

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2018年5月24日(24.05.2018)



(10) 国際公開番号

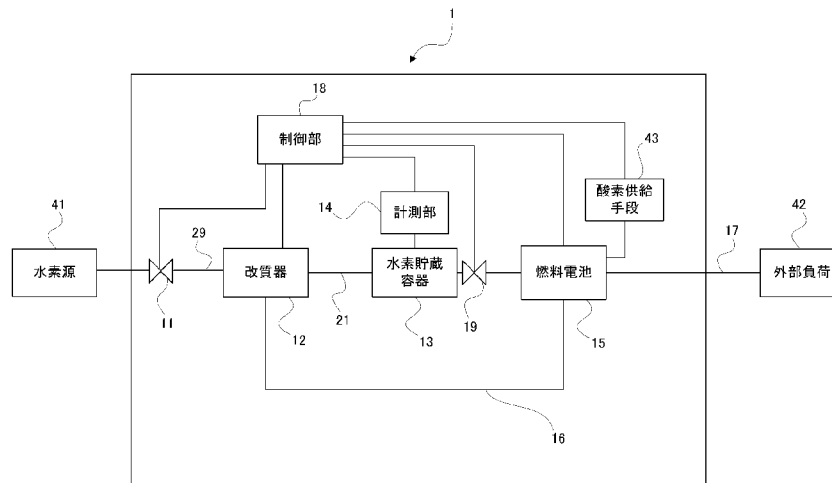
WO 2018/092478 A1

- (51) 国際特許分類:
H01M 8/04225 (2016.01) H01M 8/04 (2016.01)
C01B 3/04 (2006.01) H01M 8/10 (2016.01)
C01B 3/56 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/037161
- (22) 国際出願日: 2017年10月13日(13.10.2017)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2016-224911 2016年11月18日(18.11.2016) JP
- (71) 出願人: 澤 藤 電 機 株 式 会 社 (SAWAFUJI ELECTRIC CO., LTD.) [JP/JP]; 〒3700344 群馬県太田市新田早川町3番地 Gunma (JP).
- (72) 発明者: 三 浦 友 規 (MIURA, Tomonori); 〒3700344 群馬県太田市新田早川町3番地 澤藤電機株式会社内 Gunma (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人 広江アソシエイツ 特許事務所 (HIROE AND ASSOCIATES, PATENT PROFESSIONAL CORPORATION); 〒5008368 岐阜県岐阜市宇佐三丁目4番3号 Gifu (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,

(54) Title: FUEL BATTERY SYSTEM AND FUEL BATTERY SYSTEM OPERATION METHOD

(54) 発明の名称: 燃料電池システムおよび燃料電池システムの運転方法

[図1]



12 Reformer
13 Hydrogen storage container
14 Measurement unit
15 Fuel battery
18 Control unit
41 Hydrogen source
42 External load
43 Oxygen supply means

(57) Abstract: A fuel battery system is provided which can start up without receiving an energy supply from outside. This fuel battery system 1 is provided with an input unit 11 which is connected to a hydrogen source 41, a reformer 12 which produces a hydrogen-containing gas, a hydrogen storage container 13, a fuel battery 15 which generates power using the hydrogen-containing gas, and a control unit 18. The control unit 18 stores a threshold value of the hydrogen-containing gas necessary for start-up of the fuel battery 15, and controls the amount stored in the hydrogen storage container 13 to

[続葉有]



MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 一 国際調査報告(条約第21条(3))

be greater than or equal to the amount necessary for start-up of the fuel battery 15. Further, when starting up, the fuel battery 15 generates power by receiving a supply of the hydrogen-containing gas stored in the hydrogen storage container 13 and supplies power to the reformer 12 from a first power supply path 16. The reformer 12 starts up and the necessary hydrogen is produced.

(57) 要約: 外部からのエネルギー供給をうけずに起動可能な燃料電池システムを提供する。燃料電池システム1は、水素源41に接続した入力部11と、水素含有ガスを製造する改質器12と、水素貯蔵容器13と、水素含有ガスを使用して発電する燃料電池15と、制御部18と、を備えている。本発明の制御部18は、燃料電池15の起動に必要な水素含有ガスのしきい値を記憶しており、水素貯蔵容器13の貯蔵量を燃料電池15の起動に必要な量以上に制御する。そして、起動時に燃料電池15が、水素貯蔵容器13で貯蔵していた水素含有ガスの供給を受けて発電して、電力を第一の電力供給路16から改質器12に供給する。改質器12が起動し、必要な水素を製造する。

明 細 書

発明の名称：

燃料電池システムおよび燃料電池システムの運転方法

技術分野

[0001] 本発明は、燃料電池システムに関する。特に、水素製造装置と燃料電池を備えており、停電時や災害発生時であっても、外部からのエネルギーの供給を受けることなく起動して運転を継続することが可能な燃料電池システムに関する。

背景技術

[0002] 水素と酸素を燃料として、これらの化学反応によって発電する燃料電池が知られている。燃料電池には、電解質にイオン交換膜を用いる固体高分子形燃料電池、電解質にリン酸を用いるリン酸形燃料電池、電解質にリチウム・カリウム炭酸塩を用いる溶融炭酸塩形、などの様々な種類がある。中でも固体高分子形燃料電池は、100℃以下の低温で動作すること、および小型化が可能であることから、一般家庭にも普及し始めている。

[0003] 燃料電池の原料となる水素は、他の燃料ガスと比較して貯蔵と輸送が高コストになる傾向にある。このため、燃料電池システムの多くが水素製造装置を備えており、水素のオンサイト製造を行っている。水素製造装置の一態様として、アンモニア、尿素、または炭化水素系の気体等を水素源として、水素源の分解反応によって水素を製造する改質器が知られている。

[0004] 改質器を備えた燃料電池システムの起動方法は、最初に改質器を起動して水素を製造し、次に製造された水素を供給して燃料電池を起動して発電するという少なくとも二段階の工程を有する。改質器の起動には外部からエネルギーの供給が必要であり、多くの場合、外部電源から電気エネルギーの供給を受けていた。平常時の燃料電池システムは、外部電源に接続することで、容易にエネルギーの供給を受けることができる。しかし、停電や災害等の理由で外部エネルギーの供給が途絶えた場合、一旦停止した燃料電池システム

の起動は困難となっていた。

[0005] 外部エネルギーの供給を不要とするために、燃料電池システムの起動に必要なエネルギーを蓄電池に貯蔵する技術が知られている。しかし、改質器を起動できる程度の容量を有する蓄電池は高価であり、燃料電池システム全体の価格を上昇させる一因となっていた。さらに、非常用のエネルギー貯蔵手段として蓄電池を用いた場合、充電と放電を繰り返すことで徐々に蓄電池の容量が少なくなり、一定期間の使用後に必要な電力を供給できなくなるおそれがあった。

[0006] 停電や災害時に燃料電池システムを起動するための技術が種々提案されている。特許文献1には、非常時に、自動車などの発電装置に接続して起動可能な非常時対応型燃料電池システムが開示されている。特許文献2および特許文献3には、蓄電池等の起動用のエネルギー貯蔵供給手段を備えた燃料電池システムが開示されている。また、特許文献4には、予め取得した停電情報に基づいて、燃料電池システムの停止期間が停電期間に重ならないようにする技術が開示されている。

[0007] 特許文献5には、非常用に改質ガスの一部を貯蔵する水素貯蔵装置を備えており、燃料切り替え時に貯蔵した水素を放出して燃料電池の電池出力を維持する燃料電池発電システムが開示されている。特許文献5に開示される燃料電池システムの水素貯蔵装置の構成は、燃料切り替え時の一時的な改質器の応答遅れを補償することを目的としており、燃料電池システムの完全な停止および起動には対応していない。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：特開2007-179886号公報

特許文献2：特開2012-38559号公報

特許文献3：特開2016-143619号公報

特許文献4：特開2016-167382号公報

特許文献5：特開平02-56866号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] 従来の改質器を備えた燃料電池システムは、電気エネルギー等のエネルギーを外部から供給されないと改質器を起動することができず、結果として燃料電池を起動できなかった。このため、停電時や災害時には自立起動できないことが問題となっていた。

課題を解決するための手段

[0010] 上記解決すべき課題を克服するために、本発明は、外部からのエネルギー供給をうけずに起動することが可能な燃料電池システムを提供する。本発明の燃料電池システムは、水素源に接続しており、水素を含有する原料を導入する入力部と、入力部が導入した原料を分解して水素含有ガスを製造する改質器と、改質器が製造した水素含有ガスを一時貯蔵する水素貯蔵容器と、水素貯蔵容器内の水素含有ガスの貯蔵量を計測する計測部と、水素貯蔵容器から供給される水素含有ガスを使用して発電する燃料電池と、燃料電池が発電した電力の少なくとも一部を改質器に供給する第一の電力供給路と、燃料電池が発電した電力の一部を外部に供給する第二の電力供給路と、計測部の計測データを受領して、改質器の水素含有ガスの製造量と、水素貯蔵容器の水素含有ガスの貯蔵量と、燃料電池の発電量とを制御する制御部と、を備えている。本発明の制御部は、燃料電池の起動に必要な水素含有ガスの最低量に対応する計測データのしきい値を記憶しており、計測データとしきい値との比較結果に基づいて水素貯蔵容器の水素含有ガスの貯蔵量を燃料電池の起動に必要な量以上に制御する。そして、起動時の燃料電池が、水素貯蔵容器で貯蔵していた水素含有ガスを用いて発電して、電力を第一の電力供給路から改質器に供給する。

[0011] 本発明の燃料電池システムは、定常運転時に、制御部の制御によって燃料電池の起動に必要な量の水素含有ガスを常に水素貯蔵容器に貯蔵する。燃料電池システムを起動する場合、水素貯蔵容器から貯蔵していた水素含有ガスを燃料電池に供給することで、燃料電池が起動して、発電を開始する。さら

に、燃料電池が発電した電力を供給することで、改質器が起動して、水素製造を開始する。燃料電池は、改質器が製造した水素を使用して発電を継続することができる。

[0012] 本発明の燃料電池システムは、燃料電池の出力電力が、改質器の消費する電力より大である事が好ましい。また本発明の燃料電池システムは、燃料電池の動作温度が、改質器の動作温度以上であることが好ましい。

[0013] 本発明の燃料電池システムにおいて、水素含有ガスを製造する改質器は、原料を分解してプラズマとするための、原料供給口および水素出口を備えたプラズマ反応容器と、第一の電力供給路に接続されたプラズマ発生用電源と、プラズマ反応容器の水素出口側を区画する水素分離部と、を備えていることが好ましい。この改質器の水素分離部は、プラズマ反応容器内でプラズマとなっている原料から水素を分離して、水素出口側に通過させることを特徴とする。

[0014] さらに、本発明の改質器が備えている水素分離部は、プラズマ発生用電源に接続されている水素分離膜であることが好ましい。水素分離膜は、電力を供給されることで高電圧電極として機能し、接地電極との間で放電して原料をプラズマとすることを特徴とする。

[0015] 本発明の燃料電池システムは、水素貯蔵容器が水素供給側出口に開閉弁をさらに備えており、開閉弁の開閉量は制御部によって制御されることが好ましい。制御部は、開閉量の制御によって、水素貯蔵容器の水素含有ガスの貯蔵量を制御することを特徴とする。

[0016] 水素を含有する原料は、アンモニアまたは尿素であることが好ましい。アンモニア又は尿素を原料とすることで、炭化水素系のガスを水素源として用いた場合と比較すると、改質器の水素分離膜に炭素が付着することを防止し、水素分離膜の劣化を未然に防止することができる。

[0017] 本発明はまた、燃料電池システムの運転方法を提供する。本発明の燃料電池システムの運転方法は、水素源に接続しており、水素源から水素を含有する原料を供給する入力部と、入力部から導入された水素を含有する原料を分

解して水素含有ガスを製造する改質器と、改質器が製造した水素含有ガスを一時貯蔵する水素貯蔵容器と、水素貯蔵容器の水素貯蔵量を計測する計測部と、水素貯蔵容器から供給される水素含有ガスを用いて発電する燃料電池と、燃料電池が発電した電力の少なくとも一部を改質器に供給する第一の電力供給路と、燃料電池が発電した電力の一部を外部に供給する第二の電力供給路と、制御部と、を備えている燃料電池システムに適用される。燃料電池システムの制御部は、計測部の計測データを受領して、改質器の水素含有ガスの製造量と、水素貯蔵容器の水素含有ガスの貯蔵量と、燃料電池の発電量と、を制御する。制御部は、燃料電池の起動に必要な水素含有ガスの最低量に対応する計測データのしきい値を記憶している。計測部から入力した計測データと記憶しているしきい値を比較し判定して改質器の水素含有ガスの製造量をフィードバック制御することにより、水素貯蔵容器の貯蔵量を燃料電池の起動に必要な量以上に制御している。本発明の燃料電池システムの運転方法は、起動命令を受け付けた制御部が、水素貯蔵容器から水素含有ガスを燃料電池に供給する工程と、供給された水素含有ガスによって燃料電池が発電を開始する工程と、燃料電池が発電した電力を改質器に供給する工程と、改質器が原料を分解してプラズマとすることによって水素を製造する工程と、製造した水素含有ガスを燃料電池に供給して発電を継続する工程と、を備えていることを特徴とする。

発明の効果

[0018] 本発明の燃料電池システムは、電気エネルギー等の外部エネルギーの供給を受けることなく自立起動して、発電を開始することができる。しかも、本発明の燃料電池システムは、起動用の蓄電池等を必要とせずに、自立起動して発電を開始することができる。

[0019] 本発明の燃料電池システムは、燃料電池の出力電力が、改質器の消費する電力より大であることで、燃料電池から供給される電力のみで発電に十分な量の水素含有ガスを製造することができる。この結果、十分な量の水素を燃料電池に供給することができるので、燃料電池を安定稼働させて、発電を継

続することができる。すなわち、本発明の燃料電池システムは、自立起動に加えて、自立運転が可能である。

[0020] 本発明の燃料電池システムは、燃料電池の動作温度が、改質器の動作温度以上であることにより、改質器から供給する水素含有ガスの冷却手段が不要となる。これにより、燃料電池システム全体をより簡易に構成し、消費電力量を低減することができる。また、設置箇所の条件を緩和することができる。

[0021] 本発明の燃料電池システムの改質器を、プラズマ反応容器と、プラズマ発生用電源と、水素分離部とから構成することによって、常温大気圧の条件下で水素分離膜と接地電極との間で放電を行って水素を含む原料をプラズマとし、水素含有ガスを製造することができる。本発明の改質器が常温大気圧で稼働するプラズマ改質器であることにより、他の種類の改質器で必要となる改質器の昇温手段が不要となって、システム全体がより簡易に構成できると同時に、より少ないエネルギーでの運転が可能となる。

[0022] 本発明の燃料電池システムは、動作温度が100℃以下である固体高分子形燃料電池を適用することにより、改質器から提供される常温の水素を使用して発電が可能となり、燃料電池システム全体の熱設計が容易となる。改質器の昇温手段や水素貯蔵容器の冷却手段が必要とされないことで、燃料電池システム全体をより簡易に構成し、消費電力量を低減することができる。この結果、燃料電池システムの低価格化と小型化を図ることができる。

図面の簡単な説明

[0023] [図1]本発明の実施形態に従った燃料電池システムの構成を示すブロック図である。

[図2]本発明の実施形態に従った燃料電池システムの起動手順を示すフローチャートである。

[図3]本発明の実施形態に従った燃料電池システムの停止手順を示すフローチャートである。

[図4]本発明の実施形態に従った改質器の鉛直方向断面の模式的な図である。

[図5]実施例の改質器の消費電力と水素製造量との関係を示す図である。

[図6]実施例の燃料電池の水素供給量と発電量との関係を示す図である。

発明を実施するための形態

[0024] 以下に、本発明の好適な実施の形態を列記する。

(1) 本発明における燃料電池システムの自立起動とは、外部から電気エネルギーまたはそれと同等のエネルギーの供給を受けることなく改質器と燃料電池とを起動し、発電を開始して外部負荷にエネルギーの供給を行うことを言う。

(2) 水素源とは、水素を含有する原料を保管しており、この物質を本発明の燃料電池システムに原料として供給する手段である。より具体的には、水素を含有する原料の保管容器、またはこの保管容器に連通する供給配管のことを指す。水素源が保管または供給する物質は、アンモニア、尿素、またはメタン等の炭化水素系ガスである。

(3) 改質器とは、水素を含有する物質を原料として水素を製造する装置のことを指す。最も好適な形態の改質器は、プラズマ反応容器と、プラズマ発生用電源と、高電圧電極として機能する水素分離部と、接地電極とを備えており、電極間の放電によって水素を含有する物質をプラズマとし、水素分離部で水素のみを透過させて分離するプラズマ改質器である。

(4) プラズマ改質器に準じる改質器として、触媒を用いて水素を含有する物質を分解して水素を取り出す改質器、およびプラズマ反応と触媒による反応を組み合わせた改質器が適用可能である。

(5) プラズマ改質器が製造する水素含有ガスは、水素分離膜により水素濃度が99.9%以上となっている。

(6) 制御部は定常運転時に、以下の内容の制御を行う。

－入力部に対する、水素源から導入する水素を含有する原料の導入量の制御を行う。

－燃料電池の起動に必要な水素含有ガスの最低量に対応する、水素貯蔵容器の貯蔵量のしきい値を記憶している。計測部が出力する計測データの監視と

制御を行い、計測データに基づく水素貯蔵容器の貯蔵量と、記憶しているしきい値との比較を行い、この比較結果を用いて、改質器の水素含有ガスの製造量をフィードバック制御する。そして、改質器の水素含有ガスの製造量の制御により、水素貯蔵容器の水素含有ガスの貯蔵量を調節する。

－酸素供給手段の制御により、燃料電池への酸素供給量を制御する。

－水素貯蔵容器に接続されている開閉弁の開閉量の制御と、それによる燃料電池の発電量の制御を行う。

－燃料電池の発電量の監視と、改質器への電力供給量の制御。

（７）制御部は、停電や災害発生などの異常を検出したとき、及び外部から停止命令を受け取ったときに、水素貯蔵容器の貯蔵量の確認と発電の停止を行う。

（８）制御部は、外部から起動命令を受け取ったとき、及び予め計画された時刻となったときに、燃料電池システムの起動手順を実施する。

（９）計測部には、水素貯蔵容器の圧力を測定する圧力計を適用することができる。また、水素貯蔵容器に貯蔵されている気体の重量を測定する重量計を適用することができる。

（１０）本発明の燃料電池システムに最も好適に用いられる燃料電池は、固体高分子形燃料電池である。その他、各種の燃料電池が適用可能である。

[0025] 以下、本発明の好適な実施形態の燃料電池システムの実施形態について、図面を参照しつつ説明する。

[0026] 図１から図４を参照して、本発明の燃料電池システムとこの装置の運転方法を説明する。図１に示した燃料電池システム１は、入力部１１と、改質器１２と、水素貯蔵容器１３と、計測部１４と、燃料電池１５と、制御部１８とを備えている。水素貯蔵容器１３の出口側には、開閉弁１９が設けられている。制御部１８は、入力部１１と、改質器１２と、計測部１４と、燃料電池１５と、酸素供給手段４３と、開閉弁１９のそれぞれと、通信可能な状態で接続されている。燃料電池１５は、発電した電力の少なくとも一部を改質器に供給する第一の電力供給路１６と、電力を外部負荷４２に供給する第二

の電力供給路 1 7 とに接続されている。

[0027] 入力部 1 1 は、水素を含有する原料を保管し供給する水素源 4 1 に接続しており、水素源 4 1 から受け取った原料を原料導入路 2 9 を経由して改質器 1 2 に導入する。入力部 1 1 は、好適には電磁弁で構成される。制御部 1 8 が、入力部 1 1 の開閉量を制御して、原料の導入量を制御し、改質器 1 2 の水素含有ガスの製造量を制御する。

[0028] 改質器 1 2 は、原料導入路 2 9 を通じて導入された所定の量の原料を分解して水素含有ガスを製造する。製造した水素含有ガスは、水素供給路 2 1 を経由して水素貯蔵容器 1 3 に一時貯蔵される。水素貯蔵容器 1 3 には計測部 1 4 が接続されており、水素貯蔵容器 1 3 内の水素含有ガスの貯蔵量を計測する。計測部 1 4 は、好適には圧力計であり、水素貯蔵容器 1 3 内の圧力を測定する。測定した圧力の測定値は、制御部 1 8 に入力される。制御部 1 8 は、燃料電池 1 5 の起動に必要な水素含有ガスの最低量（以下、この貯蔵量を「起動用水素量」と称する）に対応する、水素貯蔵容器 1 3 の貯蔵量のしきい値を記憶しており、貯蔵量の監視と制御とを行う。計測部 1 4 が圧力計であり、出力する計測データが圧力値の場合、制御部 1 8 が記憶しているしきい値もまた圧力値である。

[0029] 水素貯蔵容器 1 3 の出口側には開閉弁 1 9 が配置されている。開閉弁 1 9 は、好適には電磁弁で構成されている。制御部 1 8 は、開閉弁 1 9 の開閉量を制御して、水素貯蔵容器 1 3 の貯蔵量と燃料電池 1 5 に供給する水素含有ガスの量とを制御する。

[0030] 燃料電池 1 5 は、水素貯蔵容器 1 3 から供給される水素含有ガスと、酸素供給手段 4 3 から供給される空気中に含まれる酸素とを使用して発電する。燃料電池 1 5 は、動作温度が 1 0 0℃以下の固体高分子形燃料電池が最も好適に適用される。燃料電池から出力される電力は、第一の電力供給路 1 6 と第二の電力供給路 1 7 とに分配されて供給される。制御部 1 8 は、燃料電池 1 5 の発電量を監視し、必要な発電量を確保する。そのために制御部 1 8 は、開閉弁 1 9 の開閉量と酸素供給手段 4 3 の酸素供給量とを制御する。酸素

供給手段 43 には、通常の送風機（ファン）が好適に使用される。

[0031] 定常運転時の制御部 18 は、必要な発電量を得るための制御に加えて、水素貯蔵容器 13 に、常時燃料電池 15 の起動に必要な水素含有ガスの最低量を貯蔵するための以下の制御を行う。制御部 18 は、計測部 14 の計測データを受領したとき、記憶しているしきい値と比較する。比較の結果、貯蔵している水素含有ガスが起動用水素量を下回っていると判定した場合、制御部 18 は、水素含有ガスの貯蔵量を増やすためのフィードバック制御を行う。具体的には、改質器 12 に供給する原料の量を増やすように入力部 11 を制御し、また燃料電池 15 から改質器 12 に供給する電力を増やして、改質器 12 の水素含有ガスの製造量を速やかに増やし、水素貯蔵容器 13 の貯蔵量が起動用水素量以上となるように制御する。

[0032] 燃料電池システム 1 の停止方法について、図 3 を参照して説明する。燃料電池システム 1 の一連の停止工程は、全て、制御部 18 の制御によって行われる。燃料電池システム 1 が第二の供給路 17 による外部負荷 42 への電力供給を停止すると（ステップ S21）、制御部 18 は、計測部 14 の計測データを確認して、水素貯蔵容器 13 に起動用水素量が貯蔵されていることを確認する（ステップ S22）。確認後、入力部 11 を閉鎖し（ステップ S23）、改質器 12 を停止する（ステップ S24）。水素の製造が完全に停止した事を確認し（ステップ S25）、開閉弁 19 を閉鎖して、水素貯蔵容器 13 を閉鎖する（ステップ S26）。これにより、燃料電池 15 への水素の供給が停止する。次に、酸素供給手段 43 を停止して、燃料電池 15 への酸素供給を停止する（ステップ S27）。最後に燃料電池 15 の運転を停止する（ステップ S28）。以上の工程により、水素貯蔵容器 13 に起動用水素量が貯蔵されている状態で燃料電池システム 1 の停止が完了する。

[0033] 水素貯蔵容器 13 に所定の起動用水素量が貯蔵されている燃料電池システム 1 を起動する方法について、図 2 を参照して説明する。起動は、制御部 18 の制御によって行われる。制御部 18 は、水素貯蔵容器 13 に貯蔵した水素量の確認を行い（ステップ S1）、開閉弁 19 を開放して（ステップ S2

）、水素貯蔵容器 1 3 から水素を燃料電池 1 5 に供給する（ステップ S 3）。酸素供給手段 4 3 から酸素を燃料電池 1 5 に供給し（ステップ S 4）、燃料電池 1 5 を起動する（ステップ S 5）。これにより、発電が開始される。制御部 1 8 は、発電開始当初は、発電した全ての電力を第一の電力供給路 1 6 を経由して改質器 1 2 に供給する（ステップ S 6）。さらに制御部 1 8 は、入力部 1 1 を開き、改質器 1 2 に原料を導入する（ステップ S 7）。改質器 1 2 が起動して、水素の製造を開始する（ステップ S 8）。制御部 1 8 は、計測部 1 4 の計測データを再度確認して、水素貯蔵容器 1 3 に起動用水素量以上の水素含有ガスが貯蔵されていることを確認する（ステップ S 9）。貯蔵量が確保されていたときステップ S 9 が y e s となって、通常運転を開始して発電量を制御する（ステップ S 1 0）。そして、第二の電力供給路を経由して、外部負荷 4 2 に対する電力の供給を開始する（ステップ S 1 1）。

[0034] 図 3 に示した、通常の停止方法が行われたとき、燃料電池システム 1 の水素貯蔵容器 1 3 には、常時、起動用水素量以上の水素が貯蔵されている。全く新規に設置した燃料電池システム 1 を起動する場合に限り、水素貯蔵容器 1 3 に、燃料電池 1 5 の起動に必要な量の水素含有ガスを導入することで、燃料電池 1 5 を起動することができる。

[0035] 本実施形態に好適に使用される改質器 1 2 について、図 4 を参照して説明する。改質器 1 2 は、プラズマ反応器 2 3 と、このプラズマ反応器 2 3 の中に収容された高電圧電極 2 5 と、プラズマ反応器 2 3 の外側に接して配置された接地電極 2 7 とを備えている、プラズマ改質器である。プラズマ反応器 2 3 は、石英製であり、円筒形に形成されている。高電圧電極 2 5 は、円筒形の水素分離膜 3 2 と、水素分離膜 3 2 の両端を支持する円盤状の支持体 3 3 とを備えている。水素分離膜 3 2 の好適な素材は、パラジウム合金の薄膜である。

[0036] 高電圧電極 2 5 は、燃料電池 1 5 に第一の電力供給路 1 6 を介して接続された高電圧パルス電源 2 2 に接続されており、高電圧が印加される。プラズ

マ反応器 2 3 の内壁に対して水素分離膜 3 2 が同心円状に配置されるように、プラズマ反応器 2 3 と支持体 3 3 との間にはリング 3 4 が嵌め合わされている。この結果、プラズマ反応器 2 3 の内壁と水素分離膜 3 2 との間には、一定の間隔が維持された放電空間 2 4 が形成されている。また、水素分離膜 3 2 の内側には、水素分離膜 3 2 と支持体 3 3 とでとり囲まれて閉空間となっている内室 2 6 が形成されている。接地電極 2 7 は、プラズマ反応器 2 3 および水素分離膜 3 2 と同心円状に配置されている。本実施形態において、水素源 4 1 から入力部 1 1 と原料導入路 2 9 を経由して供給される最も好適な原料はアンモニアガスである。アンモニアガスは、改質器 1 2 の放電空間 2 4 に供給される。

[0037] 水素分離膜 3 2 と接地電極 2 7 が対向しており、且つその間に石英製のプラズマ反応器 2 3 を配置したことで、プラズマ反応器 2 3 が誘電体として機能して、高電圧電極 2 5 の水素分離膜 3 2 に高電圧を印加すると誘電体バリア放電を発生させることができる。高電圧電極 2 5 に高電圧を印加する高電圧パルス電源 2 2 は、波形保持時間が $10\ \mu\text{s}$ と極めて短い電圧を印加する。

[0038] 改質器 1 2 を使用した水素の製造は、所定の流量で放電空間にアンモニアガスを供給し、高電圧電極 2 5 として機能する水素分離膜 3 2 と、接地電極 2 7 との間で誘電体バリア放電を発生させて、放電空間 2 4 の中にアンモニアの大気圧非平衡プラズマを発生させる事で行われる。アンモニアの大気圧非平衡プラズマから発生した水素は、水素原子の形態で水素分離膜 3 2 に吸着し、水素分離膜 3 2 の中を拡散しながら通過し、水素分離膜 3 2 を通過後に再結合して水素分子となって内室 2 6 に移動する。このようにして、水素のみが分離される。

[0039] ここに述べた改質器 1 2 は、常温で動作する。またアンモニアを用いた場合、アンモニアに含まれる水素のほぼ 100% を水素として分離して内室 2 6 に導入することが可能である。この結果、得られる水素含有ガスは、水素濃度が 99.9% 以上の高純度の水素ガスとなる。

実施例

- [0040] 改質器 12 にプラズマ改質器を適用し、燃料電池 15 に固体高分子形燃料電池を適用した燃料電池システム 1 が、自立起動する実施例を以下に示す。本実施例では、起動用水素量が、0.1 MPa (1 気圧) で 50 リットル (0.05 m³) である固体高分子形燃料電池を用いている。
- [0041] 本実施例では、水素貯蔵容器 13 の水素含有ガス貯蔵量の測定には、計測部 14 として圧力計が用いられている。制御部 18 は、燃料電池 15 の起動に必要な水素含有ガスの量に対応する圧力のしきい値を記憶している。制御部 18 は、発電が行われている間、計測部の計測結果を監視し、記憶しているしきい値と計測結果との比較結果を用いて、改質器 12 の水素含有ガスの製造量と水素製造容器 13 の貯蔵量とをフィードバック制御し、水素貯蔵容器 13 に、起動時に必要な 50 リットルの水素量に対応する水素含有ガスを常時貯蔵している。
- [0042] 本実施例の改質器 12 は、プラズマ反応器 23 と、このプラズマ反応器 23 の中に収容された高電圧電極 25 と、プラズマ反応器 23 の外側に接して配置された接地電極 27 とを備えたプラズマ改質器である。プラズマ改質器の消費電力と水素製造量の関係の一例を、表 1 と図 5 に示す。なお、以下に示す水素の体積は、標準状態 (1 気圧、0℃) で換算した体積である。
- [0043]

[表1]

プラズマ改質器 消費電力[Wh]	水素製造量[L/min]
37.5	2.09
75	4.18
150	8.35
225	12.53
300	16.70

[0044] 表1及び図5に示したとおり、本実施例の改質器12であるプラズマ改質器は、供給された電力に比例して水素を製造することができる。具体的には、原料のアンモニアを毎分1.39リットル（標準状態で換算した体積）で供給した場合、消費電力37.5W当たり毎分2.09リットルの水素を製造する。また、消費電力100W当たり毎分5.57リットルの水素を製造する。

[0045] 本実施例に適用した固体高分子形燃料電池の水素供給量と発電量の関係の一例を、以下の表2と図6に示す。本実施例の燃料電池15は、供給された水素の量に比例して発電することができる。

[0046]

[表2]

燃料電池 発電量[Wh]	水素供給量[L/min]
250	2.09
500	4.18
1000	8.35
1500	12.53
2000	16.70

[0047] 制御部 18 は、燃料電池 15 が発電した電力の一部を改質器 12 に供給する。この電力によって、改質器 12 が起動し、改質器 12 の高電圧電極 25 の水素分離膜 32 と接地電極 27 との間で誘電体バリア放電が行われて、水素の製造が開始される。燃料電池 15 が発電した 1000W の電力のうち、改質器 12 に 150W の電力を供給することで、燃料電池 15 の発電に必要な水素を製造することができる。こうして、燃料電池 15 と改質器 12 がそれぞれ起動して、発電を継続することができる。

[0048] 本実施例で説明した燃料電池システム 1 の構成とその運転方法は、適宜変更が可能である。たとえば、改質器 12 の変形例として、プラズマ反応器 23 の中に収容された円筒形の水素分離膜 32 を接地し、プラズマ反応器 23 の外側に接して配置された電極を高電圧パルス電源 22 に接続することができる。このとき、水素分離膜 32 は接地電極として機能して、実施例と同様に誘電体バリア放電を発生させることができる。この場合であっても、水素分離膜 32 は、プラズマに曝されることで水素を分離することができる。

[0049] また例えば、実施形態では、水素貯蔵容器 13 と開閉弁 19 とが離れた位置に配置された例について説明したが、開閉弁 19 は、水素貯蔵容器 13 の

出口に配置することができる。また、水素貯蔵容器 1 3 の貯蔵量を測定する計測部 1 4 は、圧力計以外の測定機器に代替が可能である。改質器 1 2 から水素貯蔵容器 1 3 を経由して燃料電池 1 5 に至るまでの水素供給路 2 1 には、流量を制御するための任意の手段を配置することができる。燃料電池 1 5 から改質器 1 2 と外部負荷 4 2 に電力を供給する電力供給路 1 6, 1 7 の配線と電流電圧の制御手段についても、機器全体の配置と機能に応じて適宜変更が可能である。

符号の説明

[0050]	1	燃料電池システム
	1 1	入力部
	1 2	改質器
	1 3	水素貯蔵容器
	1 4	計測部
	1 5	燃料電池
	1 6	第一の電力供給路
	1 7	第二の電力供給路
	1 8	制御部
	1 9	開閉弁
	2 1	水素供給路
	2 2	高電圧パルス電源
	2 3	プラズマ反応器
	2 4	放電空間
	2 5	高電圧電極
	2 7	接地電極
	2 9	原料導入路
	3 2	水素分離膜
	3 3	支持体
	4 1	水素源

4 2 外部負荷

4 3 酸素供給手段

請求の範囲

- [請求項1] 水素源に接続しており、水素源から水素を含有する原料を導入する入力部と、
- 前記入力部が導入した前記原料を分解して水素含有ガスを製造する改質器と、
- 前記改質器が製造した水素含有ガスを一時貯蔵する水素貯蔵容器と、
- 、
- 前記水素貯蔵容器内の水素含有ガスの貯蔵量を計測する計測部と、
- 前記水素貯蔵容器から供給される水素含有ガスを使用して発電する燃料電池と、
- 前記燃料電池が発電した電力の少なくとも一部を前記改質器に供給する第一の電力供給路と、
- 前記燃料電池が発電した電力の一部を外部に供給する第二の電力供給路と、
- 前記計測部の計測データを受領して、前記改質器の水素含有ガスの製造量と、前記水素貯蔵容器の水素含有ガスの貯蔵量と、前記燃料電池の発電量とを制御する制御部と、
- を備えており、
- 前記制御部が、前記燃料電池の起動に必要な水素含有ガスの最低量に対応する前記計測データのしきい値を記憶しており、前記計測データと前記しきい値との比較結果に基づいて前記水素貯蔵容器の水素含有ガスの貯蔵量を前記燃料電池の起動に必要な量以上に制御する制御部であり、
- 起動時の前記燃料電池が、前記水素貯蔵容器で貯蔵していた水素含有ガスを用いて発電し、電力を前記第一の電力供給路から前記改質器に供給することを特徴とする燃料電池システム。
- [請求項2] 前記燃料電池の出力電力が、前記改質器の消費する電力より大であることを特徴とする請求項1記載の燃料電池システム。

[請求項3] 前記燃料電池の動作温度が、前記改質器の動作温度以上であることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の燃料電池システム。

[請求項4] 前記改質器が、
前記原料を分解してプラズマとするための、原料供給口および水素出口を備えたプラズマ反応容器と、
前記第一の電力供給路に接続されたプラズマ発生用電源と、
当該プラズマ反応容器の水素出口側を区画する水素分離部と、
を備えており、
前記水素分離部が、前記プラズマ反応容器内でプラズマとなっている原料から水素を分離して、前記水素出口側に通過させることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれかに記載の燃料電池システム。

[請求項5] 前記水素分離部が前記プラズマ発生用電源に接続されている水素分離膜であり、
前記水素分離膜は、電力を供給されることで高電圧電極として機能し、接地電極との間で放電して原料をプラズマとすることを特徴とする請求項 4 記載の燃料電池システム。

[請求項6] 前記水素貯蔵容器が水素供給側出口に開閉弁をさらに備えており、
前記制御部は、前記開閉弁の開閉量を制御して、前記水素貯蔵容器の水素含有ガスの貯蔵量を制御することを特徴とする請求項 1 から 5 に記載の燃料電池システム。

[請求項7] 水素を含有する原料が、アンモニアまたは尿素であることを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の燃料電池システム。

[請求項8] 水素源に接続しており、水素源から水素を含有する原料を供給する入力部と、
前記入力部から導入された前記原料を分解して水素含有ガスを製造する改質器と、
前記改質器が製造した水素含有ガスを一時貯蔵する水素貯蔵容器と、
、

前記水素貯蔵容器の水素貯蔵量を計測する計測部と、

前記水素貯蔵容器から供給される水素含有ガスを用いて発電する燃料電池と、

前記燃料電池が発電した電力の少なくとも一部を前記改質器に供給する第一の電力供給路と、

前記燃料電池が発電した電力の一部を外部に供給する第二の電力供給路と、

前記計測部の計測データを受領して、前記改質器の水素含有ガスの製造量と、前記水素貯蔵容器の水素含有ガスの貯蔵量と、前記燃料電池の発電量とを制御する制御部であって、前記燃料電池の起動に必要な水素含有ガスの最低量に対応するしきい値と前記計測部の計測データとを比較して水素含有ガスの製造量のフィードバック制御を行うことにより、前記水素貯蔵容器の貯蔵量を前記燃料電池の起動に必要な量以上に制御している制御部と、

を備えている燃料電池システムの運転方法であって、

起動命令を受け付けた前記制御部が、前記水素貯蔵容器から水素含有ガスを前記燃料電池に供給する工程と、

供給された水素含有ガスによって前記燃料電池が発電を開始する工程と、

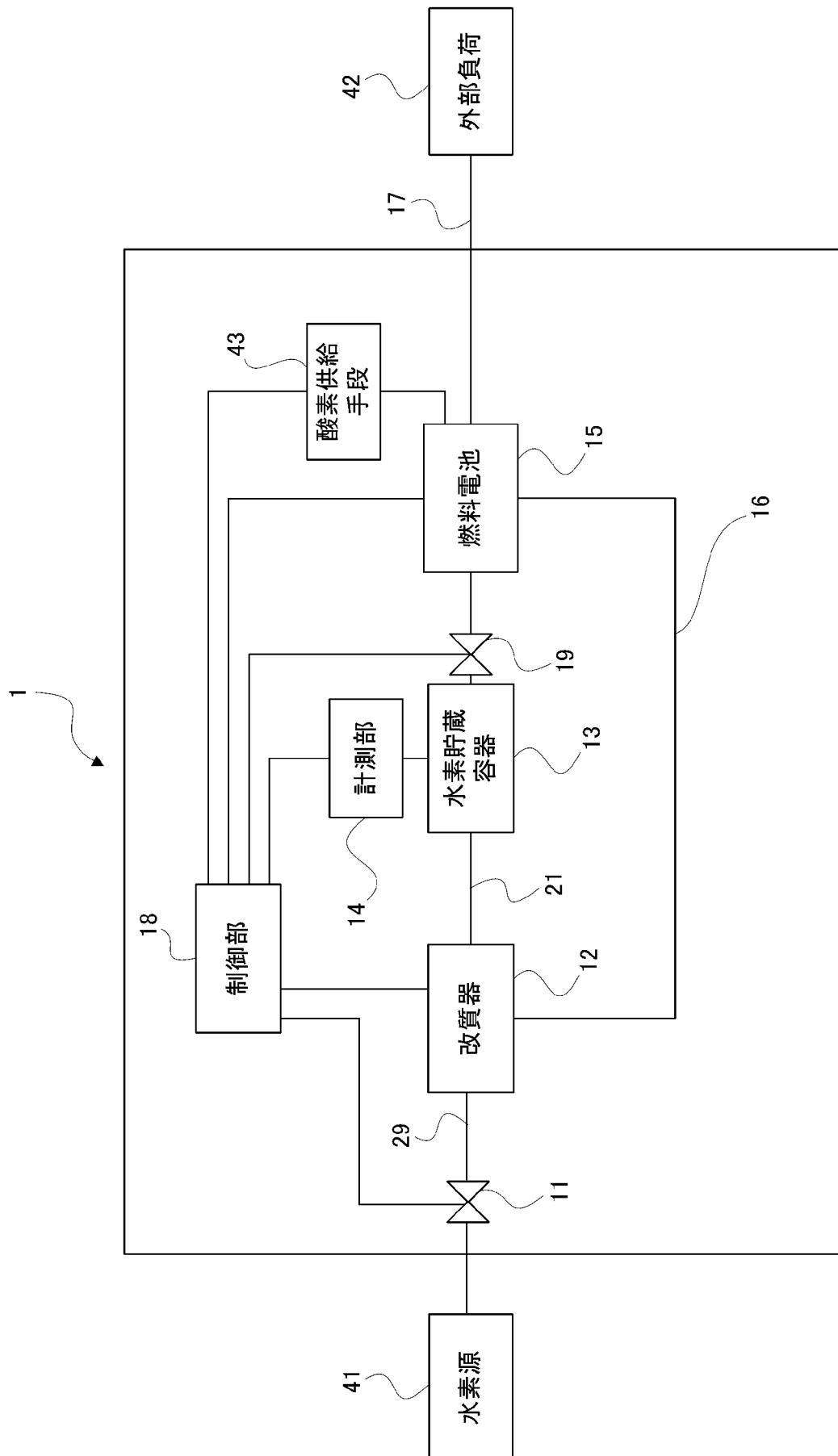
前記燃料電池が発電した電力を前記改質器に供給する工程と、

前記改質器が、原料を分解してプラズマとすることによって水素を製造する工程と、

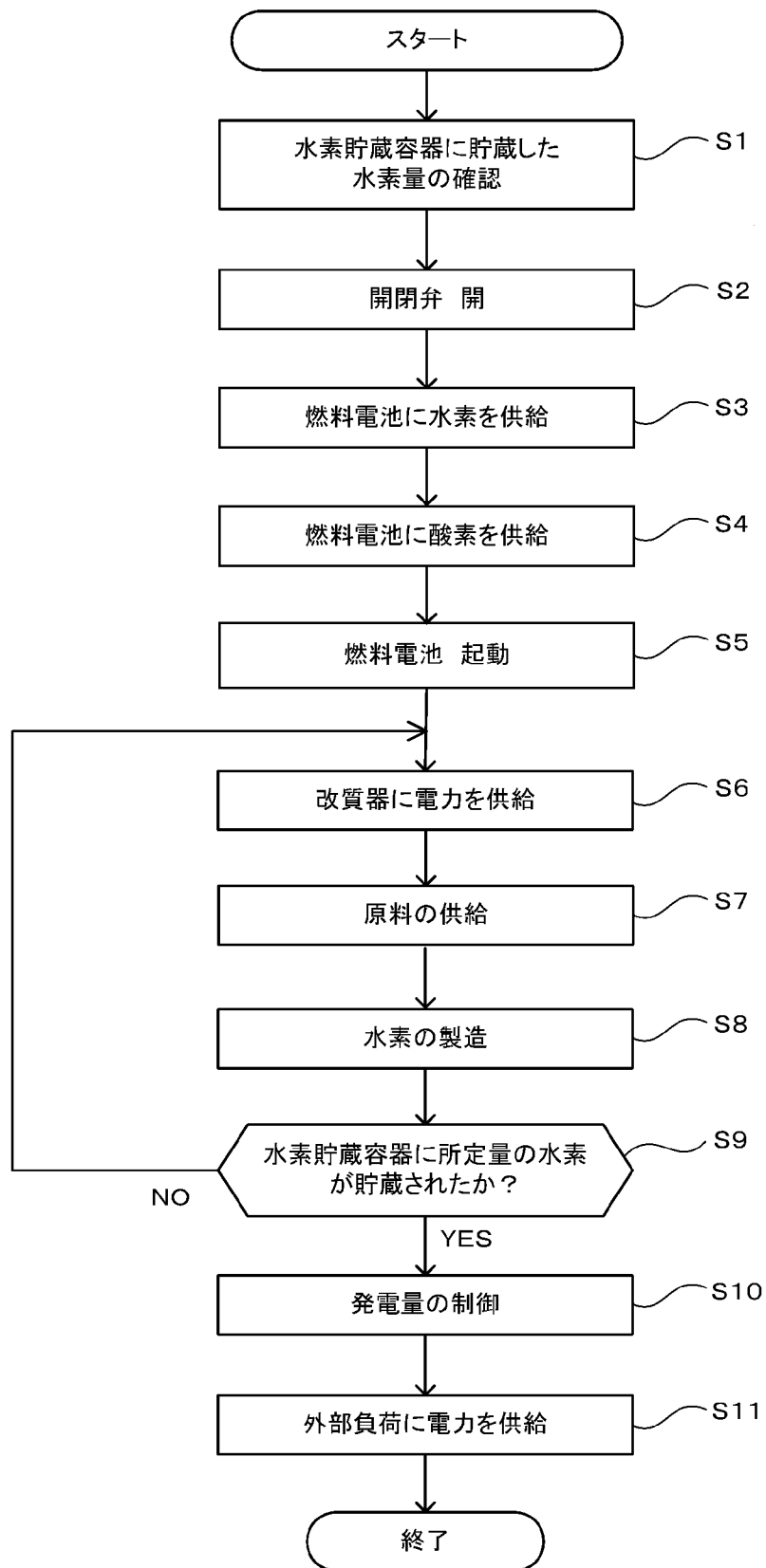
製造した水素含有ガスを前記燃料電池に供給して発電を継続する工程と、

を備えていることを特徴とする燃料電池システムの運転方法。

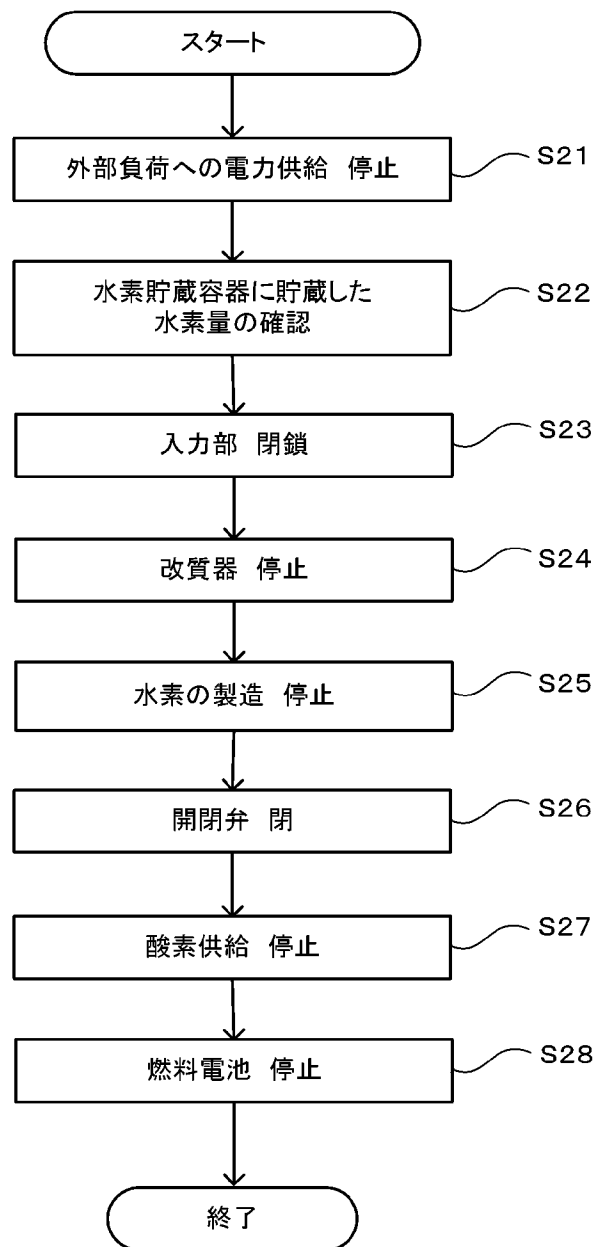
[図1]



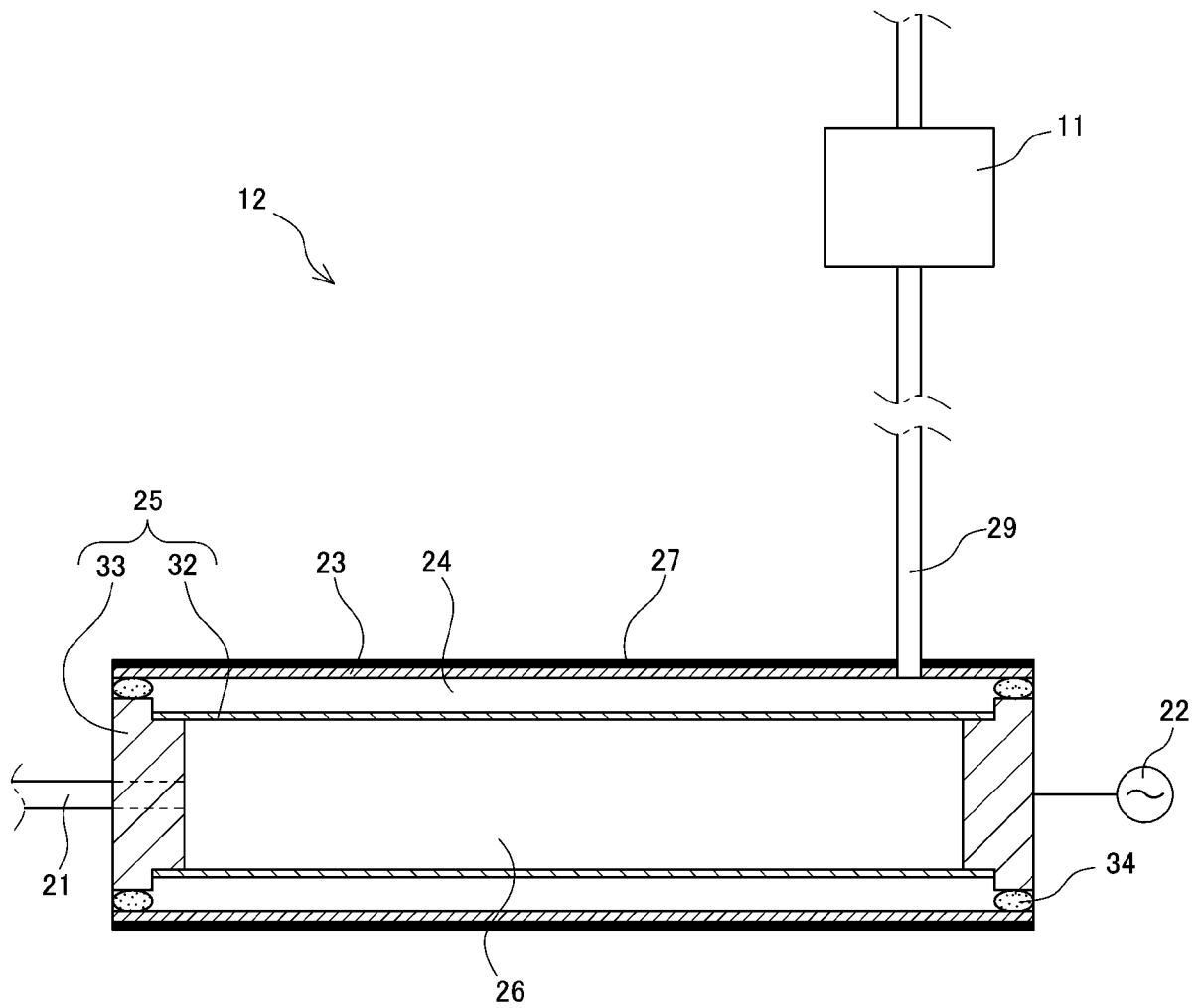
[図2]



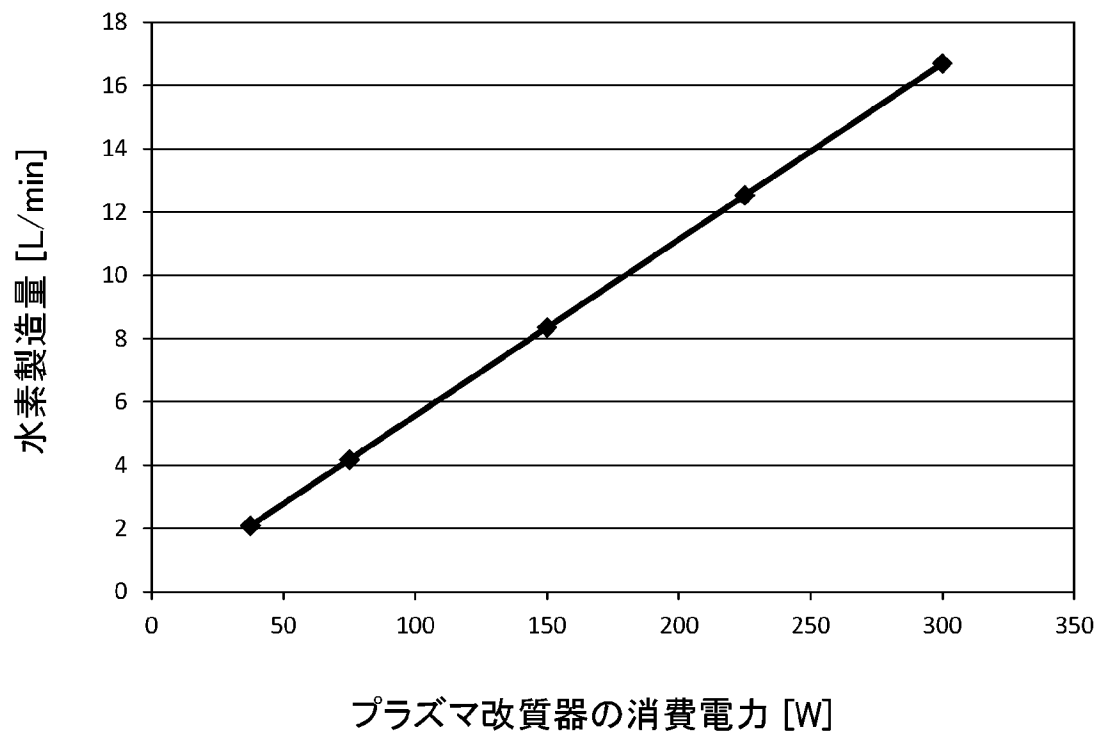
[図3]



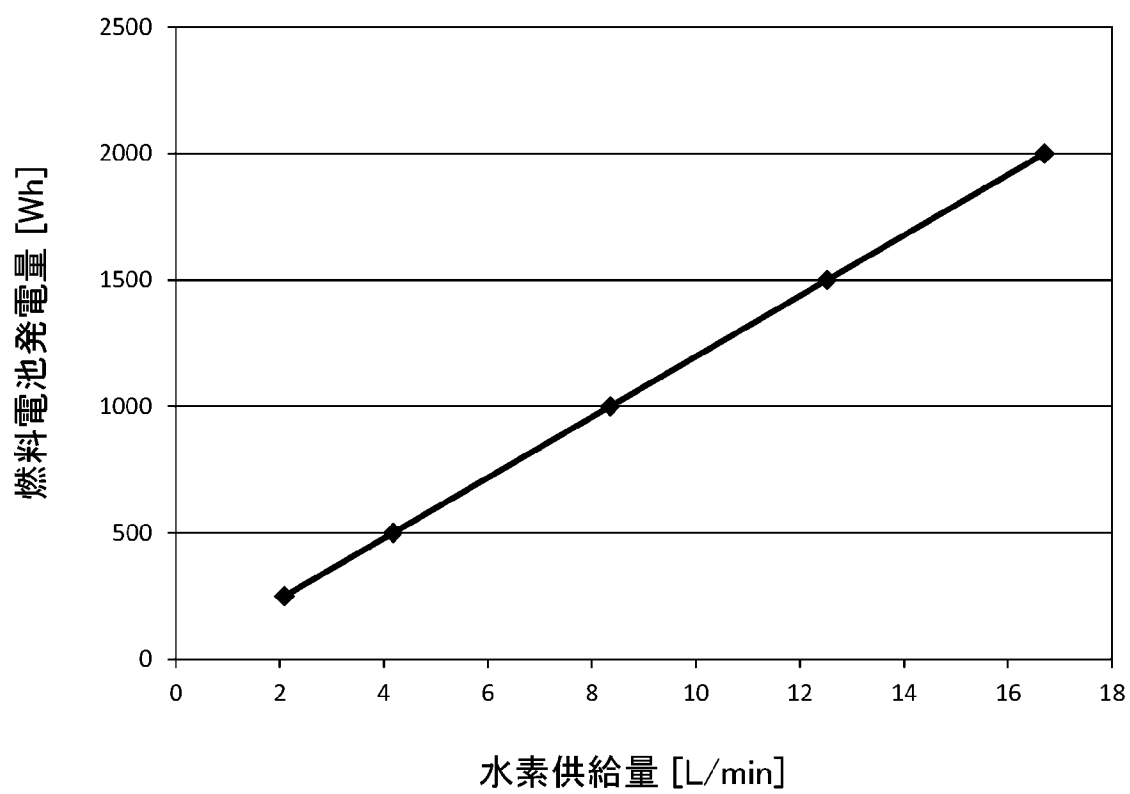
[図4]



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/037161

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. H01M8/04225(2016.01)i, C01B3/04(2006.01)i, C01B3/56(2006.01)i,
H01M8/04(2016.01)i, H01M8/10(2016.01)i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. H01M8/04225, C01B3/04, C01B3/56, H01M8/04, H01M8/10

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2017
Registered utility model specifications of Japan	1996-2017
Published registered utility model applications of Japan	1994-2017

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2001-313051 A (JAPAN METALS & CHEMICALS CO., LTD.) 09 November 2001, paragraphs [0013]-[0021], fig. 1 (Family: none)	1-8
Y	JP 2003-56798 A (SONY CORP.) 26 February 2003, paragraph [0049] (Family: none)	1-8
Y	JP 2010-238593 A (TOTO LTD.) 21 October 2010, paragraph [0068], fig. 5 (Family: none)	3

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
26 December 2017 (26.12.2017)

Date of mailing of the international search report
09 January 2018 (09.01.2018)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/037161

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2014-70012 A (GIFU UNIVERSITY) 21 April 2014, paragraphs [0021]-[0034], fig. 1 & US 2015/0238922 A1, paragraphs [0031]-[0045] & WO 2014/054277 A1 & DE 112013004853 T & CN 104661955 A	4-8
Y	JP 2015-14197 A (NISSAN MOTOR CO., LTD.) 22 January 2015, paragraph [0058] (Family: none)	7

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H01M8/04225(2016.01)i, C01B3/04(2006.01)i, C01B3/56(2006.01)i, H01M8/04(2016.01)i, H01M8/10(2016.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H01M8/04225, C01B3/04, C01B3/56, H01M8/04, H01M8/10

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2001-313051 A (日本重化学工業株式会社) 2001.11.09, 段落[0013]-[0021], 第1図 (ファミリーなし)	1-8
Y	JP 2003-56798 A (ソニー株式会社) 2003.02.26, 段落[0049] (ファミリーなし)	1-8
Y	JP 2010-238593 A (TOTO株式会社) 2010.10.21, 段落[0068], 第5図 (ファミリーなし)	3

☑ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

20.12.2017

国際調査報告の発送日

09.01.2018

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

笹岡 友陽

3H

5780

電話番号 03-3581-1101 内線 3316

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2014-70012 A (国立大学法人岐阜大学) 2014. 04. 21, 段落[0021]-[0034], 第 1 図 & US 2015/0238922 A1, 段落[0031]-[0045] & WO 2014/054277 A1 & DE 112013004853 T & CN 104661955 A	4-8
Y	JP 2015-14197 A (日産自動車株式会社) 2015. 01. 22, 段落[0058] (ファミリーなし)	7