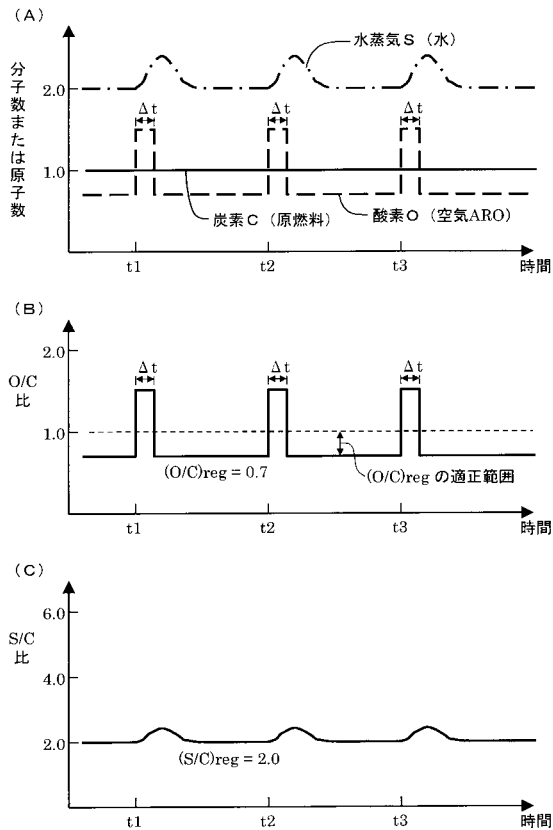
【図10】

積算炭素析出量 ΣCdepと炭素除去処理の実行回数 N



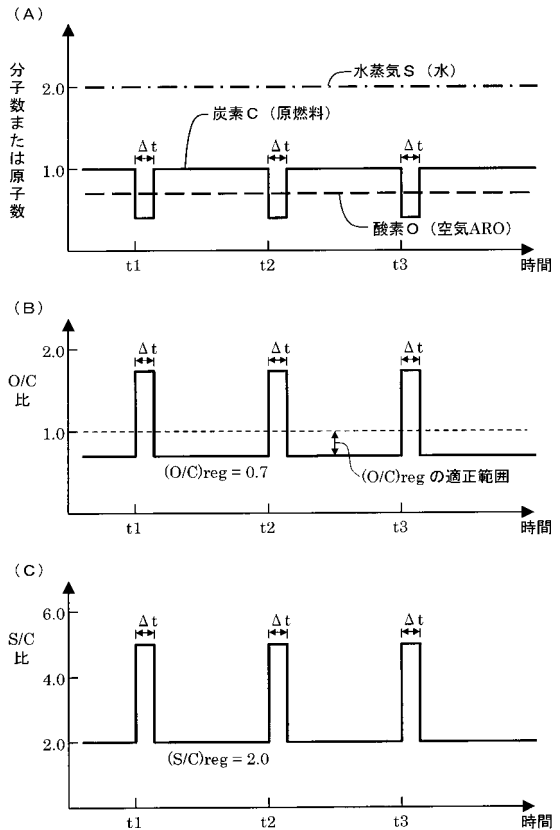
【図11】

炭素除去モード運転 (第2実施例)

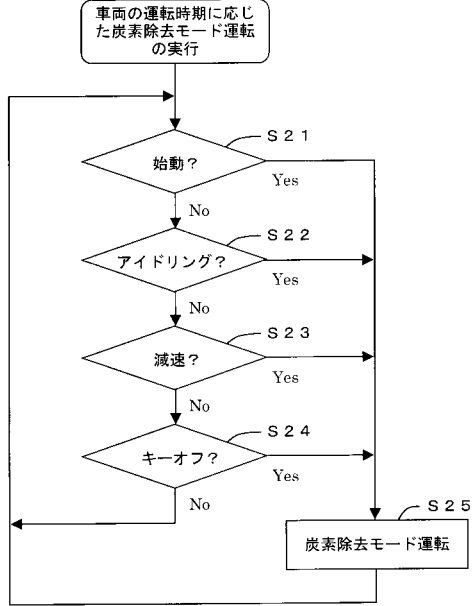


【図12】

炭素除去モード運転 (第3実施例)

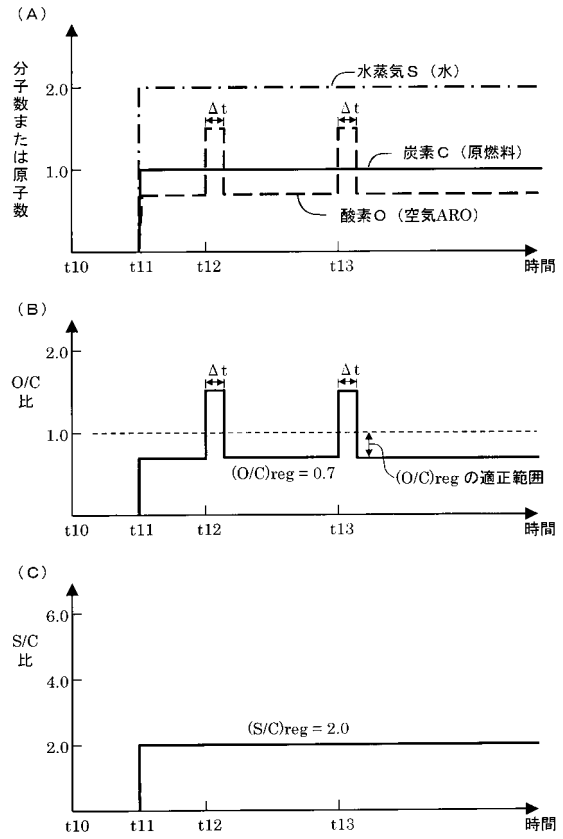


【図13】



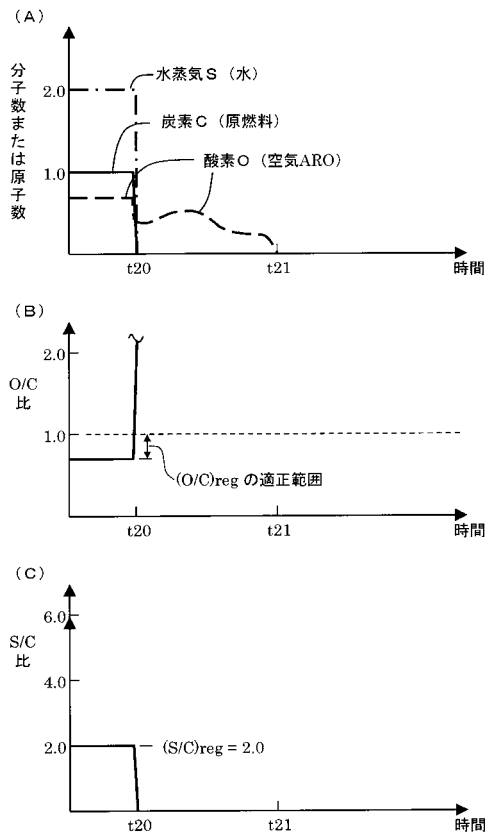
【図14】

起動時の炭素除去モード運転 (第4実施例)

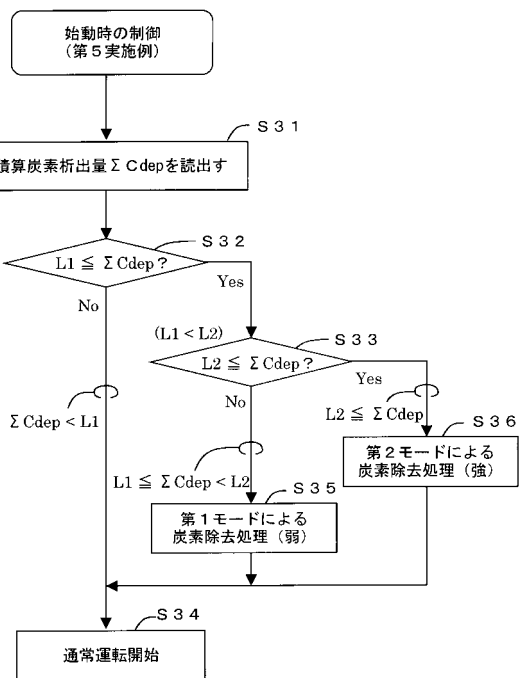


【図15】

キーオフ時の炭素除去モード運転 (第4実施例)

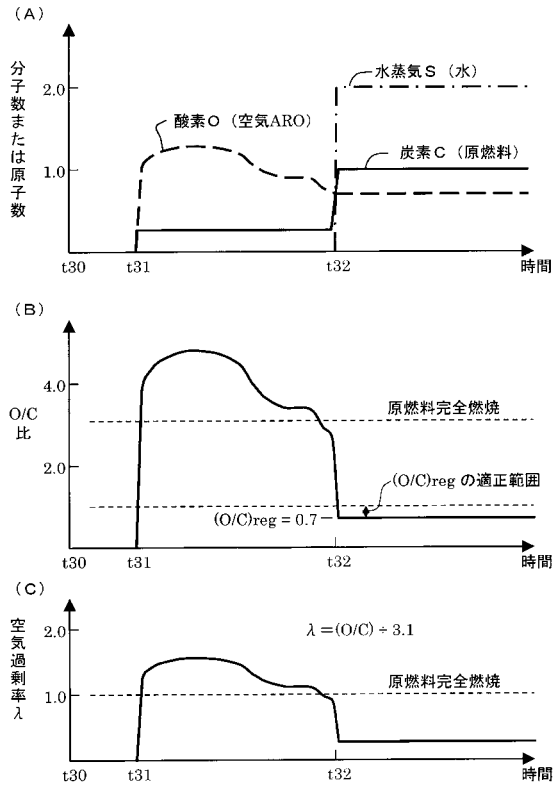


【図16】



【図17】

強モードにおける炭素除去処理（第5実施例）



フロントページの続き

(72)発明者 宇佐美 宏行
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

審査官 相羽 昌孝

(56)参考文献 特開平11-079702(JP,A)
国際公開第01/000254(WO,A1)
特開平03-214567(JP,A)
特開平06-044999(JP,A)
特開平08-246958(JP,A)
特開平11-117726(JP,A)
特開平08-138711(JP,A)
特開平09-161832(JP,A)
特開平08-119180(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01M 8/00- 8/24

B01J 38/12

C01B 3/38

B60L 11/18