

(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2005-200260
(P2005-200260A)

(43) 公開日 平成17年7月28日(2005.7.28)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
CO1B 3/38	CO1B 3/38	4G140
HO1M 8/04	HO1M 8/04	5HO27
HO1M 8/06	HO1M 8/06	G

審査請求 未請求 請求項の数 18 O L (全 26 頁)

(21) 出願番号	特願2004-7555 (P2004-7555)	(71) 出願人	000005821 松下電器産業株式会社
(22) 出願日	平成16年1月15日 (2004.1.15)		大阪府門真市大字門真1006番地
		(74) 代理人	100065868 弁理士 角田 嘉宏
		(74) 代理人	100106242 弁理士 古川 安航
		(74) 代理人	100110951 弁理士 西谷 俊男
		(74) 代理人	100114834 弁理士 幅 慶司
		(74) 代理人	100122264 弁理士 内山 泉
		(74) 代理人	100125645 弁理士 是枝 洋介

最終頁に続く

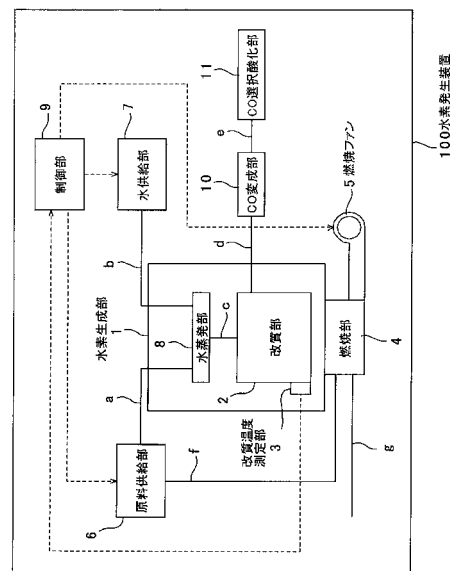
(54) 【発明の名称】 水素製造装置及び燃料電池発電システム

(57) 【要約】

【課題】 原料組成の変化にかかわらず効率よく安定して水素を製造することが可能な汎用性の高い水素製造装置、及び、それを備えた燃料電池発電システムを提供する

【解決手段】 水素製造装置100の起動時の予熱動作では、原料供給部6から燃焼部4に原料ガスが供給されて燃焼が行われ、改質部2が加熱される。ここで、改質部2の温度は改質温度測定部3によって検知されており、制御部9は、検知された改質部2の温度変化から原料ガスの発熱量を求める。そして、原料組成とその燃焼時の発熱量との関係が示された基準データに基づき、発熱量から原料ガスの組成を推定する。そして、推定された組成の原料ガスを水蒸気改質するのに適した量の水が供給されるように、制御部9が水供給部7を制御して水の供給量を調整する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

少なくとも炭素と水素から構成される有機化合物を含む原料を改質触媒層において水蒸気改質して水素ガスを生成する水素生成部と、燃料の燃焼により前記改質触媒層を加熱する燃焼部と、前記水素生成部及び前記燃焼部に前記原料を供給する原料供給部と、前記水素生成部に前記水蒸気発生用の水を供給する水供給部とを備え、

その起動時に、前記原料の組成が推定され、前記推定された前記原料の組成に応じて前記水供給部から前記水素生成部への水の供給量が調整されることを特徴とする水素製造装置。

【請求項 2】

前記起動時には前記燃焼部に前記燃料として前記原料が供給されるとともに前記原料の燃焼により前記改質触媒層が所定温度まで加熱されて予熱動作が行われ、前記予熱動作後に、前記水素生成部に前記原料と前記水とが供給され前記改質触媒層における前記水蒸気改質により前記水素ガスが生成される水素生成動作が行われる請求項 1 記載の水素製造装置。

10

【請求項 3】

前記燃焼部での前記原料の燃焼における発熱量を検知する発熱量検知手段と、

前記発熱量検知手段で検知された前記原料の発熱量に基づいて前記原料の組成を推定する原料組成推定手段と、

前記原料組成推定手段で推定された前記原料の組成に応じて前記水供給部から前記水素生成部への水の供給量を調整する水供給量調整手段とを備えた請求項 2 記載の水素製造装置。

20

【請求項 4】

前記原料組成推定手段は、供給される前記原料の組成と該原料の燃焼における発熱量との関係を表す基準データを予め記憶し、前記発熱量検知手段で検知された前記原料の発熱量を前記基準データと比較することにより前記原料組成の推定を行う請求項 3 記載の水素製造装置。

【請求項 5】

前記基準データを作成する第 1 の運転モードと、前記予熱動作及び前記水素生成動作が行われる通常運転である第 2 の運転モードとを有し、

30

前記第 1 の運転モードでは、予め組成が分かっている組成の異なる複数種類の前記原料の各々について、前記原料が所定の供給量で前記燃焼部に供給されるとともに前記原料のほぼ完全な燃焼が可能な所定の供給量で空気が前記燃焼部に供給されて前記原料を燃焼させ、前記発熱量検知手段が前記燃焼における発熱量を検知し、前記原料組成推定手段が、検知された前記発熱量から前記原料の単位供給量あたりの発熱量を算出するとともに前記原料の組成と前記原料の単位供給流量あたりの発熱量との関係を表す基準データを作成する請求項 4 記載の水素製造装置。

【請求項 6】

前記第 2 の運転モードでは、前記予熱動作時に、

前記発熱量検知手段が、前記燃焼部にそれぞれ所定量で前記原料と前記空気とが供給されて行われる前記燃焼における発熱量を検知し、

40

前記原料組成推定手段が、検知された前記発熱量から前記原料の単位供給量あたりの発熱量を算出するとともに、算出された前記原料の単位供給量あたりの発熱量から前記基準データに基づいて前記原料組成の推定を行う請求項 5 記載の水素製造装置。

【請求項 7】

前記発熱量検知手段は、前記水素生成部の温度を検知する水素生成部温度検知手段を備え、前記水素生成部温度検知手段により検知された前記燃焼に伴う前記水素生成部の温度変化から前記原料の発熱量が取得される請求項 3 ~ 6 のいずれかに記載の水素製造装置。

【請求項 8】

前記水素生成部温度検知手段が、前記改質触媒層を通過した気体の温度を検知可能に構

50

成された請求項 7 記載の水素製造装置。

【請求項 9】

前記発熱量検知手段が、前記燃焼部の温度を検知する燃焼部温度検知手段を備え、前記燃焼部温度検知手段により検知された前記燃焼に伴う前記燃焼部の温度変化から前記原料の発熱量が取得される請求項 3 ~ 6 のいずれかに記載の水素製造装置。

【請求項 10】

前記燃焼部温度検知手段は、前記燃焼に伴って前記燃焼部で発生した気体の温度を検知可能に構成されるか、又は、前記燃焼部の構成部材の温度を検知可能に構成された請求項 9 記載の水素製造装置。

【請求項 11】

前記第 1 の運転モードの前記基準データ作成時、及び、前記第 2 の運転モードでの前記予熱動作時に、前記燃焼部にそれぞれ所定流量で前記原料と前記空気とが供給されて前記燃焼が行われ、前記燃焼の開始から所定時間経過後までの期間における前記水素生成部又は前記燃焼部の温度変化を前記水素生成部温度検知手段又は前記燃焼部温度検知手段によって検知し、前記原料組成推定手段が、検知された前記水素生成部又は前記燃焼部の温度変化から前記期間中における前記原料の発熱量の総量を算出するとともに前記期間中の前記原料の総供給量を算出しこの算出された発熱量の総量及び前記原料の総供給量から前記原料の単位供給流量あたりの発熱量を取得する請求項 7 ~ 10 のいずれかに記載の水素製造装置。

10

【請求項 12】

前記所定時間経過後における前記水素生成部又は前記燃焼部の温度に下限値及び上限値が予め設定され、

前記水素生成部温度検知手段又は前記燃焼部温度検知手段で検知された前記所定時間経過後の前記水素生成部又は前記燃焼部の温度が、前記下限値よりも低い場合及び前記上限値よりも高い場合に、運転が停止される請求項 11 記載の水素製造装置。

20

【請求項 13】

前記第 2 の運転モードの前記予熱動作時に、前記燃焼部に供給される前記原料及び前記空気の相対比が変化するように前記原料又は前記空気の供給流量が少なくとも一回調整され、前記供給流量の調整後に前記原料組成の推定が行われる請求項 5 ~ 12 のいずれかに記載の水素製造装置。

30

【請求項 14】

前記第 2 の運転モードの前記予熱動作時に、所定期間、第 1 の供給流量で前記空気が前記燃焼部に供給されて前記燃焼が行われ、その後、所定期間、前記第 1 の供給流量よりも多い第 2 の供給流量で前記空気が前記燃焼部に供給されて前記燃焼が行われ、前記第 2 の供給流量で前記空気が供給されて前記燃焼が行われる前記所定期間における前記水素生成部温度検知手段又は前記燃焼部温度検知手段で検知された前記水素生成部又は前記燃焼部の温度変化から前記原料組成推定手段が前記原料の単位供給流量あたりの発熱量を取得する請求項 13 記載の水素製造装置。

【請求項 15】

前記第 2 の運転モードの前記予熱動作時に、所定期間、第 1 の供給流量で前記原料が前記燃焼部に供給されて前記燃焼が行われ、その後、所定期間、前記第 1 の供給流量よりも少ない第 2 の供給流量で前記原料が前記燃焼部に供給されて前記燃焼が行われ、前記第 2 の供給流量で前記原料が供給されて前記燃焼が行われる前記所定期間における前記水素生成部温度検知手段又は前記燃焼部温度検知手段で検知された前記水素生成部又は前記燃焼部の温度変化から前記原料組成推定手段が前記原料の単位供給流量あたりの発熱量を取得する請求項 13 記載の水素製造装置。

40

【請求項 16】

装置の設置環境の雰囲気温度を検知する環境温度検知手段をさらに備え、

前記第 1 及び第 2 の運転モードにおいて、前記水素生成部温度検知手段又は前記燃焼部温度検知手段により前記水素生成部又は前記燃焼部の温度を検知するとともに前記環境温

50

度検知手段により前記雰囲気温度を検知し、検知された前記水素生成部又は前記燃焼部の温度における前記雰囲気温度の影響を考慮して実質的な前記水素生成部又は前記燃焼部の温度が取得される請求項 7 ~ 15 のいずれかに記載の水素製造装置。

【請求項 17】

前記原料の組成は、前記原料中に含まれる炭素原子の数である請求項 1 ~ 16 のいずれかに記載の水素製造装置。

【請求項 18】

請求項 1 ~ 17 のいずれかに記載の水素製造装置と、前記水素製造装置で生成された前記水素ガスと空気とを反応させて発電を行う燃料電池とを備えたことを特徴とする燃料電池発電システム。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、少なくとも炭素及び水素から構成される有機化合物原料を水蒸気改質して水素リッチガス（以下、これを水素ガスと呼ぶ）を生成する水素製造装置と、水素製造装置で得られた水素ガスを用いて電気と熱とを発生させる燃料電池発電システムに関する。

【背景技術】

【0002】

分散型発電装置として開発及び商品化が進められている燃料電池発電システムは、水素ガスと空気と反応させて電気と熱とを発生させるものである。このような燃料電池発電システムでは、有効な電気エネルギー及び熱エネルギーが効率良く得られることから、地球温暖化の原因である二酸化炭素の削減に有効なエネルギー供給手段のひとつとして期待されている。

20

【0003】

ところで、燃料電池発電システムの発電燃料となる水素ガスについては、このシステムに直接供給可能な供給系統がインフラとして広く整備されていない。このため、水素ガスを燃料電池発電システムに直接供給する代わりに、燃料電池に供給する水素ガスを生成する水素ガス製造手段が燃料電池に併設されたものがある。

【0004】

例えば、既存のインフラから供給される都市ガス、LPG等から水素ガスを生成する水素製造装置を燃料電池発電システムが備え、この水素製造装置で生成された水素ガスが燃料電池システム内の燃料電池に供給されるシステムがある（特許文献1参照）。このような水素製造装置では、例えば、都市ガス、LPG等の原料ガスが、改質触媒を備えた改質部において水蒸気改質されて改質ガスが生成される。改質反応が行われる改質部は、バーナ等の燃焼器で加熱され、改質反応に最適な温度（例えば700程度）に保たれている。また、燃焼器では、水素生成原料である都市ガスやLPG等の一部、あるいは燃料電池発電システムから排出された未反応の水素ガス（いわゆる燃料オフガス）が燃焼ガスとして利用されて燃焼が行われる。

30

【特許文献1】特開平07-57756号公報

40

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上記のように既存のインフラから供給される都市ガスやLPG等を原料として改質反応を行う水素製造装置では、効率よく安定して改質反応を行って水素を製造するには、改質部において、供給される原料の組成に適した量の水を供給する必要がある。例えば、メタンガス（ CH_4 ）やエタンガス（ C_2H_6 ）が水蒸気改質されて H_2 と CO_2 とが生成される改質反応では、理論的には、1モルの CH_4 に対して改質反応に必要な水（水蒸気）の量は2モルであり、また、 C_2H_6 に対して必要な水（水蒸気）の量は4モルである。通常は、改質部への水の供給量が不足すると供給された原料中の炭素が析出する等の問題

50

が生じることから、これを防ぐべく、原料の供給流量から算出された理論水量の1.5倍程度の水が改質部に供給されるように水供給流量が設定され、原料の供給流量に応じて水の供給流量が制御されている。

【0006】

ここで、改質部に供給される原料の組成が安定している場合には、上記の水供給量の設定で大きな問題は生じないが、供給される原料の組成が変化した場合には、組成変化前の原料供給流量に応じて設定された水供給量のままで組成変化後も水を供給すると、変化後の組成に応じた理論水量と実際の供給量との間に差が生じ、実際の供給水量が理論水量に対して大きな過不足を生じる可能性がある。例えば、供給水量が組成変化後の理論水量よりも多い場合には、改質反応自体は速やかに進行するが、改質反応のための水蒸発に消費するエネルギー量が多くなるため、水素製造時のエネルギー効率が低下する。一方、供給水量が組成変化後の理論水量よりも少ない場合には、供給された原料が熱分解して炭化したり、あるいは、改質ガスの不均化反応によって炭素析出が生じ、このため、水素製造装置の圧損の増大や、さらには改質ガス流路の閉塞を起こし、その結果、水素製造効率の低下や、装置の運転停止を招くおそれがある。

10

【0007】

具体的に、例えば、水素製造装置に供給される原料がメタンからエタンに変わった場合、理論上、改質反応にはメタンの場合の2倍量の水が必要となり、また、メタンからプロパンに変わった場合には、メタンの場合の3倍量の水が必要となる。しかしながら、上記のような原料の供給流量に応じた水供給量の制御では、メタンとエタン、あるいはメタンとプロパンとの違いが供給流量に現れないため、原料の組成変化を認識することができず、よって、組成が変化した後も、変化前の原料の組成に応じてこの原料の供給流量を基準に設定された量の水が供給される。このため、水不足が生じ、その結果、上記のような問題が生じる。

20

【0008】

ここで、原料の組成が変化する場合とは、以下のような場合が挙げられる。例えば、既存のインフラから供給される都市ガスは、主たる組成は同様であっても、供給元（具体的にはガス会社）によって組成に違いがあることから、供給元を変更すると、水素製造装置に供給される原料の組成が変化する。また、同一の供給元においても、ガスの組成が変更される場合がある。さらに、原料ガスとして都市ガスを利用していた装置で都市ガスに代わってLPGを原料として利用する場合には、供給される原料の組成が大幅に変化し、特に、このように大幅に原料の組成が変化する場合には、上記の問題が顕著となり、よって、このような供給原料の変更は困難となる。このため、水素製造装置は、原料ガスの供給元の変更や原料ガスの種類の変更等への対応性が低く、汎用性が低い。

30

【0009】

本発明は、供給される改質原料の組成が変化しても効率よく安定して水素を製造することが可能な汎用性の高い水素製造装置、及び、それを備えた燃料電池発電システムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記課題を解決するため、本発明に係る水素製造装置は、少なくとも炭素原子と水素原子とを含む原料を改質触媒層において水蒸気改質して水素ガスを生成する水素生成部と、燃料の燃焼により前記改質触媒層を加熱する燃焼部と、前記水素生成部及び前記燃焼部に前記原料を供給する原料供給部と、前記水素生成部に前記水蒸気発生用の水を供給する水供給部とを備え、その起動時に、前記原料の組成が推定され、前記推定された前記原料の組成に応じて前記水供給部から前記水素生成部への水の供給量が調整されるものである。

40

【0011】

前記起動時には前記燃焼部に前記燃料として前記原料が供給されるとともに前記原料の燃焼により前記改質触媒層が所定温度まで加熱されて予熱動作が行われ、前記予熱動作後に、前記水素生成部に前記原料と前記水とが供給され前記改質触媒層における前記水蒸気

50

改質により前記水素ガスが生成される水素生成動作が行われてもよい。

【0012】

前記燃焼部での前記原料の燃焼における発熱量を検知する発熱量検知手段と、前記発熱量検知手段で検知された前記原料の発熱量に基づいて前記原料の組成を推定する原料組成推定手段と、前記原料組成推定手段で推定された前記原料の組成に応じて前記水供給部から前記水素生成部への水の供給量を調整する水供給量調整手段とを備えてもよい。

【0013】

前記原料組成推定手段は、供給される前記原料の組成と該原料の燃焼における発熱量との関係を表す基準データを予め記憶し、前記発熱量検知手段で検知された前記原料の発熱量を前記基準データと比較することにより前記原料組成の推定を行ってもよい。

10

【0014】

前記基準データを作成する第1の運転モードと、前記予熱動作及び前記水素生成動作が行われる通常運転である第2の運転モードとを有し、前記第1の運転モードでは、予め組成が分かっている組成の異なる複数種類の前記原料の各々について、前記原料が所定の供給量で前記燃焼部に供給されるとともに前記原料のほぼ完全な燃焼が可能な所定の供給量で空気が前記燃焼部に供給されて前記原料を燃焼させ、前記発熱量検知手段が前記燃焼における発熱量を検知し、前記原料組成推定手段が、検知された前記発熱量から前記原料の単位供給量あたりの発熱量を算出するとともに前記原料の組成と前記原料の単位供給流量あたりの発熱量との関係を表す基準データを作成してもよい。

【0015】

前記第2の運転モードでは、前記予熱動作時に、前記発熱量検知手段が、前記燃焼部にそれぞれ所定量で前記原料と前記空気とが供給されて行われる前記燃焼における発熱量を検知し、前記原料組成推定手段が、検知された前記発熱量から前記原料の単位供給量あたりの発熱量を算出するとともに、算出された前記原料の単位供給量あたりの発熱量から前記基準データに基づいて前記原料組成の推定を行ってもよい。

20

【0016】

前記発熱量検知手段は、前記水素生成部の温度を検知する水素生成部温度検知手段を備え、前記水素生成部温度検知手段により検知された前記燃焼に伴う前記水素生成部の温度変化から前記原料の発熱量が取得されてもよく、前記水素生成部温度検知手段が、前記改質触媒層を通過した気体の温度を検知可能に構成されてもよい。

30

【0017】

前記発熱量検知手段が、前記燃焼部の温度を検知する燃焼部温度検知手段を備え、前記燃焼部温度検知手段により検知された前記燃焼に伴う前記燃焼部の温度変化から前記原料の発熱量が取得されてもよく、前記燃焼部温度検知手段は、前記燃焼に伴って前記燃焼部で発生した気体の温度を検知可能に構成されるか、又は、前記燃焼部の構成部材の温度を検知可能に構成されてもよい。

【0018】

前記第1の運転モードの前記基準データ作成時、及び、前記第2の運転モードでの前記予熱動作時に、前記燃焼部にそれぞれ所定流量で前記原料と前記空気とが供給されて前記燃焼が行われ、前記燃焼の開始から所定時間経過後までの期間における前記水素生成部又は前記燃焼部の温度変化を前記水素生成部温度検知手段又は前記燃焼部温度検知手段によって検知し、前記原料組成推定手段が、検知された前記水素生成部又は前記燃焼部の温度変化から前記期間中における前記原料の発熱量の総量を算出するとともに前記期間中の前記原料の総供給量を算出しこの算出された発熱量の総量及び前記原料の総供給量から前記原料の単位供給流量あたりの発熱量を取得してもよい。

40

【0019】

前記所定時間経過後における前記水素生成部又は前記燃焼部の温度に下限値及び上限値が予め設定され、前記水素生成部温度検知手段又は前記燃焼部温度検知手段で検知された前記所定時間経過後の前記水素生成部又は前記燃焼部の温度が、前記下限値よりも低い場合及び前記上限値よりも高い場合に、運転が停止されてもよい。

50

【0020】

前記第2の運転モードの前記予熱動作時に、前記燃焼部に供給される前記原料及び前記空気の相対比が変化するように前記原料又は前記空気の供給流量が少なくとも一回調整され、前記供給流量の調整後に前記原料組成の推定が行われてもよい。

【0021】

前記第2の運転モードの前記予熱動作時に、所定期間、第1の供給流量で前記空気が前記燃焼部に供給されて前記燃焼が行われ、その後、所定期間、前記第1の供給流量よりも多い第2の供給流量で前記空気が前記燃焼部に供給されて前記燃焼が行われ、前記第2の供給流量で前記空気が供給されて前記燃焼が行われる前記所定期間における前記水素生成部温度検知手段又は前記燃焼部温度検知手段で検知された前記水素生成部又は前記燃焼部の温度変化から前記原料組成推定手段が前記原料の単位供給流量あたりの発熱量を取得してもよい。

10

【0022】

前記第2の運転モードの前記予熱動作時に、所定期間、第1の供給流量で前記原料が前記燃焼部に供給されて前記燃焼が行われ、その後、所定期間、前記第1の供給流量よりも少ない第2の供給流量で前記原料が前記燃焼部に供給されて前記燃焼が行われ、前記第2の供給流量で前記原料が供給されて前記燃焼が行われる前記所定期間における前記水素生成部温度検知手段又は前記燃焼部温度検知手段で検知された前記水素生成部又は前記燃焼部の温度変化から前記原料組成推定手段が前記原料の単位供給流量あたりの発熱量を取得してもよい。

20

【0023】

装置の設置環境の雰囲気温度を検知する環境温度検知手段をさらに備え、

前記第1及び第2の運転モードにおいて、前記水素生成部温度検知手段又は前記燃焼部温度検知手段により前記水素生成部又は前記燃焼部の温度を検知するとともに前記環境温度検知手段により前記雰囲気温度を検知し、検知された前記水素生成部又は前記燃焼部の温度における前記雰囲気温度の影響を考慮して実質的な前記水素生成部又は前記燃焼部の温度が取得されてもよい。

【0024】

前記原料の組成は、前記原料中に含まれる炭素原子の数であってもよい。

【0025】

本発明に係る燃焼電池発電システムは、上記何れかの構成を有する水素製造装置と、前記水素製造装置で生成された前記水素ガスと空気とを反応させて発電を行う燃料電池とを備えたものである。

30

【発明の効果】

【0026】

本発明に係る水素製造装置によれば、改質部に供給される原料の組成に対応して改質部への水の供給量を調整することができるので、供給される原料の組成が変化しても、変化後の原料組成に適した供給量で水を供給することができる。したがって、原料の組成が変化しても、効率よく安定して水素を生成することが可能となる。このように供給原料の組成変化の影響を受けない水素製造装置では、高い汎用性が実現される。また、かかる効果を有する水素製造装置を備えた燃料電池発電システムでは、経済性や省エネルギー性にすぐれたコージェネレーション運転を安定して行うことが可能であり、高い汎用性を実現することが可能となる。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0027】

以下に、本発明の実施の形態を、図面を参照して説明する。

【0028】

(実施の形態1)

図1は、発明の実施の形態1に係る水素製造装置の構成を模式的に示すブロック図である。また、図2は、図1の改質部の構成を模式的に示す断面図である。また、図3は、図

50

1の制御部の構成を模式的に示すブロック図であり、図4は、図1の制御部に格納されたプログラムの内容を概略的に示すフローチャートである。本実施の形態は、燃料電池発電システムに用いる水素製造装置を例示している。

【0029】

図1に示すように、水素製造装置100は、原料供給部6と、水供給部7と、水蒸発部8及び改質部2を備えた水素生成部1と、燃焼部4と、CO変成部10と、CO選択酸化部11と、制御部9とを主たる構成要素として備えている。

【0030】

原料供給部6は、原料流路aを介して水素生成部1の水蒸発部8に接続されるとともに、燃焼燃料流路fを介して燃焼部4に接続されている。水供給部7は、水流路bを介して水素生成部1の水蒸発部8に接続されている。また、水蒸発部8は、混合原料流路cを介して改質部2に接続されている。ここでは、燃焼部4における燃焼で生じる熱が、改質部2及び水蒸発部8の順で伝熱されるように、水素生成部1において改質部2が水蒸発部8よりも燃焼熱の伝熱経路の上流側に配置されている。改質部2は、改質ガス流路dを介してCO変成部10に接続されている。また、改質部2には、改質部2の温度を測定する改質温度測定部3が配設されている。CO変成部10は、変成後ガス流路eを介してCO選択酸化部11に接続されている。燃焼部4は、空気を供給するための燃焼ファン5を備えるとともに、燃焼に伴って生じる燃焼後ガスを排出するための燃焼後ガス流路gを有している。制御部9は、改質温度測定部3での検知温度が伝達されるように構成されるとともに、この検知温度に基づいて供給原料の組成を推定し、この推定結果に応じて水供給部7を制御して水供給量を制御する。また、制御部9は燃焼ファン5の回転数を制御し、それにより、燃焼部4への空気の供給量が調整される。

【0031】

図2に示すように、改質部2は、円筒状の本体30から構成されている。なお、ここでは図示を省略しているが、改質部2は改質反応時に高温となるので、外部への放熱を防ぐために、本体30の外壁が断熱材によって覆われている。本体30の内部は、異なる径を有する複数の円筒体が同心的に配置されており、それにより、本体30の内部空間が、各円筒体によって半径方向に区画され、軸方向に延びる複数の環状の間隙31が形成されている。ここでは、本体30の内部を半径方向に区画する円筒体の周壁を縦壁32と呼ぶ。縦壁32の軸方向の所定端部には、縦壁32と同心的に配置された円板状又は中空円板状の横壁33が配置されている。

【0032】

このような縦壁32及び横壁33によって形成された間隙31により、本体30の内部には半径方向の外周側から中心に向けて、二重構造の燃焼後ガス流路gの下流流路、改質ガス流路d、改質触媒層20、及び、二重構造の燃焼後ガス流路gの上流流路が形成される。

【0033】

本体軸方向に形成された燃焼後ガス流路gの下流流路と上流流路とは、本体30の底部で連通している。また、燃焼後ガス流路gの上流流路は、後述する燃焼部4の輻射筒40の上面及び側面に沿って形成されており、また、下流流路端部は、改質部2の外部に燃焼ガスを取り出し可能に形成されている。

【0034】

改質触媒層20は、縦壁32及び横壁33によって形成された所定の間隙31に改質触媒を充填して形成されている。例えば、改質触媒として、ここではルテニウム触媒をアルミナ担体に担持して調製したものが用いられている。改質触媒層20は、燃焼後ガス流路gを介して後述する燃焼部4の輻射筒40の上面及び側面に沿って配置されている。改質触媒層20の上端は、混合原料流路cを介して水蒸発部8(図1)に連通し、下端は、改質ガス流路dに連通している。また、改質ガスの導入口となる改質ガス流路dの上流側端部には、改質温度測定部3が配設されている。ここでは、改質温度測定部3が温度検知手段として熱電対を備え、改質触媒層20を通流した気体の集合部分に熱電対が配置されて

いる。なお、改質温度測定部 3 は、改質触媒層 20 の温度変化が比較的早く測定できる箇所及び雰囲気中であれば、配置位置はこれに限定されるものではない。

【0035】

改質部 2 の本体 30 の中心部には、輻射筒 40 が同心的に挿入されている。輻射筒 40 の上端は燃焼後ガス流路 g に連通しており、輻射筒 40 の下端にはバーナ 41 が配設されている。この輻射筒 40 の内部空間が燃焼空間 44 となり火炎 42 が形成される。また、バーナ 41 を囲むように、燃焼ファン 5 (図 1) から送られた空気の流路 43 が形成され、この空気の流路 43 が燃焼空間 44 に連通している。バーナ 41 は燃焼燃料流路 f を介して原料供給部 6 (図 1) に接続されている。このように、ここでは、輻射筒 40、バーナ 41、空気の流路 43 によって燃焼部 4 が構成され、燃焼ファン 5 たるシロッコファン 10 によって空気が空気流路 43 に供給される。燃焼部 4 での燃焼によって改質部 2 が加熱され、ここでは、改質部 2 の温度が、原料として改質部 2 に供給されるメタン、エタン、プロパン等の炭化水素系原料のうちの 85 ~ 95 % 程度が水蒸気改質可能である温度、例えば 700 程度、となるように加熱量が制御されている。

【0036】

原料供給部 6 (図 1) は、炭化水素、ナフサ、アルコール等の少なくとも炭素及び水素から構成される有機化合物を含む原料を、原料流路 a を介して水素生成部 1 に供給するとともに、燃焼燃料流路 f を介してこの原料を燃焼部 4 に供給するように構成されている。ここでは、例えば、既存のインフラから供給される炭化水素系有機化合物を含む都市ガスや LPG 等のガスを原料として利用するように構成されている。なお、図示を省略しているが、原料供給部 6 は、原料の供給圧力を増加させるブースタを備えるとともに、原料中の硫黄成分を低減する脱硫部を備え、脱硫部は、例えば原料中の付臭成分を除去するゼオライト吸着剤を備えている。 20

【0037】

水供給部 7 (図 1) は、ここでは図示を省略しているが、イオン交換器及びプランジャーポンプを備えており、例えば、供給された水道水をイオン交換器で処理した後、プランジャーポンプで加圧して水素生成部 1 に供給する。

【0038】

CO 変成部 10 及び CO 選択酸化部 11 は、改質部 2 で生成された改質ガスの CO 濃度を低減するために配設されており、これらは、従来構造を有している。 30

【0039】

図 3 に示すように、制御部 9 は、マイコン等のコンピュータによって構成されており、制御処理部 (CPU) 61 と、データ収集蓄積部 62' を有し半導体から構成された記憶部 (内部メモリ) 62 と、操作入力部 63 と、表示部 64 と、時計部 65 とから構成されている。制御部 9 では、これらの各処理部 61 ~ 65 によって、図 4 に示すプログラムが実行される。それにより、後述するように、基準データ作成モードでの運転時に、原料組成の推定時に判断基準となる基準データが作成され、また、通常運転モードでの運転時に、この基準データに基づいて原料組成の推定が行われかつ該推定組成に応じて水供給部 7 からの水供給量が調整される。

【0040】

以下、制御部 9 における図 4 のプログラムの実行プロセスに沿って、水素製造装置 100 の動作を説明する。 40

【0041】

水素製造装置 100 の運転時には、まず、運転モードの選択が行われる (ステップ S1)。水素製造装置 100 は 4 つの運転モード、すなわち、運転継続可能温度範囲設定モード、S/C 設定モード、通常運転モード、及び、基準データ作成モードを有しており、モードの選択時には、ユーザが制御部 9 の操作入力部 63 に所望のモードを表示部 64 で確認しながら入力する。それにより、この入力情報が処理制御部 61 に伝達されてモード設定が行われる。

【0042】

運転継続可能温度範囲設定モードが選択されると、後述のように、通常運転モードでの運転において安定して良好な水素生成を行うことができる温度範囲の設定が行われる。設定の際には、ユーザが制御部9の操作入力部63に所望の温度範囲を表示部64で確認しながら入力する。それにより、この入力情報が処理制御部61に伝達されて運転継続可能温度範囲が設定される。ここでは、運転継続可能な温度範囲の下限値L1と上限値L2とが入力設定される(ステップS11)。

【0043】

S/C設定モードが選択されると、改質部2に供給される原料及び水蒸気の混合ガス中における水分子と炭素原子との比(これをスチーム/カーボン比と呼びS/Cと呼ぶ)の設定が行われる(ステップS12)。後述するように、処理制御部61は、ここで設定されたS/C値と推定された原料組成とに基づいて改質部2への水の供給量を決定する。S/C設定時の入力方法は、運転継続可能温度範囲の入力方法と同様である。ここでは、S/Cが2.5~3となる、すなわち、原料供給部6から改質部2へ供給される混合原料ガス中では、炭素原子1モルに対して水分子が2.5~3モルとなるようにS/Cが設定され、ここでは、S/Cが3に設定されている。例えば、原料ガスとしてメタンが供給される場合にはメタン1モルに対する理論水量は2モルであるのに対してここでは3モルの水が供給され、エタンが供給される場合にはエタン1モルに対して理論水量が4モルであるのに対してここでは6モルの水が供給され、プロパンが供給される場合にはプロパン1モルに対して理論水量が6モルであるのに対してここでは9モルの水が供給される。なお、S/Cが3を上回る量の水が供給されると、改質部2では改質反応自体は速やかに進行するが、水の蒸発に余分なエネルギーを消費するため、水素生成時のエネルギー効率が低下する。一方、S/Cが2.5を下回ると、改質反応に十分な量の水が供給されず、原料ガスの熱分解による炭化あるいは改質ガスの不均化反応による炭素析出等が生じ、装置の圧損の増大や改質ガス流路の閉塞を引き起こす可能性がある。したがって、S/Cは2.5~3の範囲が好ましい。

【0044】

原料組成を推定する時の基準となる基準データを作成する場合には、基準データ作成モードが選択されて運転が行われる(ステップS2~6)。なお、基準データ作成モードでの運転、運転継続可能温度範囲の設定、及び、S/C設定を実施する順序は特に限定されないが、これらは、通常運転モードでの運転を実施する前に予め行われる。

【0045】

通常の水素製造運転を行う場合には、通常運転モードが選択される。通常運転では、装置の運転開始から改質部2が所定温度となるまでの間(以下、これを起動時と呼ぶ)に改質部2を加熱する動作(以下、これを予熱動作と呼ぶ)と、前記所定温度(例えばこの場合は700程度)に達した改質部2で改質反応により水素ガスが生成される動作(以下、これを水素生成動作と呼ぶ)とが行われる。そして、この起動時の予熱動作の際に、基準データ作成モード運転で作成された基準データに基づいて原料組成の推定が行われるとともに、推定組成に応じて水供給量の調整が行われる(ステップS7~10, 13, 14)。

【0046】

次に、基準データ作成モード及び通常運転モードでの運転について説明する。基準データ作成モードでの運転及び通常モードでの運転における原料ガス及び空気の供給量は、装置の大きさや規模等の条件によって適宜設定される。また、後述するように、改質部2の温度変化に基づいて原料の発熱量を算出することにより原料組成の推定が行われるので、推定精度を向上させるためには、燃焼による改質部2の温度変化を正確に把握する必要がある。それゆえ、正確な温度変化の把握のために、原料ガス及び空気の供給量を一定にして燃焼状態を安定化することが望ましい。

【0047】

まず、基準データ作成モードでの運転について説明する。基準データとは、原料供給部6から供給される原料の組成と、通常モードでの運転条件で装置を動作させてこの原料を

10

20

30

40

50

燃焼部 4 で燃焼させた際の発熱量との相関関係を示すデータである。なお、ここでは、原料の組成とは、単位供給流量あたりの原料中に含まれる炭素数である。

【 0 0 4 8 】

原料の組成とその発熱量との間には、以下のような相関関係が存在する。まず、図 5 は、化学工学便覧から抜粋した、アルカンにおける炭素数と燃焼熱との相関関係を示す図である。図 5 に示すように、基本的には、原料中の炭素数が増加すると、この原料の燃焼熱（発熱量）は増加し、燃焼熱（発熱量）と炭素数とはおおよそ比例関係にある。したがって、原料中の炭素数の増加に比例して燃焼による加熱量が増加し、よって、加熱対象である改質部 2 の温度上昇が促進される。水素製造装置 1 0 0 では、このような原料中の炭素数と発熱量との関係を利用することにより、予め作成した基準データに基づき、通常モード運転の予熱動作時の改質部 2 の温度変化から、原料中の炭素数を推定する。

10

【 0 0 4 9 】

基準データ作成時には、まず、操作入力部 6 3 を操作して基準データ作成モードを選択する。すると、基準データ作成モードに切り換わる（ステップ S 1）。そして、組成（具体的には、原料中の炭素数）が予め分かっている複数種類の原料ガス、例えば、メタン、エタン、プロパン等の炭素数の異なる複数の原料ガス、を用意し、その各々について、以下のようにして、燃焼部 4 での燃焼における発熱量を取得する。なお、基準データ作成モードでの運転は、通常モードの予熱動作での運転状態（具体的には、例えば燃焼部 4 の燃焼状態）と同様とする。

【 0 0 5 0 】

例えば、まず複数の原料ガスのうちの 1 種について、原料中の炭素数（メタンであれば 1、エタンであれば 2、プロパンであれば 3）を制御部 9 の操作入力部 6 3 から処理制御部 6 1 に入力する（ステップ S 2）。そして、制御部 9 の処理制御部 6 1 から起動の制御信号が出力されて水素製造装置 1 0 0 が起動する。具体的には、図 1 及び図 2 に示すように、この原料ガスを、原料供給部 6 から燃焼燃料流路 f を通じて燃焼部 4 のバーナ 4 1 に一定の供給流量で供給するとともに、供給された原料ガスの完全燃焼に必要な理論空気量の 1.5 倍の量の空気を燃焼ファン 5 から燃焼部 4 の空気流路 4 3 に供給する。そして、この原料ガスと空気とを反応させて燃焼空間 4 4 に火炎 4 2 を形成する。燃焼部 4 での燃焼熱により、改質部 2 が加熱される。また、燃焼部 4 の燃焼空間 4 4 から燃焼後ガス流路 g に導入されるとともに、この燃焼後ガス流路 g 中を改質部 2 の縦壁 3 2 及び横壁 3 3 に沿って流れる燃焼後ガスの保有熱によっても改質部 2 が加熱される。なお、この燃焼により、まず伝熱経路の上流側に位置する改質部 2 が加熱され、その後、下流側に位置する水蒸発部 8 が加熱される。

20

30

【 0 0 5 1 】

このように燃焼部 4 での燃焼により加熱される改質部 2 では、改質温度測定部 3 によってその温度が常時検知されており、その検知温度は、制御部 9 の処理制御部 6 1 を経て記憶部 6 2 のデータ収集蓄積部 6 2 ' に収集及び蓄積される。ここでは、燃焼により加熱された改質触媒層 2 0 を通流するガスの温度を、改質部 2 の温度としている。また、改質部 2 の検知温度とともに、時計部 6 5 により検知時刻が計測され、その計時信号が処理制御部 6 1 を介して記憶部 6 2 のデータ収集蓄積部 6 2 ' に収集及び蓄積される（ステップ S 3）。

40

【 0 0 5 2 】

次に、データ収集蓄積部 6 2 ' に蓄積された改質部 2 の検知温度データ及び計時信号をもとにして、演算処理により、原料ガスの単位供給流量あたりの発熱量を取得する。演算処理では、加熱（燃焼）開始から所定時間（例えばここでは 5 分）経過後までの期間における改質部 2 の検知温度の変化から、原料ガスの燃焼に伴う発熱量を算出するとともに、この期間に供給された原料ガスの総量を算出する。そして、得られた発熱量を原料ガスの総供給量で除算し、原料ガスの単位供給流量あたりの発熱量を算出する（ステップ S 4）。

【 0 0 5 3 】

50

続いて、処理制御部 6 1 に入力された原料ガス中の炭素数と、上記のようにして得られた原料ガスの単位供給流量あたりの発熱量とが、記憶部 6 2 にデータとして記憶される（ステップ S 5）。

【0054】

処理制御部 6 1 から終了の制御信号が出力されるまで、炭素数の異なる複数の原料ガスの各々について上記のステップ S 2 ~ S 5 のプロセスがそれぞれ行われる。それにより、炭素数の異なる原料ガスの各々について、原料ガス中の炭素数とその単位供給流量あたりの発熱量とがデータとして記憶部 6 2 に記憶される。そして、終了の制御信号が出力されると、記憶部 6 2 に記憶された上記個々のデータに基づいて、原料ガス中の炭素数とその原料ガスの燃焼における単位供給流量あたりの発熱量との相関関係のデータ、すなわち基準データ、が作成される（ステップ S 6）。

10

【0055】

このようにして作成された基準データは、前述のように、通常モードの運転状態と同様の運転状態で装置を動作させて作成したものである。作成された基準データには、装置の構成上の固有の特性や使用状態における固有の特性等が反映されている。具体的には、改質温度測定部 3 で検知される改質部 2 の温度の変化は、水素製造装置 100 の構成、容積、熱容量等や、燃焼部 4 での燃焼状態等の影響を受けることから、装置構成や使用状態等の特性が反映された基準データを作成してこれを通常モード運転での原料組成の推定に利用することより、正確な原料組成の推定が可能となる。

【0056】

次に、上記の基準データを利用して装置の起動時の予熱動作において原料組成の推定及び水供給量の調整が行われる通常運転モードでの運転について説明する。

20

【0057】

まず、操作入力部 6 3 を操作して通常運転モードを選択する。すると、通常運転モードに切り換わる（ステップ S 1）。そして、処理制御部 6 1 から起動の制御信号が出力されて装置が起動する。具体的には、原料供給部 6 から燃焼燃料流路 f を介して燃焼部 4 のバーナ 4 1 に原料を所定の供給流量で供給するとともに、所定の供給流量で燃焼ファン 5 から燃焼部 4 の燃焼空間 4 4 に空気を供給する。例えば、ここでは、メタンを含むこと以外は組成が明らかでない原料ガスを用いており、この場合の空気供給量は、メタンの完全燃焼に必要な理論空気量の 1.5 倍としている。そして、この原料ガスと空気とを反応させて燃焼空間 4 4 に火炎 4 2 を形成し、前述のように燃焼熱及び燃焼後ガスの熱によって改質部 2 を加熱する。加熱時、改質部 2 の温度は改質温度測定部 3 によって常時検知され、検知温度は、制御部 9 の処理制御部 6 1 を介して記憶部 6 2 のデータ収集蓄積部 6 2' に収集及び蓄積される。また、この温度検知とともに、時計部 6 5 により検知時刻が計測されその計時信号が処理制御部 6 1 を介して記憶部 6 2 のデータ収集蓄積部 6 2' に収集及び蓄積される（ステップ S 7）。

30

【0058】

データ収集蓄積部 6 2' に蓄積された改質部 2 の検知温度データ及び計時信号をもとにして、演算処理により、原料ガスの単位供給流量あたりの発熱量を取得する。ここでの演算処理は、基準データ作成時の演算処理と同様である。（ステップ S 8）。

40

【0059】

続いて、処理制御部 6 1 によって、この算出された単位供給流量あたりの発熱量と、記憶部 6 2 に記憶された前述の基準データとの比較が行われる（ステップ S 9）。そして、比較結果から、原料ガスの組成、具体的には原料ガス中の炭素数を推定する（ステップ S 10）。ここでは、ステップ S 9 及びステップ S 10 のプロセスを原料組成の推定プロセスと呼び、その詳細については後述する。続いて、水素製造装置 100 において安定して良好な運転を行うために、改質部 2 の温度から、装置の運転の継続が可能であるか否かの判定が行われる。後述の図 6 で詳細を説明するが、装置の運転継続が可能であるか否かは、加熱から 5 分経過後の改質部 2 の温度が、前述のステップ S 11 で設定した運転継続可能温度範囲 L 1 ~ L 2 に入るか否かで判定する（ステップ S 13）。そして、この範囲が

50

ら外れる場合には、処理制御部 6 1 から停止の制御信号が出力されて装置の運転が停止され、温度範囲内である場合には、以下のプロセスが引き続き行われる。

【 0 0 6 0 】

上記のようにして得られた原料組成推定情報と、前述のステップ S 1 2 で設定した S / C 値（すなわち、改質部 2 に供給される混合原料ガス中の水分子 S と炭素原子 C との比）とに基づいて、処理制御部 6 1 が、推定された原料組成に応じた適切な水の供給量を算出する。そして、算出された水の供給量に基づいて水供給部 7 を制御し、水素生成部 1 への水供給量を調整する（ステップ S 1 4）。

【 0 0 6 1 】

このようにして、通常運転モードでの運転では、起動時の予熱動作の際に原料組成の推定及び水供給量の調整が行われる。そして、予熱動作の後、水素製造装置 1 0 0 では、従来の水素生成動作が行われて水素ガスの製造が行われる。すなわち、燃焼部 4 での燃焼により加熱されて改質部 2 が所定の温度に達すると、燃焼部 4 に原料ガスが供給されるだけでなく、原料供給部 6 から原料供給流路 a を通じて原料ガスが水素生成部 1 にも供給されるとともに、水供給部 7 から水供給流路 b を通じて、前記供給量に調整された水が水素生成部 1 に供給される。水素生成部 1 に供給された原料ガス及び水は、水蒸発部 8 に導入される。水蒸発部 8 では、水が蒸発して水蒸気となり、原料ガスと混合されて混合原料ガスが生成される。

【 0 0 6 2 】

図 2 に示すように、混合原料ガスは、混合原料流路 c を通じて改質部 2 の改質触媒層 2 0 へ供給され、改質触媒層 2 0 を縦壁 3 2 に沿って軸方向下向きに流れる。この改質触媒層 2 0 を通流する過程において、原料ガスが水蒸気改質されて改質ガスが生成する。生成された改質ガスは、改質触媒層 2 0 の下端から改質ガス流路 d に導入される。改質ガスは、改質ガス流路 d を縦壁 3 2 に沿って軸方向上向きに流れて改質部 2 の外部に取り出され CO 変成部 1 0 に到達し、ここで CO 低減処理が行われて CO 変成後ガスが生成される。さらに、CO 変成後ガスは、変成後ガス流路 e を通じて CO 選択酸化部 1 1 に送られて CO 低減処理される。このようにして得られた CO 濃度が低減された水素ガスは、ここでは、後述の実施の形態 6 において説明するように、燃料電池発電システムの燃料電池 1 0 1 に、発電燃料として供給される。

【 0 0 6 3 】

続いて、原料ガス組成の推定プロセスの詳細について説明する。図 6 は、組成の異なる原料ガス A ~ D の各々が燃焼部 4 に供給された場合における改質温度測定部 3 の経時的な温度変化を示す図である。ここで、原料ガス A は 1 0 v o l % の窒素を含むメタンであり、原料ガス B は 1 0 0 v o l % のメタンであり、原料ガス C は 2 0 v o l % のエタンを含むメタンであり、原料ガス D は 5 0 v o l % のエタンを含むメタンである。原料ガス A、原料ガス B、原料ガス C 及び原料ガス D について単位供給流量あたりのガス中の炭素数を比較すると、原料ガス D が最も多く、原料ガス C、原料ガス B、及び原料ガス A の順に炭素数が減少する。ここで、図 5 において前述したように、原料ガス中の炭素数に比例して原料ガスの燃焼熱が増加することから、原料組成の異なる原料ガス A ~ D では、供給した原料ガスの単位供給流量あたりの発熱量は、原料ガス A が最も少なく、原料ガス B、原料ガス C、原料ガス D の順に増加し、よって、所定の加熱時間経過後（ここでは 5 分経過後）に改質温度測定部 3 で検知される改質部 2 の温度は、原料ガス A の場合が最も低く、原料ガス B、原料ガス C、原料ガス D の順に高くなる。

【 0 0 6 4 】

原料組成が不明な状態で原料ガス A ~ D が供給されると、前述のように、制御部 9 の処理制御部 6 1 では、原料ガスの単位供給流量あたりの発熱量と基準データとの比較が行われ、比較結果に基づいて、原料ガス中の炭素数が推定される（図 4 のステップ S 9 及びステップ S 1 0）。ここでは、この比較と推定のプロセスを、5 分加熱後の改質部 2 の検知温度 T A ~ T D と、基準データより得られる基準点 P 1 ~ P 3 とを用いて説明する。この基準点 P 1 ~ P 3 は、制御部 9 の記憶部 6 2 に記憶された基準データの一部のデータを図

10

20

30

40

50

示したものであり、具体的には、単位供給流量あたりの炭素数が1である原料ガス、該炭素数が1.1である原料ガス、及び、該炭素数が1.2である原料ガスの各々について、該原料ガスを完全に燃焼させて改質部2を加熱した場合の、加熱開始から5分経過後の検知温度を示している。なお、原料組成推定プロセスでは、実際には、5分間の加熱における改質部2の温度変化から算出された発熱量をに基づいて推定が行われるが、発熱量は改質部2の温度変化に直接的に反映されることから、ここでは、図6を用いた説明上、5分加熱後の改質部2の検知温度に基づいて推定を行っている。

【0065】

例えば、原料ガスAが供給された場合、5分加熱後の温度 T_A は、基準点P1よりも低くなっている。ここで、基準点P1よりも温度が低いとは、原料ガスAの方が、炭素数が1の原料ガスよりも、単位供給流量あたりの発熱量が少ないことを示しており、よって、発熱量と炭素数との関係から、原料ガスAは、単位供給流量あたりの炭素数が1よりも少ないと推定される。また、原料ガスBでは、5分加熱後の温度 T_B が、基準点P1と基準点P2との間となっており、よって、原料ガスBの単位供給流量あたりの発熱量は、炭素数が1の原料ガスよりも大きくかつ炭素数が1.1の原料ガスよりも小さいことが示される。このことから、原料ガスBは、単位供給流量あたりの炭素数が1より多く1.1より少ないと推定される。また、原料ガスCでは、5分加熱後の温度 T_C が、基準点P2と基準点P3との間となっており、よって、原料ガスCの単位供給流量あたりの発熱量は、炭素数が1.1の原料ガスよりも大きくかつ炭素数が1.2の原料ガスよりも小さいことが示される。よって、原料ガスCは、単位供給流量あたりの炭素数が1.1より多く1.2より少ないと推定される。また、原料ガスDでは、5分加熱後の温度 T_D が、基準点P3より高くなっており、よって、炭素数が1.2の原料ガスよりも発熱量が大きいことが示される。したがって、原料ガスDは、単位供給流量あたりの炭素数が1.2より多いと推定される。

【0066】

ところで、上記のプロセスにより原料ガスの組成を推定して水の供給量を適正化すれば、理論的には、原料ガスと水とを適切な割合で改質部2に供給して適切な状態で改質反応を行うことが可能となる。しかしながら、実際には、例えば原料ガスAのように炭素数が少ない原料ガスが供給された場合、原料ガス供給流量に対して適正な量の改質ガスを生成することが困難となり、また、原料ガス中の不活性成分により熱損失が生じて効率的な水素生成動作を行うことが困難となるおそれがある。また、原料ガスDのように炭素数が多い原料ガスが供給された場合、水供給量の適正な制御が困難となり、また、高い燃焼負荷となるため燃焼部4において適正な燃焼を継続することが困難となる等、装置上の制約が生じるおそれがある。それゆえ、これらの場合には、原料組成を推定して適切な量の水を供給することができても、適切に水素ガスを生成することが困難となる。そこで、安定して良好な水素生成を実現するために、例えば、安定して良好な水素生成が可能である原料ガスを選択するべく、装置の運転継続が可能である温度範囲（以下、これを運転継続可能範囲と呼ぶ）を定める。そして、この運転継続可能範囲内から外れる場合には、装置の運転を停止する。

【0067】

ここでは、前述のステップS11（図4）において、5分加熱後の改質部2の温度に運転継続可能範囲の下限値 L_1 と上限値 L_2 とを予め設定し、通常運転モードでの運転における5分加熱後の改質部2の検知温度が運転継続可能範囲 $L_1 \sim L_2$ 内であるか否かを処理制御部61が判定する（ステップS13）。改質部2の検知温度が下限値 L_1 よりも低い場合及び上限値 L_2 よりも高い場合には、処理制御部61から停止の制御信号が出力されて装置の運転が停止する。一方、運転継続可能範囲 $L_1 \sim L_2$ 内である場合には、運転が継続されて上記のステップS14のプロセスが行われる。具体的に、ここでは、下限値 L_1 が300に設定され、上限値 L_2 が400に設定されている。したがって、5分加熱後の改質部2の検知温度が300よりも低い場合、及び、400よりも高い場合には装置が停止し、一方、300～400の範囲内である場合には、運転が継続される

10

20

30

40

50

。

【0068】

このように運転継続可能範囲が設定されているため、例えば、原料ガスAが供給された場合、5分加熱後の改質部2の温度TAは下限の温度L1よりも低くなるため、運転が停止する。また、原料ガスDが供給された場合には、5分加熱後の改質部2の温度TDは上限の温度L2よりも高くなるため、運転が停止する。一方、原料ガスB及び原料ガスCが供給された場合には、5分加熱後の改質部2の温度TB、TCが運転継続可能範囲L1～L2内であるため、これらの場合には運転が継続され、炭素数の推定が行われるとともにこの推定に応じて水の供給量が調整される。そして、原料ガスB又は原料ガスCと水とを用いて適切な状態の下、効率よく改質反応が行われ、それにより、安定して良好な水素生成が可能となる。

10

【0069】

以上のように、本実施の形態の水素製造装置100によれば、供給される原料ガスの組成に応じて水の供給量を調整することができるため、改質触媒層20の触媒の劣化や流路の閉塞等の問題を生じることなく効率よく安定して水素を生成することが可能となる。したがって、このような水素製造装置は、経済性及びエネルギー効率に優れるとともに、高い汎用性が実現される。

【0070】

また、本実施の形態では、原料ガスの単位供給流量あたりの発熱量と原料ガスの組成とが原料ガスの組成推定プロセスにおいて得られるので、この得られた原料組成及び発熱量から燃焼部4での燃焼状態の最適化を図ることも可能となる。そして、燃焼状態の最適化が図られることにより、水素生成動作において、改質部2における改質反応の効率が向上する。

20

【0071】

水素製造装置100では、供給される原料ガスの組成が変化しない場合には、初めに調整した供給量で水を供給すればよいが、原料ガスの組成が変化する場合には、改めて原料組成の推定及び水供給量の調整を行う。それにより、原料ガスの組成が変化しても、効率よく安定して水素ガスを製造することが可能となる。なお、原料組成の変化の有無に関わらず、定期的に原料組成の推定及び水供給量の調整を行ってもよい。

【0072】

(実施の形態2)

本発明の実施の形態2に係る水素製造装置100は、実施の形態1の装置と同様の構成を有するが、原料組成の推定プロセスが実施の形態1と相違点を有する。実施の形態1では、例えば、都市ガスからLPGに原料ガスを変更する等して大幅に原料ガスの組成が変化する場合に、後述する理由から、正確な原料組成の推定が困難となることある。このため、本実施の形態では、この点を解消してより正確な推定を行うことができるように、原料組成の推定プロセスにおいて、燃焼部4への空気供給量を変化させた後に原料組成の推定を行う。以下においては、本実施の形態と実施の形態1との推定プロセスの相違点について説明し、それ以外は実施の形態1と同様とする。

30

【0073】

ここでは、具体的に、20vol%のエタンを含むメタンである原料ガスCと、50vol%のプロパンを含むメタンである原料ガスEとがそれぞれ水素製造装置100に供給された場合を例に挙げて説明する。

40

【0074】

図7は、原料ガスC及び原料ガスEが供給された各場合における改質部2の経時的な温度変化を示す図である。加熱開始から5分経過時点迄の間は、実施の形態1と同様の所定の供給流量で原料ガスC又は原料ガスEと空気とが燃焼部4に供給されて燃焼が行われ、それにより、図7に示すように、原料ガスCを供給した場合と原料ガスEを供給した場合とで、改質部2の温度変化がほぼ同一の推移を示す。

【0075】

50

ここで、このように原料ガスCと原料ガスEとは組成（具体的には炭素数）が異なるにもかかわらず同様の温度変化を示すことから、実施の形態1のプロセスに従いこの5分間における温度変化に基づいて発熱量を算出して原料組成の推定を行うと、原料ガスCと原料ガスEとで推定結果が同一となり、両者を区別することができない。このように実際の組成と推定結果との間にずれが生じるのは、以下の理由による。

【0076】

50 vol%のプロパンを含むメタンである原料ガスEは、20 vol%のエタンを含むメタンである原料ガスCよりも単位供給流量当たりの炭素数が多く、よって、十分な空気が燃焼部4に供給されて十分に燃焼が行われた場合には、燃焼に伴う発熱量が、原料ガスCの発熱量よりも多くなる。しかしながら、ここでは、実施の形態1において前述したように、燃焼部4に供給される空気の供給量がメタンを基準にして設定されているため、原料ガスC及び原料ガスE中の燃焼成分（具体的にはメタン成分、エタン成分、プロパン成分）を燃焼させるのに十分な量の空気が供給されているとは限らず、特に、炭素数が多い原料ガスEでは、このような空気供給量では十分な燃焼が行われない。そして、十分な量の空気が供給されない原料ガスEの燃焼では、未燃のガス成分が増加し、結果として、燃焼後のガス温度が下がってしまう。それゆえ、原料ガスEと原料ガスCとでは、組成の異なる原料ガスであるにもかかわらず、改質部2の温度変化が一致する。そして、原料ガスEの原料組成を原料ガスCの組成と同一、すなわち、原料ガスEは20 vol%のエタンを含むメタンであると推定しこの推定に基づいて水供給量の調整が行われると、推定された組成と実際の組成との間に誤差（以下、推定誤差と呼ぶ）が生じるため、適切な供給量で水を供給することができない。

【0077】

そこで、本実施の形態では、このような空気供給量不足による推定誤差の発生を防止するため、加熱開始から5分経過後に、燃焼部4への空気の供給量を増加させ、該増加後の改質部2の温度変化を調べる。そして、空気供給量の調整後、原料組成の推定を行う。ここでは、5分加熱後に空気供給流量を調整し、メタンの完全燃焼に必要な理論空気量の2.5倍で空気を供給して引き続き燃焼を行う。そして、それから2分経過後（すなわち、加熱開始から7分経過後）に、原料組成推定を行う。7分経過時点における原料組成推定のプロセスは、実施の形態1の図4のステップS7～S14のプロセスと同様であるが、ここでは、空気供給量を増加させた後の原料ガスの単位流量当たりの発熱量を算出するとともに、この2分間における発熱量を用いて推定が行われる。すなわち、ステップS7及びステップS8において、7分加熱後の改質部2の温度 $T'E$ 、 $T'C$ を検知し、この2分間における温度変化（ $T'E - T'C$ 、 $T'C - T'C$ ）から原料ガスE及び原料ガスCの発熱量を算出するとともに、算出された発熱量をこの間の原料ガスの総供給量で除算して、空気供給量調整後の原料ガスの単位供給流量当たりの発熱量を求める。そして、実施の形態1と同様、ステップS9～10、13、14のプロセスに従って、原料組成の推定及び水供給量の調整を行う。なお、7分加熱後の改質部2の温度は、5分加熱後の温度よりも高くなることから、本実施の形態では、ステップS11の運転継続可能温度範囲設定プロセスにおいて、運転継続が可能である改質部2の温度範囲L3～L4の下限の温度L3を470 に設定し、上限の温度L4を530 設定している。

【0078】

このような本実施の形態の原料組成推定プロセスでは、十分な量の空気が供給されて原料ガスEの燃焼成分が十分に燃焼されるので、原料ガスCよりも炭素数が多い原料Eでは、炭素数を反映して燃焼時の発熱量が原料ガスCよりも多くなり、よって、改質部2の温度上昇の割合が原料ガスCよりも大きくなる。したがって、組成の異なる原料ガスC及び原料ガスEについて、原料組成の推定を正確に行うことができ、実施の形態1で前述した効果がより有効に奏される。

【0079】

ところで、原料組成の変化幅が予め決まっておりその幅が小さい場合には、実施の形態1のプロセスにより原料の組成推定を行っても生じる推定誤差が少ないが、本実施の形態

のプロセスによれば、推定誤差の発生をさらに抑制することが可能となる。また、空気供給量を調整する回数は特に限定されるものではなく、このような調整を繰り返し行うことで、原料組成の推定精度をより向上させることが可能となる。

【0080】**(実施の形態3)**

本発明の実施の形態3に係る水素製造装置100は、実施の形態1の装置と同様の構成を有するものである。また、本実施の形態における原料組成の推定プロセスでは、実施の形態2のプロセスと同様、原料ガスの組成が大きく変化した場合においても正確な推定を行えるよう、原料ガス中の燃焼成分の十分な燃焼を行った上で推定が行われるものであるが、実施の形態2のように空気の供給量を調整するのではなく、原料の供給量を調整することにより十分な燃焼を実現する点が、実施の形態2と異なる。

10

【0081】

すなわち、実施の形態2では、5分加熱後に空気供給量を増加させることにより原料ガスE及び原料ガスCの十分な燃焼を実現し、空気供給量調整後の発熱量の違いから原料ガスEと原料ガスCとを区別しているが、本実施の形態では、空気の供給量は一定に保持したままで原料ガスE及び原料ガスCの供給量を調整して減少させて相対比を変化させることにより、原料ガスE及び原料ガスCにおいて十分な燃焼を実現し、原料ガス供給量調整後の両者の発熱量の違いから両者を区別している。

【0082】

例えば、原料ガスE及び原料ガスCの各々の燃焼時において、5分加熱後から7分加熱後に到るまでの間、原料ガスの供給流量を、加熱開始から5分経過迄の間の供給量よりも少なくする。この時、空気の供給量は、加熱開始から7分経過迄の間、一定に保持する。このように原料ガスの供給量を減少させることにより、5分加熱後から7分加熱後に到るまでの間では、供給空気に対する供給原料ガスの割合が、初めの5分間よりも小さくなる。このため、空気の供給量は一定であっても、原料ガスの供給量を減少させた期間では、原料ガスの十分な燃焼を実現することができる。そして、このように十分な燃焼が実現されることにより、原料ガスの供給量を減少させた期間では、原料ガスEと原料ガスCとで、燃焼時の発熱量に違いが生じる。よって、実施の形態2において前述したプロセスと同様のプロセスにより、原料ガスE及び原料ガスCの組成を正確に推定できる。

20

【0083】**(実施の形態4)**

図8は、本発明の実施の形態4に係る水素製造装置の構成を示す模式図である。図8に示すように、本実施の形態の水素製造装置100は、実施の形態1の水素製造装置100と同様の構成を有するが、装置の周囲温度を測定する環境温度検知部50が設けられた点が実施の形態1とは異なっている。以下においては、本実施の形態と実施の形態1との相違点について説明し、それ以外は実施の形態1と同様とする。

30

【0084】

水素製造装置100の予熱動作では、改質温度測定部3で検知される改質部2の温度が、装置が設置されている環境の温度状態(以下、環境温度と呼ぶ)の影響を受ける。ここで、実施の形態1で前述したように、原料組成を正確に推定するためには、原料ガスの燃焼に伴う改質部2の温度変化を正確に把握する必要があり、よって、燃焼以外の要因による改質部2の温度変化を除いた実質的な温度変化に基づいて原料組成の推定を行うことが望ましい。そこで、本実施の形態では、燃焼による実質的な改質部2の温度変化を正確に把握するために、基準データ作成時及び原料組成推定プロセスにおいて、水素製造装置100が設置されている環境温度を環境温度測定部50によって検知する。環境温度測定部50は、例えば、熱電対等の温度検知手段を備えている。なお、環境温度測定部50の配置位置は、装置外部の環境温度を検知できる位置であれば、特に限定されるものではない。

40

【0085】

図9は、本実施の形態の制御部9に格納されたプログラムの内容を概略的に示すフロー

50

チャートである。なお、図 9 では、実施の形態 1 と異なるプロセスのみを示しており、それ以外は、実施の形態 1 のプロセス（図 4 参照）と同様である。

【0086】

図 9 に示すように、本実施の形態では、基準データ作成モード運転と通常運転モードでの運転における原料組成推定プロセスとにおいて、改質温度測定部 3 により改質部 2 の温度が検知されるとともに、水素製造装置 100 の外部の環境温度が環境温度測定部 50 によって常時検知される。そして、両検知温度が、計時信号とともに制御部 9 の記憶部 62 のデータ収集蓄積部 62' に収集及び蓄積される（ステップ S3A 及びステップ S7A）。そして、データ収集蓄積部 62' に収集された環境温度データと改質部 2 の温度データとが処理制御部 61 によって演算処理され、それにより、検知された改質部 2 の温度変化から環境温度の変化の影響を除いた、原料ガスの燃焼による実質的な改質部 2 の温度変化が求められる（ステップ S3B 及びステップ S7B）。基準データ作成モードでの運転では、このようにして得られた実質的な改質部 2 の温度変化から発熱量が算出されて基準データが作成される。また、通常運転モードでの運転では、原料組成推定プロセスにおいて、この実質的な改質部 2 の温度変化から算出された発熱量を用いて、原料組成の推定が行われる。

【0087】

以上のように、本実施の形態の水素製造装置 100 によれば、装置周囲の環境温度を考慮した実質的な改質部 2 の温度変化から燃焼に伴う実質的な発熱量を求めるとともに該発熱量に基づいて原料組成の推定を行うため、推定精度の向上が図られる。したがって、この水素製造装置 100 では、より正確な原料組成の推定を行うことが可能となる。

【0088】

なお、上記においては、実施の形態 1 と同様の原料組成推定プロセスが行われる場合について説明したが、実施の形態 2 及び実施の形態 3 と同様のプロセスにより、原料組成の推定が行われてもよい。

【0089】

（実施の形態 5）

図 10 は、本発明の実施の形態 5 に係る水素製造装置の構成を示す模式図である。図 10 に示すように、本実施の形態の水素製造装置 100 は、実施の形態 1 の装置と同様の構成を有するが、燃焼部 4 の温度を検知する燃焼温度測定部 51 が設けられた点が、実施の形態 1 とは異なっている。そして、本実施の形態では、この燃焼温度測定部 51 で検知された燃焼部 4 の温度から原料ガスの燃焼時の発熱量を算出し、基準データの作成及び原料組成の推定が行われる。以下、本実施の形態と実施の形態 1 との相違点について説明するが、それ以外については実施の形態 1 と同様である。なお、本実施の形態では、実施の形態 1 と同様に改質温度測定部 3 が設けられているが、これは水素生成動作時の改質部 2 の温度を検知するためのものであり、基準データの作成及び原料組成の推定には関与していない。

【0090】

燃焼温度測定部 51 は、温度検知手段として例えば熱電対を備えている。熱電対の配設位置は、燃焼に伴う燃焼部 4 の温度変化を検知できるのであれば、特には限定されない。ここでは、火炎 42 の外炎の温度を検知可能に配置されているが、例えば、燃焼空間 44 を構成する構成部材（具体的には、輻射筒 40 の内壁等）の温度を検知するように配置されてもよく、また、燃焼後ガス流路 g を流れる燃焼後ガスの温度を検知するように配置されてもよい。

【0091】

本実施の形態の基準データ作成プロセス及び原料組成推定プロセスは、実施の形態 1 において前述したプロセスと同様であるが、実施の形態 1 では改質温度測定部 3 で検知した改質部 2 の温度を用いて該温度の変化から原料ガスの発熱量を算出するのに対して、本実施の形態では、燃焼温度測定部 51 で検知した燃焼部 4 の温度を用いて該温度の変化から原料ガスの発熱量を算出する。かかる構成の本実施の形態では、以下の効果が奏される。

【0092】

図11は、原料組成の異なる原料ガスA～Dを供給して燃焼させた場合の燃焼部4の経時的な温度変化を示す図である。実施の形態1の図6の場合と同様、原料ガスAは10vol%の窒素を含むメタンであり、原料ガスBは100vol%のメタンであり、原料ガスCは20vol%のエタンを含むメタンであり、原料ガスDは50vol%のエタンを含むメタンである。

【0093】

前述のように、原料ガスA～Dでは、炭素数が原料ガスA、原料ガスB、原料ガスC、原料ガスDの順に多くなっており、このため、燃焼時の発熱量は、原料ガスA、原料ガスB、原料ガスC、及び原料ガスDの順に大きくなる。それゆえ、図11に示すように、燃焼部4の温度は、原料ガスAが供給された場合が最も低く、原料ガスB、原料ガスC、及び原料ガスDの順に高くなる。

10

【0094】

ここで、燃焼が直接行われる燃焼部4に配置された燃焼温度測定部51は、熱源である火炎42に近く、改質温度測定部3よりも燃焼熱の伝熱経路の上流側に配置されているため、改質温度測定部3よりも燃焼時に受ける熱量が多い。このため、燃焼温度測定部51は、改質温度測定部3よりも、燃焼に対する感度が高く応答性に優れている。したがって、燃焼時、燃焼温度測定部51で検知される燃焼部4の温度は、改質温度測定部3で検知される改質部2の温度よりも高くなる。

【0095】

以上のことから、燃焼部4の温度変化から原料ガスの発熱量を算出して原料組成の推定を行う本実施の形態では、改質部2の温度変化から該発熱量を算出して原料組成の推定を行う実施の形態1よりも、原料組成の推定の時期を早くすることができる。例えば、実施の形態1では加熱開始から5分経過後に原料組成の推定を行っているが、本実施の形態では、加熱開始から4分経過後に該推定を行っている。

20

ここで、水素製造装置100では、本格的な改質反応が進行する前に原料組成の推定を行って水の供給量を適切に調整する必要があることから、原料組成の推定は、予熱動作の早い段階で行うことが好ましい。したがって、原料組成の推定を早い段階で行うことができる本実施の形態では、本格的な改質反応が進行する前に確実に水供給量の調整を行うことが可能となり、よって、より確実に、効率の良い安定した運転を実施することが可能となる。

30

【0096】

また、燃焼温度測定部51の方が改質温度測定部3に比べて燃焼熱の伝熱経路の距離が短いので、燃焼温度測定部51の方が改質温度測定部3よりも、少ない熱損失で燃焼熱が伝熱される。したがって、燃焼温度測定部51で検知された燃焼部4の温度変化は、改質温度測定部3で検知された改質部2の温度変化に比べて、原料ガスの発熱量をより精度良く反映しており、よって、燃焼部4の温度変化から原料組成の推定を行うことにより、推定精度がさらに向上する。

【0097】

さらに、水素生成動作において、燃焼温度測定部51により燃焼部4の温度を検知すれば燃焼部4の燃焼状態を精度良く把握することも可能となるため、把握された燃焼状態と原料組成推定プロセスで得られた原料ガスの組成及び発熱量とをもとにして、燃焼状態を適正化することが可能となる。それゆえ、改質部2における改質反応の効率が向上する。

40

【0098】

本実施の形態では、実施の形態1の場合と同様、燃焼温度測定部51で検知される燃焼部4の温度について、運転継続可能範囲L5～L6が設定されている。ここで、前述のように、燃焼部4の温度は改質部2の温度よりも高くなることから、運転継続可能範囲L5～L6は、実施の形態1の運転継続可能範囲L1～L2よりも高く設定されている。例えば、ここでは、下限の温度L5が400であり、上限の温度L6が530である。

【0099】

50

なお、上記においては、本実施の形態の水素製造装置100が実施の形態1と同様の構成を有しかつ実施の形態1と同様のプロセスによって原料組成の推定が行われる場合について説明したが、実施の形態2及び実施の形態3と同様のプロセスにより原料組成の推定が行われてもよい。特に、実施の形態2及び実施の形態3のように空気又は原料ガスの供給流量を変化させる場合には、原料組成の推定プロセスに要する時間が長くなることから、本実施の形態の構成によれば、改質反応の前に時間的にゆとりを持って確実に水供給量の調整を行うことが可能となる。また、本実施の形態の変形例として、実施の形態4の水素製造装置と同様の構成にさらに燃焼部4に燃焼温度測定部51が設けられた構成であってもよい。

【0100】

(実施の形態6)

図12は、本発明の実施の形態6に係る燃料電池発電システムの構成を示すブロック図である。この燃料電池発電システムは、水素製造装置100と、燃料電池101と、水回収装置102と、ブロワ103とを主たる構成要素として備えている。ここでは、実施の形態1～5のいずれかの水素製造装置100が用いられている。また、燃料電池101は、固体高分子型燃料電池(PEFC)である。

【0101】

水素製造装置100は、発電燃料配管104及び燃料オフガス配管105を介して燃料電池101に接続されている。また、燃料電池101は、空気配管106を介してブロワ103に接続されるとともに、水回収配管107を介して水回収装置102に接続されている。この水回収装置102は、水回収配管107を介して水素製造装置100に接続されている。

【0102】

燃料電池発電システムのコージェネレーション運転では、まず、前述のように水素製造装置100で予熱動作が行われ、予熱動作の間に、原料ガスの組成の推定及び水供給量の調整が行われる。そして、予熱動作によって改質反応に適した温度(例えば700)まで改質部2が加熱されると、水素製造装置100では水素生成動作が行われる。これらの動作については、実施の形態1～5において前述した通りであり、ここでは説明を省略する。水素製造装置100では、実施の形態1～5において前述したように、原料ガスの組成に応じて供給量が調整された水を用いて改質部2で改質反応が行われるので、適切な改質反応が行われる。それゆえ、水素ガスを効率よく安定して製造することが可能となる。

【0103】

水素製造装置100で製造された水素ガスは、発電燃料として、発電燃料配管104を通じて燃料電池101の燃料極側に供給される。一方、燃料電池101の空気極側には、空気配管106を介して、ブロワ103から空気が供給される。燃料電池101では、供給された水素ガスと空気とが反応(以下、発電反応と呼ぶ)して発電が行われるとともに、この発電反応に伴って熱が発生する。ここでは図示を省略しているが、燃料電池101で得られた電気エネルギーは、電力負荷端末に供給されて使用され、一方、発電反応に伴って発生した熱エネルギーは、熱回収手段によって回収され、その後、熱負荷端末に供給されて種々の用途で利用される。熱回収手段としては、例えば、温水回収手段等の従来の構成のものが用いられる。

【0104】

燃料電池101での発電反応により生じた水は、水回収配管107を通じて水回収装置102に回収され、その一部又は全部が、さらに、水回収配管107を通じて、水素製造装置100の水供給部7に送られる。一方、発電反応に利用されなかった未使用の水素ガス(いわゆる燃料オフガス)は、燃料電池101から取り出され、燃料オフガス配管105を通じて水素製造装置100の燃焼部4に燃焼燃料として供給される。このように燃料オフガスが燃焼燃料として燃焼部4に供給されるようになると、水素製造装置100では、原料供給部6から燃焼部4への原料ガスの供給量が低減されるか又は供給が停止される。

10

20

30

40

50

【0105】

本実施の形態の燃料電池発電システムでは、前述のように水素製造装置100において効率よく安定して水素ガスの製造を行うことが可能であるため、燃料電池101に安定して水素ガスの供給を行うことが可能となる。それゆえ、燃料電池101において、効率よく安定して電力エネルギー及び熱エネルギーを発生させることが可能となり、省エネルギー性及び経済性に優れたコージェネレーションシステムを実現することが可能となる。また、この燃料電池発電システムでは、水素製造装置100に供給される原料ガスの種類の変更に適宜対応することが可能であることから、高い汎用性が実現される。

【0106】

上記の実施の形態1～6においては、本発明に係る水素製造装置が燃料電池発電システムに利用される場合について説明したが、燃料電池発電システム以外にも本発明の水素製造装置は適用可能である。

【0107】

本発明に係る水素製造装置及び燃料電池発電システムの構成は、上記の実施の形態1～6に限定されるものでない。例えば、燃料電池に供給される水素ガスがCOを含んでいると燃料電池が劣化することから、実施の形態1～5の水素製造装置ではCO除去処理を行うCO変成部及びCO選択酸化部が設けられているが、水素製造装置の用途によっては、CO変成部やCO選択酸化部が設けられない構成、あるいは他の処理手段を備えた構成であってもよい。

【0108】

また、本発明に係る水素製造装置における原料ガスの組成推定プロセスは、上記の実施の形態1～5に限定されるものではなく、例えば、推定を行うまでの加熱時間や、運転継続可能な温度範囲等は、装置構成や燃焼状態等に応じて適宜設定される。また、本発明に係る水素製造装置に供給される原料は、実施の形態1～5のようにアルカン等の気体燃料であってもよく、あるいは、ナフサ、アルコール等の液体燃料であってもよい。

【0109】

さらに、上記の実施の形態1～5においては、基準データを自ら作成することができる水素製造装置について説明したが、これ以外に、別途作成された基準データを予め有する構成の水素製造装置であってもよい。

【産業上の利用可能性】

【0110】

本発明に係る水素製造装置は、供給原料の組成の変化にかかわらず効率良く安定して水素を製造することが可能な汎用性の高い水素製造装置として有用である。特に、この水素製造装置を備えた燃料電池発電システムでは、経済性及び省エネルギー性に優れたコージェネレーション運転が可能となるとともに、高い汎用性が実現される。

【図面の簡単な説明】

【0111】

【図1】本発明の実施の形態1に係る水素製造装置の構成を示す概略的なブロック図。

【図2】図1の水素製造装置の改質部の構成を示す模式的な断面図。

【図3】図1の水素製造装置の制御部の構成を示す概略的なブロック図。

【図4】アルカンの炭素数と燃焼熱との関係を示す図。

【図5】図1の水素製造装置の制御部に格納されたプログラムの概要を示すフローチャート。

【図6】図1の水素製造装置の原料組成推定プロセスを説明するための図。

【図7】本発明の実施の形態2に係る水素製造装置の原料組成推定プロセスを説明するための図。

【図8】本発明の実施の形態4に係る水素製造装置の改質部の構成を示す模式的な断面図。

【図9】図8の水素製造装置の原料組成推定プロセスを説明するための図。

【図10】本発明の実施の形態5に係る水素製造装置の改質部の構成を示す模式的な断面

10

20

30

40

50

図。

【図 1 1】図 1 0 の水素製造装置の原料組成推定プロセスを説明するための図。

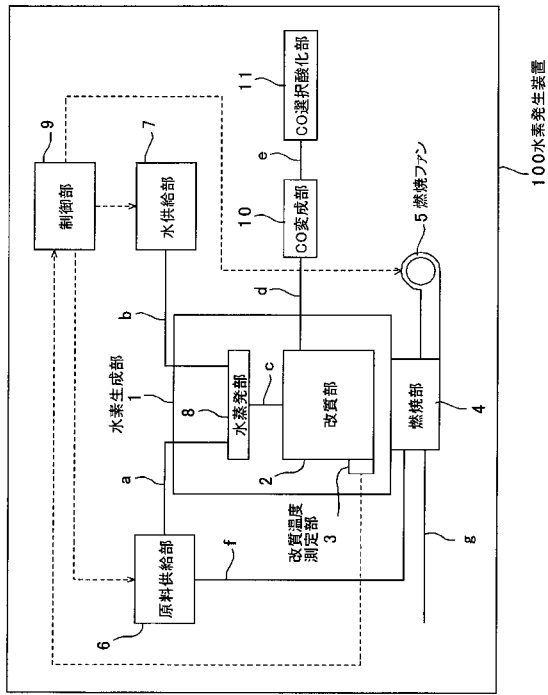
【図 1 2】本発明の実施の形態 6 に係る燃料電池発電システムの構成を示す概略的なブロック図。

【符号の説明】

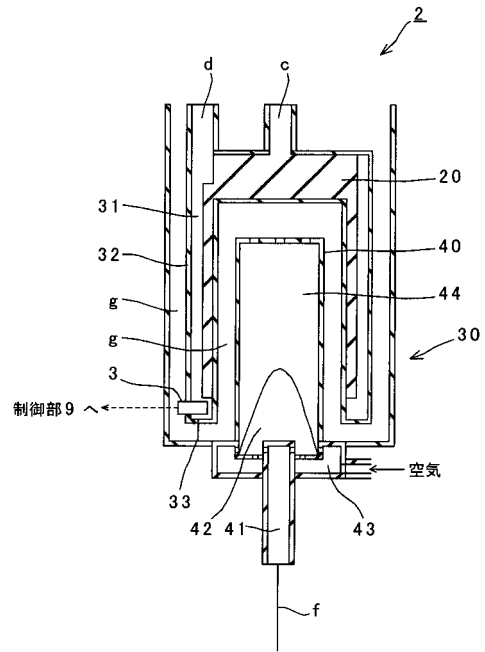
【0 1 1 2】

- | | | |
|-------|-----------|----|
| 1 | 水素生成部 | |
| 2 | 改質部 | |
| 3 | 改質温度測定部 | |
| 4 | 燃焼部 | 10 |
| 5 | 燃焼ファン | |
| 6 | 原料供給部 | |
| 7 | 水供給部 | |
| 8 | 水蒸発部 | |
| 9 | 制御部 | |
| 1 0 | C O 変成部 | |
| 1 1 | C O 選択酸化部 | |
| 1 2 | 燃焼温度測定部 | |
| 2 0 | 改質触媒層 | |
| 4 0 | 輻射筒 | 20 |
| 4 1 | バーナ | |
| 4 2 | 火炎 | |
| 4 3 | 空気流路 | |
| 4 4 | 燃焼空間 | |
| 5 0 | 環境温度測定部 | |
| 5 1 | 燃焼温度測定部 | |
| 1 0 0 | 水素製造装置 | |
| 1 0 1 | 燃料電池 | |
| 1 0 2 | 水回収装置 | |
| 1 0 3 | ブロワ | 30 |

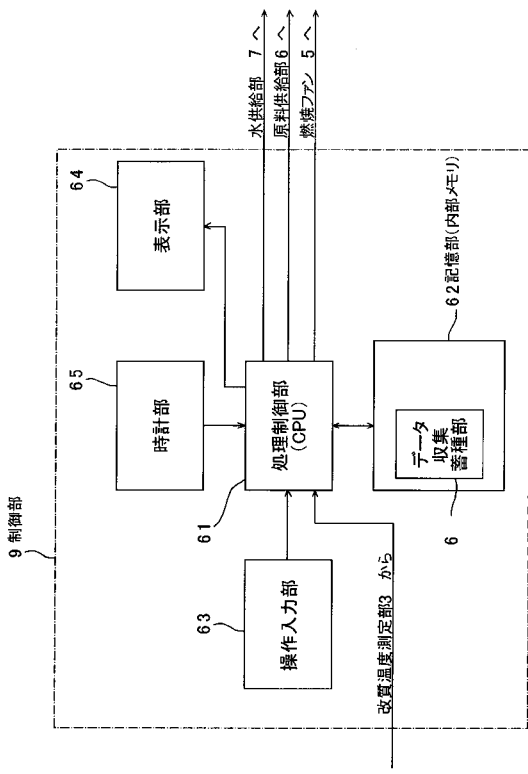
【図1】



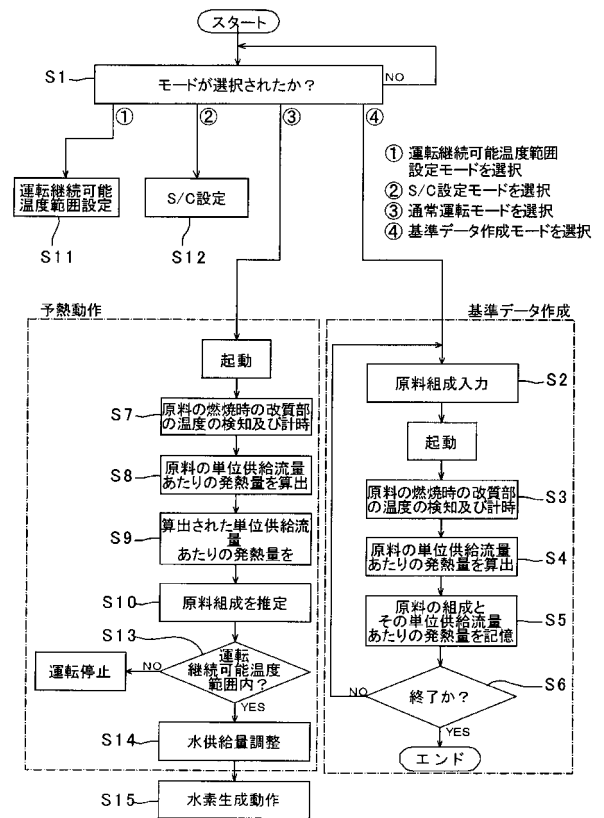
【図2】



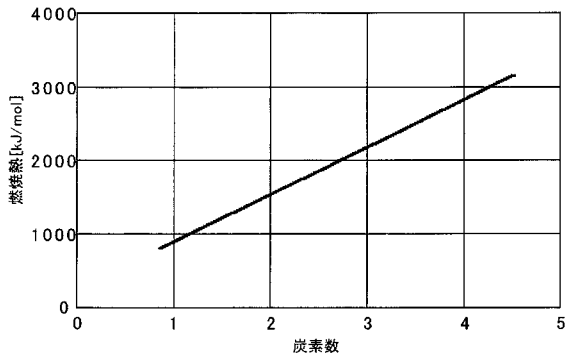
【図3】



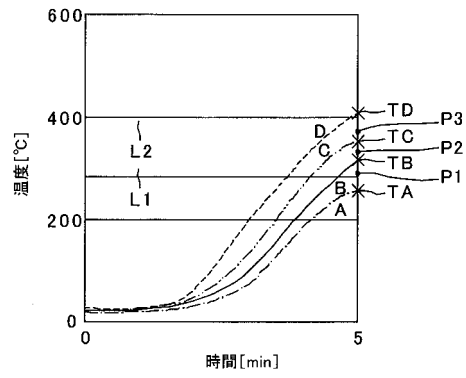
【図4】



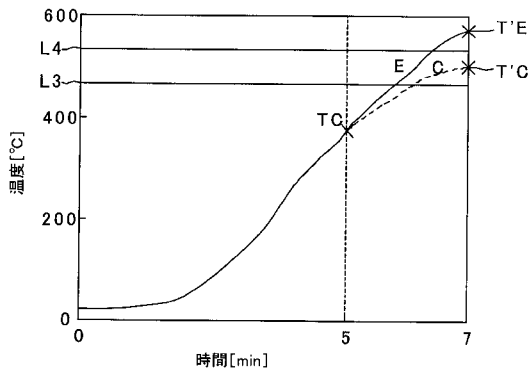
【 図 5 】



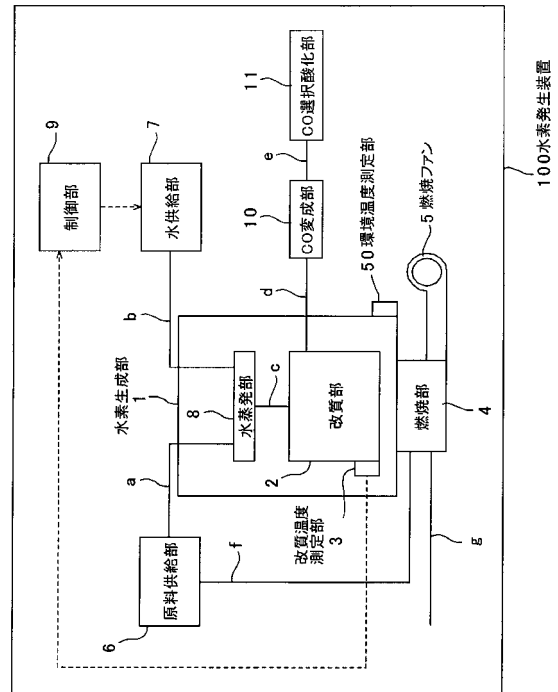
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



フロントページの続き

- (72)発明者 鷓飼 邦弘
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
- (72)発明者 田口 清
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
- (72)発明者 脇田 英延
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
- (72)発明者 藤原 誠二
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
- (72)発明者 可児 幸宗
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
- Fターム(参考) 4G140 EA03 EA06 EB41 EB43
5H027 AA02 BA01 BA16 BA17 KK00 KK42 MM13 MM14