

(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
2010 年 10 月 7 日(07.10.2010)

(10) 国際公開番号
WO 2010/114049 A1

- (51) 国際特許分類:
H01M 8/04 (2006.01) H01M 8/12 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/055916
- (22) 国際出願日: 2010 年 3 月 31 日(31.03.2010)
- (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 2009-087351 2009 年 3 月 31 日(31.03.2009) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): TOTO 株式会社(TOTO LTD.) [JP/JP]; 〒8028601 福岡県北九州市小倉北区中島 2 丁目 1 番 1 号 Fukuoka (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 大江 俊春(OOE Toshiharu) [JP/JP]; 〒8028601 福岡県北九州市小倉北区中島 2 丁目 1 番 1 号 TOTO 株式会社内 Fukuoka (JP). 土屋 勝久(TSUCHIYA Katsuhisa) [JP/JP]; 〒8028601 福岡県北九州市小倉北区中島 2 丁目 1 番 1 号 TOTO 株式会社内 Fukuoka (JP). 中野 清隆(NAKANO Kiyotaka) [JP/JP]; 〒8028601 福岡県北九州市小倉北区中島

2 丁目 1 番 1 号 TOTO 株式会社内 Fukuoka (JP). 重住 司(SHIGEZUMI Tsukasa) [JP/JP]; 〒8028601 福岡県北九州市小倉北区中島 2 丁目 1 番 1 号 TOTO 株式会社内 Fukuoka (JP). 川村 昌之(KAWAMURA Yoshiyuki) [JP/JP]; 〒8028601 福岡県北九州市小倉北区中島 2 丁目 1 番 1 号 TOTO 株式会社内 Fukuoka (JP).

(74) 代理人: 辻居 幸一, 外(TSUJII Koichi et al.); 〒1008355 東京都千代田区丸の内 3 丁目 3 番 1 号 新東京ビル 中村合同特許法律事務所 Tokyo (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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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.

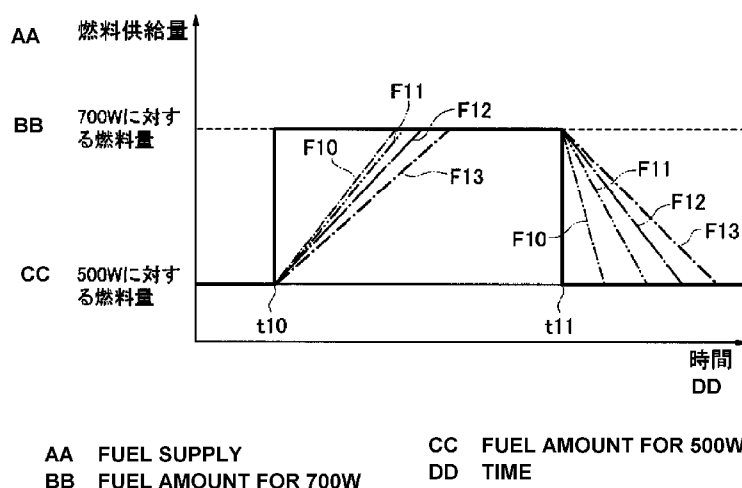
[続葉有]

(54) Title: SOLID ELECTROLYTE FUEL CELL

(54) 発明の名称: 固体電解質型燃料電池

[図11]

FIG.11



(57) Abstract: Provided is a solid electrolyte fuel cell in which the further progression of deterioration is suppressed in cells in which deterioration has progressed. The solid electrolyte fuel cell (1) is capable of adjusting generated power to correspond with power needs, and is equipped with a fuel cell module (2) having a plurality of solid electrolyte cells, a fuel supply device (38) that supplies fuel to the fuel cell module, an oxidant gas supply device (45) that supplies oxidant gas to the fuel cell module, and a controller (110) that alters the fuel supply being supplied by a fuel supplying means in correspondence with power needs. If deterioration in the fuel cell module has been inferred or assessed, the controller reduces the rate of change in the fuel supply per unit of time in the event of subsequent changes in power needs.

(57) 要約: 劣化が進行した燃料電池セルに対し、劣化の進行を抑制することができる固体電解質型燃料電池を提供する。本発明は、

要求発電量に応じて発電電力を可変する固体電解質型燃料電池 (1) であって、複数の固体電解質型燃料電池セルを備えた燃料電池モジュール (2) と、この燃料電池モジュールに燃料を供給する燃料供給装置 (38) と、燃料電池モジュールに酸化剤ガスを供給する酸化剤ガス供給装置 (45) と、要求発電量に対応して、燃料供給手段から供給する燃料供給量を変化させるコントローラ (110) と、を有し、コントローラは、燃料電池モジュールの劣化が推定又は判定されると、以後要求発電量が変化した際の燃料供給量の時間当たりの変化率を低下させることを特徴としている。

WO 2010/114049 A1



(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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (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, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ,

CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： 固体電解質型燃料電池

技術分野

[0001] 本発明は、固体電解質型燃料電池に関し、特に、要求発電量に応じて出力電力を可変する固体電解質型燃料電池に関する。

背景技術

[0002] 固体電解質型燃料電池（Solid Oxide Fuel Cell：以下「S O F C」とも言う）は、電解質として酸化物イオン導電性固体電解質を用い、その両側に電極を取り付け、一方の側に燃料ガスを供給し、他方の側に酸化剤（空気、酸素等）を供給して、比較的高温で動作する燃料電池である。

[0003] このS O F Cにおいては、酸化物イオン導電性固体電解質を通過した酸素イオンと燃料との反応によって水蒸気又は二酸化炭素を生成し、電気エネルギー及び熱エネルギーが発生する。電気エネルギーは、S O F C外部に取り出されて、各種電氣的用途に使用される。一方、熱エネルギーは、燃料、S O F C及び酸化剤等の温度を上昇させるために使用される。

[0004] また、燃料電池セルは、長期間に亘る使用により劣化していくことが知られている。特開2007-87756号公報（特許文献1）には、固体酸化物型燃料電池が記載されている。この燃料電池においては、燃料の流量を調整することにより、燃料電池セルの劣化を減少させることが記載されている。

[0005] さらに、特開2003-217627号公報（特許文献2）には、燃料供給量制御装置、燃料供給量制御方法および電力供給システムが記載されている。この燃料供給量制御装置は、燃料電池セルが劣化することにより所定の燃料供給量に対して取り出すことができる電力が低下した場合には、燃料供給量を補償するように構成されている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2007-87756号公報

特許文献2：特開2003-217627号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 上述したように、特開2003-217627号公報（特許文献2）記載の燃料供給量制御装置では、一定の燃料供給量に対する出力電力に基づいて燃料供給量を補償している。しかしながら、劣化することにより、燃料供給量に対する出力電力が低下した燃料電池の燃料供給量を増量補償して、出力電力を劣化前のレベルに維持する制御を行うと、この制御が却って燃料電池の劣化を促進してしまうという問題がある。補償により劣化が促進された燃料電池に対し、更なる補償を実施すれば、更に劣化が促進されるという悪循環に陥り、場合によっては燃料電池の寿命を大幅に縮めてしまうことになる。

[0008] 従って、本発明は、劣化が進行した燃料電池セルに対し、劣化の進行を抑制することができる固体電解質型燃料電池を提供することを目的としている。

課題を解決するための手段

[0009] 上述した課題を解決するために、本発明は、要求発電量に応じて発電電力を可変する固体電解質型燃料電池であって、複数の固体電解質型燃料電池セルを備えた燃料電池モジュールと、この燃料電池モジュールに燃料を供給する燃料供給装置と、燃料電池モジュールに酸化剤ガスを供給する酸化剤ガス供給装置と、要求発電量に対応して、燃料供給装置から供給する燃料供給量を変化させるコントローラと、を有し、コントローラは、燃料電池モジュールの劣化が推定又は判定されると、以後要求発電量が変化した際の燃料供給量の時間当たりの変化率を低下させることを特徴としている。

[0010] このように構成された本発明においては、コントローラは、燃料供給装置、及び酸化剤ガス供給装置を制御して、燃料電池モジュールに燃料、及び酸化剤ガスを供給する。また、コントローラは、燃料電池モジュールの劣化が

推定又は判定されると、以後要求発電量の変化に対する燃料供給量の時間当たりの変化率を低下させる。

[0011] このように構成された本発明によれば、燃料電池モジュールの劣化が推定又は判定されると、燃料供給量の時間当たりの変化率が低下されるので、燃料電池モジュールの温度変化が緩やかになり、燃料電池モジュールの劣化の進行を抑制することができる。

[0012] 本発明において、好ましくは、コントローラは、燃料電池モジュールの運転時間に基づいて、燃料電池モジュールの劣化を推定する。

このように構成された本発明によれば、燃料電池モジュールの劣化が運転時間に基づいて推定されるので、簡便に劣化の進行を抑制する制御を行うことができる。

[0013] 本発明において、好ましくは、コントローラは、上記燃料電池モジュールの劣化が進行しているほど、又は、燃料電池モジュールが長期間運転されているほど、要求発電量が増加した際の燃料供給量の時間当たりの変化率を大きく低下させる。

[0014] このように構成された本発明によれば、燃料電池モジュールの劣化の進行程度に合わせて、燃料供給量の変化率を変更するので、要求発電量に対する出力電力の追従性を確保しながら、燃料電池モジュールの劣化の進行を抑制することができる。

[0015] 本発明において、好ましくは、コントローラは、劣化が所定の状態まで進行したと推定又は判定すると、以後、要求発電量に対応した制御を中止し、所定の電力が出力されるよう燃料供給装置から供給する燃料供給量を制御する。

[0016] このように構成された本発明によれば、劣化が所定の状態まで進行した後は、一定の電力が出力されるので、燃料電池モジュールの温度変化をより少なくすることができ、燃料電池モジュールの劣化の進行を抑制することができる。

[0017] また、本発明は、要求発電量に応じて発電電力を可変する固体電解質型燃

料電池であって、複数の固体電解質型燃料電池セルを備えた燃料電池モジュールと、この燃料電池モジュールに燃料を供給する燃料供給手段と、燃料電池モジュールに酸化剤ガスを供給する酸化剤ガス供給手段と、要求発電量に対応して、燃料供給手段から供給する燃料供給量を変化させる制御手段と、を有し、制御手段は、燃料電池モジュールの劣化が推定又は判定されると、以後要求発電量が増加した際の燃料供給量の時間当たりの変化率を低下させることを特徴としている。

発明の効果

- [0018] 本発明の固体電解質型燃料電池によれば、劣化が進行した燃料電池セルに対し、劣化の進行を抑制することができる。

図面の簡単な説明

- [0019] [図1]本発明の一実施形態による固体電解質型燃料電池（SOFC）を示す全体構成図である。
- [図2]本発明の一実施形態による固体電解質型燃料電池（SOFC）の燃料電池モジュールを示す正面断面図である。
- [図3]図2のIII-III線に沿って断面図である。
- [図4]本発明の一実施形態による固体電解質型燃料電池（SOFC）の燃料電池セル単体を示す部分断面図である。
- [図5]本発明の一実施形態による固体電解質型燃料電池（SOFC）の燃料電池セルスタックを示す斜視図である。
- [図6]本発明の一実施形態による固体電解質型燃料電池（SOFC）を示すブロック図である。
- [図7]本発明の一実施形態による固体電解質型燃料電池（SOFC）の起動時の動作を示すタイムチャートである。
- [図8]本発明の一実施形態による固体電解質型燃料電池（SOFC）の運転停止時の動作を示すタイムチャートである。
- [図9]本発明の一実施形態による固体電解質型燃料電池における劣化判定を説明するタイムチャートである。

[図10]制御部に入力される要求発電量と、要求発電量を生成するために必要な燃料供給量の関係の一例を示すグラフである。

[図11]要求発電量の変更に対する燃料供給量の時間的变化の一例を示すグラフである。

[図12]固体電解質型燃料電池の温度帯域規制制御の一例を示すタイムチャートである。

[図13]劣化判定手段による劣化判定の手順を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0020] 次に、添付図面を参照して、本発明の実施形態による固体電解質型燃料電池（S O F C）を説明する。

図1は、本発明の一実施形態による固体電解質型燃料電池（S O F C）を示す全体構成図である。この図1に示すように、本発明の一実施形態による固体電解質型燃料電池（S O F C）1は、燃料電池モジュール2と、補機ユニット4を備えている。

[0021] 燃料電池モジュール2は、ハウジング6を備え、このハウジング6内部には、断熱材（図示せず但し断熱材は必須の構成ではなく、なくても良いものである。）を介して密封空間8が形成されている。なお、断熱材は設けないようにしても良い。この密閉空間8の下方部分である発電室10には、燃料ガスと酸化剤（空気）とにより発電反応を行う燃料電池セル集合体12が配置されている。この燃料電池セル集合体12は、10個の燃料電池セルスタック14（図5参照）を備え、この燃料電池セルスタック14は、16本の燃料電池セルユニット16（図4参照）から構成されている。このように、燃料電池セル集合体12は、160本の燃料電池セルユニット16を有し、これらの燃料電池セルユニット16の全てが直列接続されている。

[0022] 燃料電池モジュール2の密封空間8の上述した発電室10の上方には、燃焼室18が形成され、この燃焼室18で、発電反応に使用されなかった残余の燃料ガスと残余の酸化剤（空気）とが燃焼し、排気ガスを生成するようになっている。

また、この燃焼室 18 の上方には、燃料ガスを改質する改質器 20 が配置され、前記残余ガスの燃焼熱によって改質器 20 を改質反応が可能な温度となるように加熱している。さらに、この改質器 20 の上方には、燃焼熱を受けて空気を加熱するための空気用熱交換器 22 が配置されている。

[0023] 次に、補機ユニット 4 は、水道等の水供給源 24 から水を貯水してフィルターにより純水とする純水タンク 26 と、この貯水タンクから供給される水の流量を調整する水流量調整ユニット 28（モータで駆動される「水ポンプ」等）を備えている。また、補機ユニット 4 は、都市ガス等の燃料供給源 30 から供給された燃料ガスを遮断するガス遮断弁 32 と、燃料ガスから硫黄を除去するための脱硫器 36 と、燃料ガスの流量を調整する燃料流量調整ユニット 38（モータで駆動される「燃料ポンプ」等）を備えている。さらに、補機ユニット 4 は、空気供給源 40 から供給される酸化剤である空気を遮断する電磁弁 42 と、空気の流量を調整する改質用空気流量調整ユニット 44 及び発電用空気流量調整ユニット 45（モータで駆動される「空気ブロア」等）と、改質器 20 に供給される改質用空気を加熱する第 1 ヒータ 46 と、発電室に供給される発電用空気を加熱する第 2 ヒータ 48 とを備えている。これらの第 1 ヒータ 46 と第 2 ヒータ 48 は、起動時の昇温を効率よく行うために設けられているが、省略しても良い。

[0024] 次に、燃料電池モジュール 2 には、排気ガスが供給される温水製造装置 50 が接続されている。この温水製造装置 50 には、水供給源 24 から水道水が供給され、この水道水が排気ガスの熱により温水となり、図示しない外部の給湯器の貯湯タンクへ供給されるようになっている。

また、燃料電池モジュール 2 には、燃料ガスの供給量等を制御するための制御ボックス 52 が取り付けられている。

さらに、燃料電池モジュール 2 には、燃料電池モジュールにより発電された電力を外部に供給するための電力取出部（電力変換部）であるインバータ 54 が接続されている。

[0025] 次に、図 2 及び図 3 により、本発明の実施形態による固体電解質型燃料電

池（S O F C）の燃料電池モジュールの内部構造を説明する。図2は、本発明の一実施形態による固体電解質型燃料電池（S O F C）の燃料電池モジュールを示す側面断面図であり、図3は、図2のIII-III線に沿って断面図である。

図2及び図3に示すように、燃料電池モジュール2のハウジング6内の密閉空間8には、上述したように、下方から順に、燃料電池セル集合体12、改質器20、空気用熱交換器22が配置されている。

[0026] 改質器20は、その上流端側に純水を導入するための純水導入管60と改質される燃料ガスと改質用空気を導入するための被改質ガス導入管62が取り付けられ、また、改質器20の内部には、上流側から順に、蒸発部20aと改質部20bを形成され、改質部20bには改質触媒が充填されている。この改質器20に導入された水蒸気（純水）が混合された燃料ガス及び空気は、改質器20内に充填された改質触媒により改質される。改質触媒としては、アルミナの球体表面にニッケルを付与したものや、アルミナの球体表面にルテニウムを付与したものが適宜用いられる。

[0027] この改質器20の下流端側には、燃料ガス供給管64が接続され、この燃料ガス供給管64は、下方に延び、さらに、燃料電池セル集合体12の下方に形成されたマニホールド66内で水平に延びている。燃料ガス供給管64の水平部64aの下方面には、複数の燃料供給孔64bが形成されており、この燃料供給孔64bから、改質された燃料ガスがマニホールド66内に供給される。

[0028] このマニホールド66の上方には、上述した燃料電池セルスタック14を支持するための貫通孔を備えた下支持板68が取り付けられており、マニホールド66内の燃料ガスが、燃料電池セルユニット16内に供給される。

[0029] 次に、改質器20の上方には、空気用熱交換器22が設けられている。この空気用熱交換器22は、上流側に空気集約室70、下流側に2つの空気分配室72を備え、これらの空気集約室70と空気分配室72は、6個の空気流路管74により接続されている。ここで、図3に示すように、3個の空気

流路管 7 4 が一組（7 4 a, 7 4 b, 7 4 c, 7 4 d, 7 4 e, 7 4 f）となっており、空気集約室 7 0 内の空気が各組の空気流路管 7 4 からそれぞれの空気分配室 7 2 へ流入する。

[0030] 空気用熱交換器 2 2 の 6 個の空気流路管 7 4 内を流れる空気は、燃焼室 1 8 で燃焼して上昇する排気ガスにより予熱される。

空気分配室 7 2 のそれぞれには、空気導入管 7 6 が接続され、この空気導入管 7 6 は、下方に延び、その下端側が、発電室 1 0 の下方空間に連通し、発電室 1 0 に余熱された空気を導入する。

[0031] 次に、マニホール 6 6 の下方には、排気ガス室 7 8 が形成されている。また、図 3 に示すように、ハウジング 6 の長手方向に沿った面である前面 6 a と後面 6 b の内側には、上下方向に延びる排気ガス通路 8 0 が形成され、この排気ガス室通路 8 0 の上端側は、空気用熱交換器 2 2 が配置された空間と連通し、下端側は、排気ガス室 7 8 と連通している。また、排気ガス室 7 8 の下面のほぼ中央には、排気ガス排出管 8 2 が接続され、この排気ガス排出管 8 2 の下流端は、図 1 に示す上述した温水製造装置 5 0 に接続されている。

図 2 に示すように、燃料ガスと空気との燃焼を開始するための点火装置 8 3 が、燃焼室 1 8 に設けられている。

[0032] 次に図 4 により燃料電池セルユニット 1 6 について説明する。図 4 は、本発明の一実施形態による固体電解質型燃料電池（S O F C）の燃料電池セルユニットを示す部分断面図である。

図 4 に示すように、燃料電池セルユニット 1 6 は、燃料電池セル 8 4 と、この燃料電池セル 8 4 の上下方向端部にそれぞれ接続された内側電極端子 8 6 とを備えている。

燃料電池セル 8 4 は、上下方向に延びる管状構造体であり、内部に燃料ガス流路 8 8 を形成する円筒形の内側電極層 9 0 と、円筒形の外側電極層 9 2 と、内側電極層 9 0 と外側電極層 9 2 との間にある電解質層 9 4 とを備えている。この内側電極層 9 0 は、燃料ガスが通過する燃料極であり、（－）極

となり、一方、外側電極層 9 2 は、空気と接触する空気極であり、(+) 極となっている。

[0033] 燃料電池セル 1 6 の上端側と下端側に取り付けられた内側電極端子 8 6 は、同一構造であるため、ここでは、上端側に取り付けられた内側電極端子 8 6 について具体的に説明する。内側電極層 9 0 の上部 9 0 a は、電解質層 9 4 と外側電極層 9 2 に対して露出された外周面 9 0 b と上端面 9 0 c とを備えている。内側電極端子 8 6 は、導電性のシール材 9 6 を介して内側電極層 9 0 の外周面 9 0 b と接続され、さらに、内側電極層 9 0 の上端面 9 0 c とは直接接触することにより、内側電極層 9 0 と電氣的に接続されている。内側電極端子 8 6 の中心部には、内側電極層 9 0 の燃料ガス流路 8 8 と連通する燃料ガス流路 9 8 が形成されている。

[0034] 内側電極層 9 0 は、例えば、N i と、C a や Y、S c 等の希土類元素から選ばれる少なくとも一種をドーピングしたジルコニアとの混合体、N i と、希土類元素から選ばれる少なくとも一種をドーピングしたセリアとの混合体、N i と、S r、M g、C o、F e、C u から選ばれる少なくとも一種をドーピングしたランタンガレートとの混合体、の少なくとも一種から形成される。

[0035] 電解質層 9 4 は、例えば、Y、S c 等の希土類元素から選ばれる少なくとも一種をドーピングしたジルコニア、希土類元素から選ばれる少なくとも一種をドーピングしたセリア、S r、M g から選ばれる少なくとも一種をドーピングしたランタンガレート、の少なくとも一種から形成される。

[0036] 外側電極層 9 2 は、例えば、S r、C a から選ばれた少なくとも一種をドーピングしたランタンマンガンナイト、S r、C o、N i、C u から選ばれた少なくとも一種をドーピングしたランタンフェライト、S r、F e、N i、C u から選ばれた少なくとも一種をドーピングしたランタンコバルタイト、銀、などの少なくとも一種から形成される。

[0037] 次に図 5 により燃料電池セルスタック 1 4 について説明する。図 5 は、本発明の一実施形態による固体電解質型燃料電池 (S O F C) の燃料電池セルスタックを示す斜視図である。

図5に示すように、燃料電池セルスタック14は、16本の燃料電池セルユニット16を備え、これらの燃料電池セルユニット16の下端側及び上端側が、それぞれ、セラミック製の下支持板68及び上支持板100により支持されている。これらの下支持板68及び上支持板100には、内側電極端子86が貫通可能な貫通穴68a及び100aがそれぞれ形成されている。

[0038] さらに、燃料電池セルユニット16には、集電体102及び外部端子104が取り付けられている。この集電体102は、燃料極である内側電極層90に取り付けられた内側電極端子86と電氣的に接続される燃料極用接続部102aと、空気極である外側電極層92の外周面全体と電氣的に接続される空気極用接続部102bとにより一体的に形成されている。空気極用接続部102bは、外側電極層92の表面を上下方向に延びる鉛直部102cと、この鉛直部102cから外側電極層92の表面に沿って水平方向に延びる多数の水平部102dとから形成されている。また、燃料極用接続部102aは、空気極用接続部102bの鉛直部102cから燃料電池セルユニット16の上下方向に位置する内側電極端子86に向って斜め上方又は斜め下方に向って直線的に延びている。

[0039] さらに、燃料電池セルスタック14の端（図5では左端の奥側及び手前側）に位置する2個の燃料電池セルユニット16の上側端及び下側端の内側電極端子86には、それぞれ外部端子104が接続されている。これらの外部端子104は、隣接する燃料電池セルスタック14の端にある燃料電池セルユニット16の外部端子104（図示せず）に接続され、上述したように、160本の燃料電池セルユニット16の全てが直列接続されるようになっている。

[0040] 次に図6により本実施形態による固体電解質型燃料電池（SOFC）に取り付けられたセンサ類等について説明する。図6は、本発明の一実施形態による固体電解質型燃料電池（SOFC）を示すブロック図である。

図6に示すように、固体電解質型燃料電池1は、制御部110を備え、この制御部110には、使用者が操作するための「ON」や「OFF」等の操

作ボタンを備えた操作装置 112、発電出力値（ワット数）等の種々のデータを表示するための表示装置 114、及び、異常状態のとき等に警報（ワーニング）を発する報知装置 116 が接続されている。なお、この報知装置 116 は、遠隔地にある管理センタに接続され、この管理センタに異常状態を通知するようなものであっても良い。

[0041] 次に、制御部 110 には、以下に説明する種々のセンサからの信号が入力されるようになっている。

まず、可燃ガス検出センサ 120 は、ガス漏れを検知するためのもので、燃料電池モジュール 2 及び補機ユニット 4 に取り付けられている。

CO 検出センサ 122 は、本来排気ガス通路 80 等を経て外部に排出される排気ガス中の CO が、燃料電池モジュール 2 及び補機ユニット 4 を覆う外部ハウジング（図示せず）へ漏れたかどうかを検知するためのものである。

貯湯状態検出センサ 124 は、図示しない給湯器におけるお湯の温度や水量を検知するためのものである。

[0042] 電力状態検出センサ 126 は、インバータ 54 及び分電盤（図示せず）の電流及び電圧等を検知するためのものである。

発電用空気流量検出センサ 128 は、発電室 10 に供給される発電用空気の流量を検出するためのものである。

改質用空気流量センサ 130 は、改質器 20 に供給される改質用空気の流量を検出するためのものである。

燃料流量センサ 132 は、改質器 20 に供給される燃料ガスの流量を検出するためのものである。

[0043] 水流量センサ 134 は、改質器 20 に供給される純水（水蒸気）の流量を検出するためのものである。

水位センサ 136 は、純水タンク 26 の水位を検出するためのものである。

圧力センサ 138 は、改質器 20 の外部の上流側の圧力を検出するためのものである。

排気温度センサ 140 は、温水製造装置 50 に流入する排気ガスの温度を検出するためのものである。

[0044] 発電室温度センサ 142 は、図 3 に示すように、燃料電池セル集合体 12 の近傍の前面側と背面側に設けられ、燃料電池セルスタック 14 の近傍の温度を検出して、燃料電池セルスタック 14（即ち燃料電池セル 84 自体）の温度を推定するためのものである。

燃焼室温度センサ 144 は、燃焼室 18 の温度を検出するためのものである。

排気ガス室温度センサ 146 は、排気ガス室 78 の排気ガスの温度を検出するためのものである。

改質器温度センサ 148 は、改質器 20 の温度を検出するためのものであり、改質器 20 の入口温度と出口温度から改質器 20 の温度を算出する。

外気温度センサ 150 は、固体電解質型燃料電池（SOFC）が屋外に配置された場合、外気の温度を検出するためのものである。また、外気の湿度等を測定するセンサを設けるようにしても良い。

[0045] これらのセンサ類からの信号は、制御部 110 に送られ、制御部 110 は、これらの信号によるデータに基づき、水流量調整ユニット 28、燃料流量調整ユニット 38、改質用空気流量調整ユニット 44、発電用空気流量調整ユニット 45 に、制御信号を送り、これらのユニットにおける各流量を制御するようになっている。

また、制御ユニット 110 は、インバータ 54 に、制御信号を送り、電力供給量を制御するようになっている。

[0046] 次に図 7 により本実施形態による固体電解質型燃料電池（SOFC）による起動時の動作を説明する。図 7 は、本発明の一実施形態による固体電解質型燃料電池（SOFC）の起動時の動作を示すタイムチャートである。

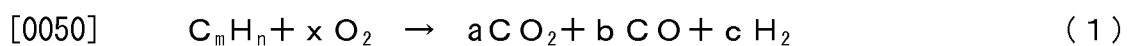
最初は、燃料電池モジュール 2 を温めるために、無負荷状態で、即ち、燃料電池モジュール 2 を含む回路を開いた状態で、運転を開始する。このとき、回路に電流が流れないので、燃料電池モジュール 2 は発電を行わない。

[0047] 先ず、改質用空気流量調整ユニット 44 から改質用空気を第 1 ヒータ 46 を経由して燃料電池モジュール 2 の改質器 20 へ供給する。また、同時に、発電用空気流量調整ユニット 45 から発電用空気を第 2 ヒータ 48 を経由して燃料電池モジュール 2 の空気用熱交換器 22 へ供給し、この発電用空気が、発電室 10 及び燃焼室 18 に到達する。

この直ぐ後、燃料流量調整ユニット 38 から燃料ガスが供給され、改質用空気が混合された燃料ガスが、改質器 20 及び燃料電池セルスタック 14、燃料電池セルユニット 16 を通過して、燃焼室 18 に到達する。

[0048] 次に、点火装置 83 により着火して、燃焼室 18 にある燃料ガスと空気（改質用空気及び発電用空気）とを燃焼させる。この燃料ガスと空気との燃焼により排気ガスが生じ、この排気ガスにより、発電室 10 が暖められ、また、排気ガスが燃料電池モジュール 2 の密封空間 8 内を上昇する際、改質器 20 内の改質用空気を含む燃料ガスを暖めると共に、空気熱交換器 22 内の発電用空気も暖める。

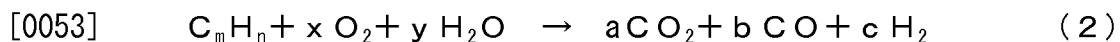
[0049] このとき、燃料流量調整ユニット 38 及び改質用空気流量調整ユニット 44 により、改質用空気が混合された燃料ガスが改質器 20 に供給されているので、改質器 20 において、式（1）に示す部分酸化改質反応 POX が進行する。この部分酸化改質反応 POX は、発熱反応であるので、起動性が良好となる。また、この昇温した燃料ガスが燃料ガス供給管 64 により燃料電池セルスタック 14 の下方に供給され、これにより、燃料電池セルスタック 14 が下方から加熱され、また、燃焼室 18 も燃料ガスと空気が燃焼して昇温されているので、燃料電池セルスタック 14 は、上方からも加熱され、この結果、燃料電池セルスタック 14 は、上下方向において、ほぼ均等に昇温可能となっている。この部分酸化改質反応 POX が進行しても、燃焼室 18 では継続して燃料ガスと空気との燃焼反応が持続される。



[0051] 部分酸化改質反応 POX の開始後、改質器温度センサ 148 により改質器 20 が所定温度（例えば、600℃）になったことを検知したとき、水流量

調整ユニット２８、燃料流量調整ユニット３８及び改質用空気流量調整ユニット４４により、燃料ガスと改質用空気と水蒸気とを予め混合したガスを改質器２０に供給する。このとき、改質器２０においては、上述した部分酸化改質反応ＰＯＸと後述する水蒸気改質反応ＳＲとが併用されたオートサーマル改質反応ＡＴＲが進行する。このオートサーマル改質反応ＡＴＲは、熱的に内部バランスが取れるので、改質器２０内では熱的に自立した状態で反応が進行する。即ち、酸素（空気）が多い場合には部分酸化改質反応ＰＯＸによる発熱が支配的となり、水蒸気が多い場合には水蒸気改質反応ＳＲによる吸熱反応が支配的となる。この段階では、既に起動の初期段階は過ぎており、発電室１０内がある程度の温度まで昇温されているので、吸熱反応が支配的であっても大幅な温度低下を引き起こすことはない。また、オートサーマル改質反応ＡＴＲが進行中も、燃焼室１８では燃焼反応が継続して行われている。

[0052] 式（２）に示すオートサーマル改質反応ＡＴＲの開始後、改質器温度センサ１４６により改質器２０が所定温度（例えば、７００℃）になったことを検知したとき、改質用空気流量調整ユニット４４による改質用空気の供給を停止すると共に、水流量調整ユニット２８による水蒸気の供給を増加させる。これにより、改質器２０には、空気を含まず燃料ガスと水蒸気のみを含むガスが供給され、改質器２０において、式（３）の水蒸気改質反応ＳＲが進行する。



[0054] この水蒸気改質反応ＳＲは吸熱反応であるので、燃焼室１８からの燃焼熱と熱バランスをとりながら反応が進行する。この段階では、燃料電池モジュール２の起動の最終段階であるため、発電室１０内が十分高温に昇温されているので、吸熱反応が進行しても、発電室１０が大幅な温度低下を招くこともない。また、水蒸気改質反応ＳＲが進行しても、燃焼室１８では継続して燃焼反応が進行する。

[0055] このようにして、燃料電池モジュール 2 は、点火装置 83 により点火した後、部分酸化改質反応 P O X、オートサーマル改質反応 A T R、水蒸気改質反応 S R が、順次進行することにより、発電室 10 内の温度が徐々に上昇する。次に、発電室 10 内及び燃料電池セル 84 の温度が燃料電池モジュール 2 を安定的に作動させる定格温度よりも低い所定の発電温度に達したら、燃料電池モジュール 2 を含む回路を閉じ、燃料電池モジュール 2 による発電を開始し、それにより、回路に電流が流れる。燃料電池モジュール 2 の発電により、燃料電池セル 84 自体も発熱し、燃料電池セル 84 の温度も上昇する。この結果、燃料電池モジュール 2 を作動させる定格温度、例えば、600℃～800℃になる。

[0056] この後、定格温度を維持するために、燃料電池セル 84 で消費される燃料ガス及び空気の量よりも多い燃料ガス及び空気を供給し、燃焼室 18 での燃焼を継続させる。なお、発電中は、改質効率の高い水蒸気改質反応 S R で発電が進行する。

[0057] 次に、図 8 により本実施形態による固体電解質型燃料電池（S O F C）の運転停止時の動作を説明する。図 8 は、本実施形態による固体電解質型燃料電池（S O F C）の運転停止時の動作を示すタイムチャートである。

図 8 に示すように、燃料電池モジュール 2 の運転停止を行う場合には、まず、燃料流量調整ユニット 38 及び水流量調整ユニット 28 を操作して、燃料ガス及び水蒸気の改質器 20 への供給量を減少させる。

[0058] また、燃料電池モジュール 2 の運転停止を行う場合には、燃料ガス及び水蒸気の改質器 20 への供給量を減少させると同時に、改質用空気流量調整ユニット 44 による発電用空気の燃料電池モジュール 2 内への供給量を増大させて、燃料電池セル集合体 12 及び改質器 20 を空気により冷却し、これらの温度を低下させる。その後、発電室温度が所定温度、例えば、400℃まで低下したとき、燃料ガス及び水蒸気の改質器 20 への供給を停止し、改質器 20 の水蒸気改質反応 S R を終了する。この発電用空気の供給は、改質器 20 の温度が所定温度、例えば、200℃まで低下するまで、継続し、この

所定温度となったとき、発電用空気流量調整ユニット 45 からの発電用空気の供給を停止する。

[0059] このように、本実施形態においては、燃料電池モジュール 2 の運転停止を行うとき、改質器 20 による水蒸気改質反応 SR と発電用空気による冷却とを併用しているので、比較的短時間に、燃料電池モジュールの運転を停止させることができる。

[0060] 次に、図 9 乃至 12 を参照して、本発明の実施形態による固体電解質型燃料電池の作用を説明する。

図 9 は、本実施形態の固体電解質型燃料電池における劣化判定を説明するタイムチャートである。図 10 は、制御部 110 に入力される要求発電量と、要求発電量を生成するために必要な燃料供給量の関係の一例を示すグラフである。図 11 は、要求発電量の変更に対する燃料供給量の時間的変化の一例を示すグラフである。図 12 は、劣化判定手段による劣化判定の手順を示すフローチャートである。

[0061] 図 9 の時刻 $t_0 \sim t_1$ においては、固体電解質型燃料電池 1 は、インバータ 54 (図 6) からの要求発電量に応じた出力電力が得られるように負荷追従運転を行っている。即ち、図 6 に示すように、コントローラである制御部 110 は、インバータ 54 からの要求発電量に応じて、燃料供給装置である燃料流量調整ユニット 38、酸化剤ガス供給装置である発電用空気流量調整ユニット 45、及び水供給装置である水流量調整ユニット 28 に信号を送り、必要な流量の燃料、空気、水を燃料電池モジュール 2 に供給している。これにより、図 9 に示すように、インバータ 54 からの要求発電量に追従するように固体電解質型燃料電池 1 の出力電力が変化する。ここで、燃料供給量等に対する出力電力の応答には遅れをもたせており、燃料供給量等の変化に対して出力電力は遅れて変化する。要求発電量の急激な変化に対しては、出力電力は殆ど変化しない。なお、制御部 110、燃料流量調整ユニット 38、発電用空気流量調整ユニット 45、及び水流量調整ユニット 28 は、夫々、制御手段、燃料供給手段、酸化剤ガス供給手段、及び水供給手段として機能

する。

[0062] 制御部 110 は、インバータ 54 からの要求発電量に応じて、図 10 に一例を示すグラフによって燃料供給量を決定し、決定した流量の燃料が燃料電池モジュール 2 に供給されるように燃料流量調整ユニット 38 を制御する。固体電解質型燃料電池 1 の初期の使用開始後、燃料電池モジュール 2 が劣化したことが判定されるまでの間は、制御部 110 は、図 10 の曲線 F0 に従って、要求発電量に対する燃料供給量を決定する。図 10 に示すように、燃料供給量は、要求発電量の増大に伴って単調に増加するように決定されるが、要求発電量約 200W 未満では燃料供給量はほぼ一定値にされる。

[0063] また、要求発電量が変更された場合に、燃料供給量を急激に変化させると燃料電池モジュール 2 の劣化を早めることがあるので、図 11 に示すように、燃料供給量は漸増又は漸減される。図 11 は、要求発電量が 500W から 700W にステップ状に変化された場合における、燃料供給量の時間に対する変化の一例を示すグラフである。図 11 に示すように、時刻 t_{10} において、要求発電量が 500W から 700W に変更されると、必要な燃料供給量は、500W の電力出力に対応する供給量から 700W に対応する供給量に急激に変化される。これに対して、制御部 110 は、燃料供給量が急激に増加することがないように、図 11 に想像線で示すように、燃料供給量が緩やかに増加されるように燃料流量調整ユニット 38 を制御する。なお、固体電解質型燃料電池 1 の初期の使用開始後、燃料電池モジュール 2 が劣化したことが判定されるまでの間は、制御部 110 は、図 11 の線 F10 に従って燃料供給量を増加させる。

[0064] 同様に、時刻 t_{11} において、要求発電量が 700W から 500W に変更された場合にも、制御部 110 は燃料供給量が急激に減少することがないように、図 11 の線 F10 に従って緩やかに燃料供給量を減少させる。なお、燃料供給量の変化率は、供給量を増加させる場合の方が、供給量を減少させる場合よりも緩やかに設定されている。

なお、図 10 及び 11 は、燃料供給量に関するものであるが、空気供給量

、水供給量も、要求発電量に応じて、同様に変更される。

[0065] 次に、図 9 乃至 13 を参照して、固体電解質型燃料電池 1 の制御を説明する。図 9 は、本実施形態の固体電解質型燃料電池における劣化判定を説明するタイムチャートである。図 10 は、制御部 110 に入力される要求発電量と、要求発電量を生成するために必要な燃料供給量の関係の一例を示すグラフである。図 11 は、要求発電量の変更に対する燃料供給量の時間的変化の一例を示すグラフである。図 13 は、劣化判定手段による劣化判定の手順を示すフローチャートである。

[0066] 図 9 の時刻 $t_0 \sim t_1$ においては、固体電解質型燃料電池 1 は、インバータ 54 (図 6) からの要求発電量に応じた出力電力が得られるように負荷追従運転を行っている。即ち、図 6 に示すように、コントローラである制御部 110 は、インバータ 54 からの要求発電量に応じて、燃料供給装置である燃料流量調整ユニット 38、酸化剤ガス供給装置である発電用空気流量調整ユニット 45、及び水供給装置である水流量調整ユニット 28 に信号を送り、必要な流量の燃料、空気、水を燃料電池モジュール 2 に供給している。これにより、図 9 に示すように、インバータ 54 からの要求発電量に追従するように固体電解質型燃料電池 1 の出力電力が変化する。ここで、燃料供給量等に対する出力電力の応答には遅れをもたせており、燃料供給量等の変化に対して出力電力は遅れて変化し、要求発電量の急激な変化に対しては、出力電力は殆ど変化しない。

[0067] 制御部 110 は、インバータ 54 からの要求発電量に応じて、図 10 に一例を示すグラフによって燃料供給量を決定し、決定した流量の燃料が燃料電池モジュール 2 に供給されるように燃料流量調整ユニット 38 を制御する。固体電解質型燃料電池 1 の初期の使用開始後、燃料電池モジュール 2 が劣化したことが判定されるまでの間は、制御部 110 は、図 10 の曲線 F0 に従って、要求発電量に対する燃料供給量を決定する。図 10 に示すように、燃料供給量は、要求発電量の増大に伴って単調に増加するように決定されるが、要求発電量約 200W 未満では燃料供給量はほぼ一定値にされる。

[0068] また、要求発電量が変更された場合に、燃料供給量を急激に変化させると燃料電池モジュール2の劣化を早めることがあるので、図11に示すように、燃料供給量は漸増又は漸減される。図11は、要求発電量が500Wから700Wにステップ状に変化された場合における、燃料供給量の時間に対する変化の一例を示すグラフである。図11に示すように、時刻 t_{10} において、要求発電量が500Wから700Wに変更されると、必要な燃料供給量は、500Wの電力出力に対応する供給量から700Wに対応する供給量に急激に変化される。これに対して、制御部110は、燃料供給量が急激に増加することがないように、図11に想像線で示すように、燃料供給量が緩やかに増加されるように、即ち、燃料供給量の時間当たりの変化率が所定の値になるように燃料流量調整ユニット38を制御する。なお、固体電解質型燃料電池1の初期の使用開始後、燃料電池モジュール2が劣化したことが判定されるまでの間は、制御部110は、図11の線F10に従って燃料供給量を増加させる。

[0069] 同様に、時刻 t_{11} において、要求発電量が700Wから500Wに変更された場合にも、制御部110は燃料供給量が急激に減少することがないように、図11の線F10に従って緩やかに燃料供給量を減少させる。なお、燃料供給量の時間当たりの変化率は、供給量を増加させる場合の方が、供給量を減少させる場合よりも緩やかに設定されている。

なお、図10及び11は、燃料供給量に関するものであるが、空気供給量、水供給量も、要求発電量に応じて、同様に変更される。

[0070] 次に、図12を参照して、制御部110による燃料電池セルユニット16の温度帯域規制制御を説明する。図12は、本実施形態による固体電解質型燃料電池の温度帯域規制制御の一例を示すタイムチャートである。

制御部110には、固体電解質型燃料電池1の定格出力である700Wに対応する燃料電池モジュール2の上限温度 T_b 、及び固体電解質型燃料電池1を適正に運転するための下限温度 T_a が記憶されている。制御部110は、これらの上限温度 T_b と下限温度 T_a の間の温度帯域を温度監視帯域 W と

して固体電解質型燃料電池 1 を温度帯域規制制御している。即ち、制御部 110 は、燃料電池モジュール 2 の温度が温度監視帯域 W 内から外れると、燃料供給量及び空気供給量を適応補正し、燃料電池モジュール 2 の温度が温度監視帯域 W 内に早期に復帰するように制御する。

[0071] 図 12 の時刻 $t_{20} \sim t_{21}$ においては、固体電解質型燃料電池 1 に対する要求電力の増大に追従して燃料供給量、空気供給量が増加され、これに伴い燃料電池セルユニット 16 の温度も上昇する。時刻 t_{21} において、燃料電池セルユニット 16 の温度が上限温度 T_b を超えると、制御部 110 は適応補正を実行し、燃料供給量、空気供給量を所定量低下させる。即ち、適応補正により、図 10 に示す曲線 F0 が所定量下方にシフトされる。これにより、燃料電池セルユニット 16 の温度が低下される。適応補正後の燃料供給量、空気供給量は、その後の燃料電池セルユニット 16 の温度推移に関わらず、所定時間保持される。本実施形態においては、適応補正後の燃料供給量、空気供給量は 5 時間保持される。次いで、時刻 t_{22} において、燃料電池セルユニット 16 の温度が再び上限温度 T_b を超えると、制御部 110 は適応補正を実行し、燃料供給量、空気供給量を所定量低下させる。

[0072] 時刻 t_{22} から所定時間経過後の時刻 t_{23} において、再び負荷追従制御が再開される。負荷追従制御により、時刻 t_{24} において、燃料電池セルユニット 16 の温度が下限温度 T_a よりも低くなると、制御部 110 は適応補正を実行し、燃料供給量、空気供給量を所定量上昇させる。即ち、適応補正により、時刻 t_{22} における適応補正後の曲線 F0 が所定量上方にシフトされる。これにより、燃料電池セルユニット 16 の温度が上昇される。

[0073] このような適応補正を繰り返すことにより、燃料電池セルユニット 16 が温度監視帯域 W 内で運転されるよう、曲線 F0 が適正な位置にシフトされる。これにより、燃料電池セルユニット 16 の個体差等を吸収し、適正な燃料供給量、空気供給量で固体電解質型燃料電池 1 を運転することができる。なお、本実施形態においては、曲線 F0 の合計のシフト回数が所定の回数を超えないように規制されている。即ち、曲線 F0 を上昇させるシフトだけが過

剰に繰り返されることにより燃料供給量が増大しすぎたり、曲線 F O を低下させるシフトだけが過剰に繰り返されることにより燃料供給量が減少しすぎたりするのを防止している。

[0074] 次に、再び図 9 を参照して、劣化判定モード運転を説明する。

図 9 の時刻 t_1 において、制御部 110 に内蔵された劣化判定手段 110a (図 6) は劣化判定モードの運転を開始する。なお、劣化判定手段 110a は、マイクロプロセッサ、メモリ及びこれらを作動させるプログラム (以上図示せず) 等により構成された劣化判定回路である。図 13 は、劣化判定手段 110a による処理を示すフローチャートである。

[0075] 図 13 に示すフローチャートは、劣化判定手段 110a により所定時間毎に実行される。まず、ステップ S1 においては、前回の劣化判定モードの運転からの経過時間が判断される。前回の劣化判定モード運転から所定の劣化判定間隔である 2 週間経過していない場合には、ステップ S9 に進み、このフローチャートの一回の処理を終了する。この処理により、劣化判定モード運転が不必要に頻繁に実行され、燃料等が浪費されるのを防止することができる。

[0076] 前回の劣化判定モード運転から 2 週間以上経過している場合には、ステップ S2 に進み、固体電解質型燃料電池 1 の外部環境が、劣化判定モード運転に適する所定の劣化判定外気状態であるか否かが判断される。具体的には、外気温度センサ 150 (図 6) 及び外気湿度センサ (図示せず) によって検出された外気温及び外気の湿度が、所定の条件に適合しているか否かが判断される。本実施形態においては、外気温度 $5 \sim 30^{\circ}\text{C}$ 、外気湿度 $30 \sim 70\%$ である場合に、外部環境が劣化判定モード運転に適する劣化判定外気状態であると判断される。外部環境が劣化判定外気状態でないと判断された場合には、ステップ S9 に進み、このフローチャートの一回の処理を終了する。

[0077] 外部環境が劣化判定モード運転に適している場合には、ステップ S3 に進み、劣化判定モードの運転が開始される。さらに、ステップ S4 においては

、燃料供給量、空気供給量、水供給量が予め定められた所定の劣化判定発電量に対応する値に固定される。即ち、劣化判定モード運転において、劣化判定手段 110a は、制御部 110 に対する要求発電量に関わらず、燃料流量調整ユニット 38、発電用空気流量調整ユニット 45、水流量調整ユニット 28 が一定の供給量を維持するように、これらの調整ユニットを制御する。本実施形態においては、図 9 の時刻 t_1 において、劣化判定燃料供給量 $3\text{ L}/\text{min}$ 、劣化判定酸化剤ガス供給量 $100\text{ L}/\text{min}$ 、劣化判定水供給量 $8\text{ mL}/\text{min}$ に固定される。

[0078] これらの劣化判定発電量に対応する固定値は、本実施形態による固体電解質型燃料電池 1 の定格発電量である 700 W に対応する供給量である。従って、固定値により燃料、空気、水が供給されている間は、固体電解質型燃料電池 1 は、 700 W の電力を出力する能力を有するが、要求発電量が 700 W に満たない場合には、余分な燃料は発電には使用されず燃焼室 18 において燃焼される。

[0079] 次に、図 13 のステップ S5 においては、固定値による運転が開始された後、十分な時間が経過し、安定した運転状態になったか否かが判断される。本実施形態においては、固定値による運転が開始された後、劣化判定時間である 5 時間が経過したか否かにより、安定した運転状態が判断される。固定値による運転開始後 5 時間経過していない場合には、ステップ S5 の処理が繰り返される。これにより、ステップ S4 において開始された固定値による運転が 5 時間に亘って維持される（図 9、時刻 $t_1 \sim t_2$ ）。

[0080] 固定値による運転が 5 時間継続された後、図 9 の時刻 t_2 において、ステップ S6 に進み、発電室温度センサ 142 により測定された燃料電池モジュール 2 の温度が所定温度以上か否かが判断される。即ち、燃料電池モジュール 2 を安定した運転状態で運転した運転結果である燃料電池モジュール 2 の温度と、所定の劣化判定基準値である基準温度を比較することにより、燃料電池モジュール 2 の劣化を判定する。本実施形態の固体電解質型燃料電池 1 は、初期状態で 700 W の定格出力運転を行った場合の燃料電池モジュール

2の基準温度 T_0 は約 700°C であり、燃料電池モジュール2の劣化が進行すると、この温度が上昇する。これは、固体電解質型燃料電池セルである燃料電池セルユニット16自体の劣化、及び各燃料電池セルユニット16を電氣的に接続する接点部分の劣化により燃料電池セルスタック14の内部抵抗が増大することによるジュール熱等に起因している。

[0081] 本実施形態においては、劣化判定手段110aは、発電室温度センサ142により測定された温度 T_1 が、基準温度 T_0 よりも 30°C 以上高い場合に、燃料電池モジュール2が劣化したと判定する。燃料電池モジュール2が劣化していない場合には、ステップS10に進み、このフローチャートの一回の処理を終了し、燃料供給量等の運転条件の変更は行われない。

[0082] 燃料電池モジュール2が劣化したと判定された場合には、ステップS7に進み、劣化処理が開始される。ステップS7においては、燃料供給補正が実行され、要求発電量に対する燃料供給量及び燃料供給量のゲインが変更される。即ち、固体電解質型燃料電池1の使用開始後、燃料電池モジュール2が劣化したことが初めて判定された場合には、要求発電量に対する燃料供給量は、燃料供給補正により図10の曲線F0から曲線F1に変更され、以後、曲線F1を使用して燃料供給量が決定される。また、燃料供給量を変更する際の燃料供給量の時間当たりの変化率は、図11の線F10から、より変化率の低い線F11に変更され、以後、この変化率により燃料供給量が変更される。制御部110は、燃料電池モジュール2が劣化したことが判定された後は、運転条件を変更した劣化モード運転を実行し、変更された燃料供給量等は、燃料電池モジュール2がさらに劣化したことが判定されるまで維持される。

[0083] 燃料電池モジュール2が劣化すると、同一燃料供給量に対して出力される電力が低下するので、燃料供給量を曲線F0に対して10%燃料供給量が増量された曲線F1に従って決定されるようにし、出力電力の低下を補正する。また、劣化した燃料電池モジュール2の燃料供給量を急激に変化させると、劣化をさらに進行させることに繋がるため、燃料供給量の変化率は、より

小さくされる。

[0084] なお、劣化がもう一度判定された場合には、燃料供給量は曲線 F 1 から曲線 F 2 に、さらにもう一度判定された場合には曲線 F 2 から曲線 F 3 に変更される。曲線 F 2 は曲線 F 0 に対して 18%、曲線 F 3 は曲線 F 0 に対して 23% 燃料供給量が増量されている。このように、1 回目に劣化が判定された場合には初期の燃料供給量の 10% 分が増量され、2 回目には更に初期の燃料供給量の 8% 分が増量され（合計 18% 分）、3 回目には更に初期の燃料供給量の 5% 分が増量される（合計 23% 分）。このように、実行される燃料供給補正は、後に実行されるものほど燃料の増分が小さくなるように設定されている。これにより、劣化が進行している燃料電池モジュール 2 に過度の負担がかかるのを防止している。また、燃料供給量のゲインも、2 回目に劣化が判定された場合には線 F 1 1 から線 F 1 2 に、3 回目に劣化が判定された場合には線 F 1 2 から線 F 1 3 に変更される。即ち、燃料電池モジュール 2 の劣化が進むにつれて、燃料供給量の時間当たりの変化が緩やかにされる。

[0085] このように、本実施形態においては、劣化したことが判定された際の燃料供給量の増分は、予め設定された固定値とされている。このため、例えば、燃料電池モジュール 2 の温度上昇に基づいて燃料供給量の補正量を計算したり、出力電力の低下量に基づいて補正量を計算する場合とは異なり、大きく誤った補正がなされるのを防止することができる。即ち、燃料電池モジュール 2 の温度や、出力電力は、種々のファクターにより影響されて値が変化するので、何らかの要因により異常な温度や出力電力が測定された場合には、この値に基づいて補正量を計算すると、異常な補正が実行されることになる。

[0086] 燃料供給量の補正が行われた後ステップ S 8 に進み、ステップ S 8 においては、補正後の燃料供給量で固体電解質型燃料電池 1 を運転したときの燃料電池モジュール 2 の温度 T 2 が、発電室温度センサ 1 4 2 により測定される。測定された温度 T 2 は、新たな基準温度 T 0 として劣化判定手段 1 1 0 a

のメモリ（図示せず）に記憶される。この新たな基準温度 T_0 は、次回の劣化判定の際に基準温度として使用される。好ましくは、燃料供給量の補正を実行した後、所定時間、燃料供給量を一定にして運転を行い、その後、燃料電池モジュール 2 の温度 T_2 を測定する。これにより、補正による燃料供給量の変更の影響が排除された正確な温度を測定することができる。

[0087] 以上の劣化処理が終了すると、劣化判定手段 110a は劣化判定モード運転を終了させ、制御部 110 は要求発電量に対応した通常の運転を再開する（図 9、時刻 t_2 ）。

[0088] さらに、固体電解質型燃料電池 1 の使用者が、固体電解質型燃料電池 1 の定格電力以上の電力を使用している場合には、インバータ 54 から制御部 110 に送られる要求発電量は、固体電解質型燃料電池 1 の定格電力となる。このような状態が長時間に亘って継続されている場合には、結果として、燃料電池モジュール 2 への燃料、空気、水の供給量は、長時間に亘って定格電力に対応した一定値となる（図 9、時刻 $t_3 \sim t_4$ ）。

[0089] 劣化判定手段 110a は、このような安定した運転状態が劣化判定時間である 5 時間以上継続した場合にも、劣化の判定を実行する。即ち、劣化判定手段 110a は、図 9 の時刻 t_4 において、発電室温度センサ 142 により測定された温度 T_1 と、基準温度 T_0 を比較し、温度 T_1 が基準温度 T_0 よりも 30°C 以上高いか否かを判定する。温度 T_1 が基準温度 T_0 よりも 30°C 以上高い場合には、劣化判定手段 110a は、燃料電池モジュール 2 の劣化がさらに進行したと判定し、この劣化を補正するように、運転条件を変更する。この劣化の判定が 2 回目である場合には、燃料供給量は曲線 F_1 から曲線 F_2 に変更され、燃料供給量の時間当たりの変化率は線 F_{11} から、より低下された線 F_{12} に夫々変更される。

[0090] ただし、劣化したことが判定された場合であっても、前回の燃料供給補正から所定の補正最小間隔である 0.5 年が経過していない場合には、燃料供給量の補正は実行されない。これにより、短期間に過度の燃料供給補正が実行され、燃料電池モジュール 2 の劣化が想定以上に速く進行するのを防止し

ている。

[0091] さらに、図9の時刻 t_5 において、劣化判定手段110aは、劣化判定モード運転を開始する。この劣化判定モード運転において、燃料、空気、水の各供給量は、劣化判定により補正された供給量に固定される。即ち、過去2回、燃料電池モジュール2が劣化したことが判定されている場合には、図10の曲線F2に基づいて決定された、定格出力に対応する燃料供給量に固定される。

[0092] 劣化判定手段110aは、劣化判定モード運転開始から5時間経過後の時刻 t_6 において、燃料電池モジュール2の温度 T_1 を測定し、劣化判定を実行する。ここで、燃料電池モジュール2が劣化したことが判定され、この劣化の判定が3回目である場合には、燃料供給量は曲線F2から曲線F3に、燃料供給量の変化率は線F12から線F13に夫々変更される。なお、劣化判定手段110aは、測定された燃料電池モジュール2の温度 T_1 が、所定の補正禁止温度である 900°C を超えている場合には、燃料電池モジュール2の劣化が判定されていても、燃料供給量の補正を実行しない。

[0093] なお、さらに劣化が進行し、4回目の劣化が判定された場合には、劣化判定手段110aは、更なる燃料供給量等の補正は実行しない。以後、制御部110は、要求発電量に応じて出力電力を変更する制御を行わず、常に所定の電力を出力するように制御を行う。

[0094] また、劣化判定手段110aは、予め設定された所定の燃料供給量に対する出力電力が所定の電力以下になった場合には、固体電解質型燃料電池1の運転を停止させる。さらに、劣化判定手段110aは報知装置116に信号を送り、固体電解質型燃料電池1の製品寿命が到来したことを使用者に報知する。これにより、劣化が進行し発電効率が低下した固体電解質型燃料電池1を使用することによる燃料の浪費を防止する。

[0095] 本発明の実施形態の固体電解質型燃料電池によれば、燃料電池モジュールが劣化したことが判定されると、燃料供給量の時間当たりの変化率が低下されるので、燃料電池モジュールの温度変化が緩やかになり、燃料電池モジュ

ールの劣化の進行を抑制することができる。

[0096] また、本実施形態の固体電解質型燃料電池によれば、劣化判定手段が、安定した運転状態において燃料電池モジュールの劣化を判定するので、より正確に燃料電池モジュールの劣化を把握することができ、制御部は、劣化の進行を抑制するように適切な制御を行うことができる。

[0097] さらに、本実施形態の固体電解質型燃料電池によれば、制御部が、固体電解質型燃料電池セルの温度変化範囲を所定の範囲内に制限するように制御するので、燃料電池モジュールの温度変化がさらに緩やかになり、燃料電池モジュールの劣化の進行を効果的に抑制することができる。

[0098] また、本実施形態の固体電解質型燃料電池によれば、燃料電池モジュールの劣化の進行程度に合わせて、燃料供給量の変化率を変更している。このため、劣化が進行していない状態では、比較的速く燃料供給量を変化させることにより要求発電量に迅速に追従し、劣化が進行した状態では、燃料供給量の変化率を低くすることにより燃料電池モジュールの劣化の進行を抑制することができる。これにより、要求発電量に対する出力電力の追従性を確保しながら、燃料電池モジュールの寿命を長くすることができる。

[0099] さらに、本実施形態の固体電解質型燃料電池によれば、制御部は、劣化が所定の状態まで進行した後は、一定の電力が出力されるように制御を行うので、燃料電池モジュールの温度変化をより少なくすることができ、燃料電池モジュールの劣化の進行を抑制することができる。

[0100] 以上、本発明の実施形態を説明したが、上述した実施形態に種々の変更を加えることができる。特に、上述した実施形態においては、固体電解質型燃料電池の制御部は劣化判定手段を備え、この劣化判定手段が燃料電池モジュールが劣化したことを判定すると、以後要求発電量の変化に対する燃料供給量の時間当たりの変化率が低下されていたが、劣化の判定に代えて、制御部が劣化を推定するように本発明を構成することもできる。例えば、固体電解質型燃料電池の初期使用開始から所定期間が経過すると、制御部は燃料電池モジュールが劣化したと推定し、以後要求発電量の変化に対する燃料供給量

の時間当たりの変化率を低下させるように本発明を構成することもできる。
これにより、特別な劣化判定手段を備えることなく、簡便に本発明を構成することができる。

[0101] また、劣化の推定を複数回行うように本発明を構成することもできる。即ち、初期使用開始から所定期間の経過により 1 回目の劣化を推定し、更に所定期間経過したときに 2 回目以降の劣化を推定するように本発明を構成することもできる。この場合には、初期使用開始からの期間が長くなるほど要求発電量の変化に対する燃料供給量の時間当たりの変化率を大きく低下させるように本発明を構成することもできる。

[0102] さらに、上述した実施形態においては、劣化の判定を複数回行っていたが、劣化の判定が 1 回のみ行われるように本発明を構成することもできる。

符号の説明

- [0103]
- 1 固体電解質型燃料電池
 - 2 燃料電池モジュール
 - 4 補機ユニット
 - 8 密封空間
 - 10 発電室
 - 12 燃料電池セル集合体
 - 14 燃料電池セルスタック
 - 16 燃料電池セルユニット（固体電解質型燃料電池セル）
 - 18 燃焼室
 - 20 改質器
 - 22 空気用熱交換器
 - 24 水供給源
 - 26 純水タンク
 - 28 水流量調整ユニット（水供給装置、水供給手段）
 - 30 燃料供給源
 - 38 燃料流量調整ユニット（燃料供給装置、燃料供給手段）

- 4 0 空気供給源
- 4 4 改質用空気流量調整ユニット
- 4 5 発電用空気流量調整ユニット（酸化剤ガス供給装置、酸化剤ガス供給手段）
- 4 6 第 1 ヒータ
- 4 8 第 2 ヒータ
- 5 0 温水製造装置
- 5 2 制御ボックス
- 5 4 インバータ
- 8 3 点火装置
- 8 4 燃料電池セル
- 1 1 0 制御部（コントローラ、制御手段）
- 1 1 0 a 劣化判定手段
- 1 1 2 操作装置
- 1 1 4 表示装置
- 1 1 6 警報装置
- 1 2 6 電力状態検出センサ
- 1 4 2 発電室温度センサ（温度検出手段）
- 1 5 0 外気温度センサ

請求の範囲

- [請求項1] 要求発電量に応じて発電電力を可変する固体電解質型燃料電池であって、
 複数の固体電解質型燃料電池セルを備えた燃料電池モジュールと、
 この燃料電池モジュールに燃料を供給する燃料供給装置と、
 上記燃料電池モジュールに酸化剤ガスを供給する酸化剤ガス供給装置と、
 要求発電量に対応して、上記燃料供給装置から供給する燃料供給量を変化させるコントローラと、を有し、
 上記コントローラは、上記燃料電池モジュールの劣化が推定又は判定されると、以後要求発電量が変化した際の燃料供給量の時間当たりの変化率を低下させることを特徴とする固体電解質型燃料電池。
- [請求項2] 上記コントローラは、上記燃料電池モジュールの運転時間に基づいて、上記燃料電池モジュールの劣化を推定する請求項 1 記載の固体電解質型燃料電池。
- [請求項3] 上記コントローラは、上記燃料電池モジュールの劣化が進行しているほど、又は、上記燃料電池モジュールが長期間運転されているほど、要求発電量が変化した際の燃料供給量の時間当たりの変化率を大きく低下させる請求項 1 記載の固体電解質型燃料電池。
- [請求項4] 上記コントローラは、劣化が所定の状態まで進行したと推定又は判定すると、以後、要求発電量に対応した制御を中止し、所定の電力が出力されるよう上記燃料供給装置から供給する燃料供給量を制御する請求項 3 記載の固体電解質型燃料電池。
- [請求項5] 要求発電量に応じて発電電力を可変する固体電解質型燃料電池であって、
 複数の固体電解質型燃料電池セルを備えた燃料電池モジュールと、
 この燃料電池モジュールに燃料を供給する燃料供給手段と、
 上記燃料電池モジュールに酸化剤ガスを供給する酸化剤ガス供給手

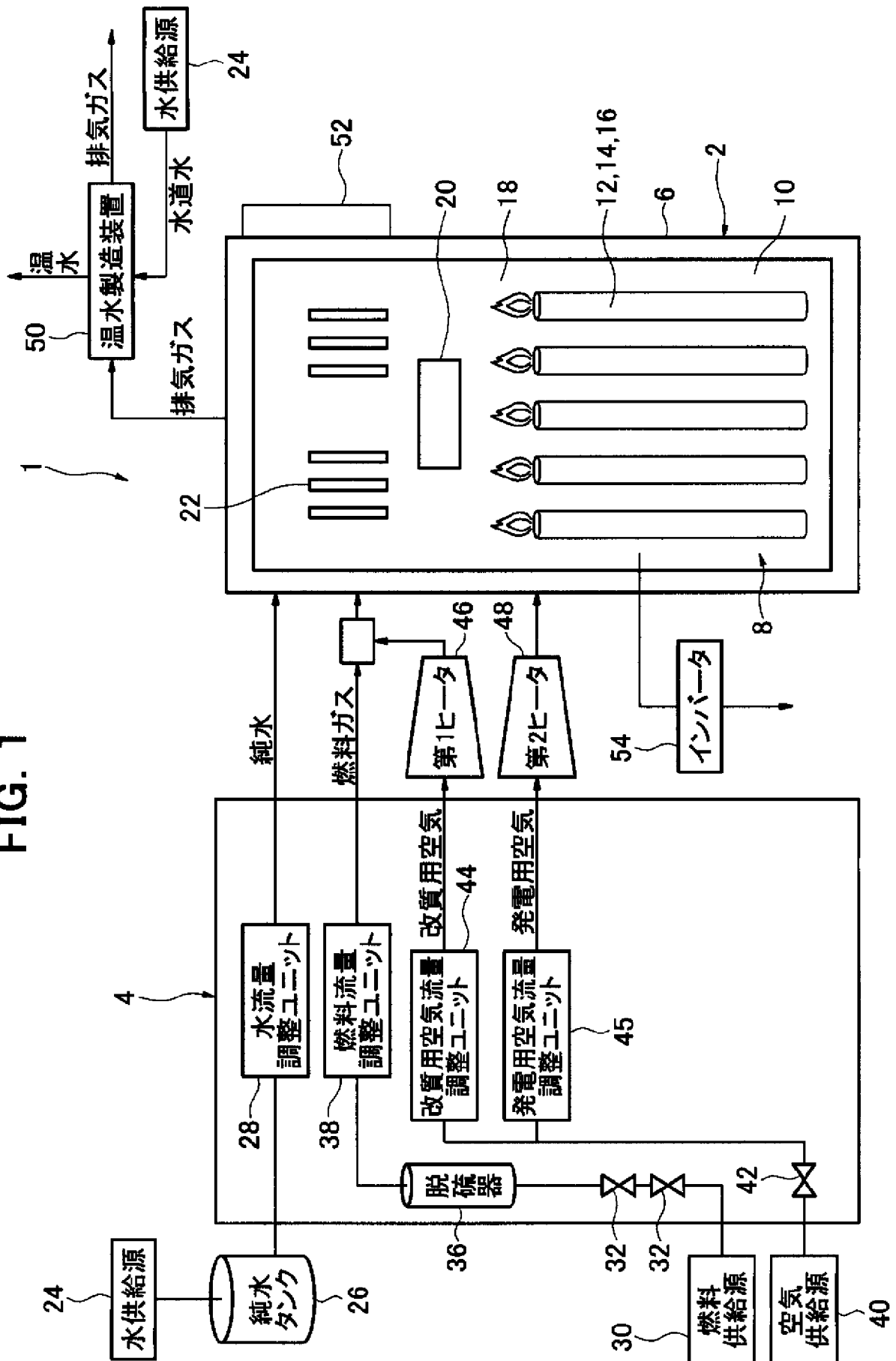
段と、

要求発電量に対応して、上記燃料供給手段から供給する燃料供給量を変化させる制御手段と、を有し、

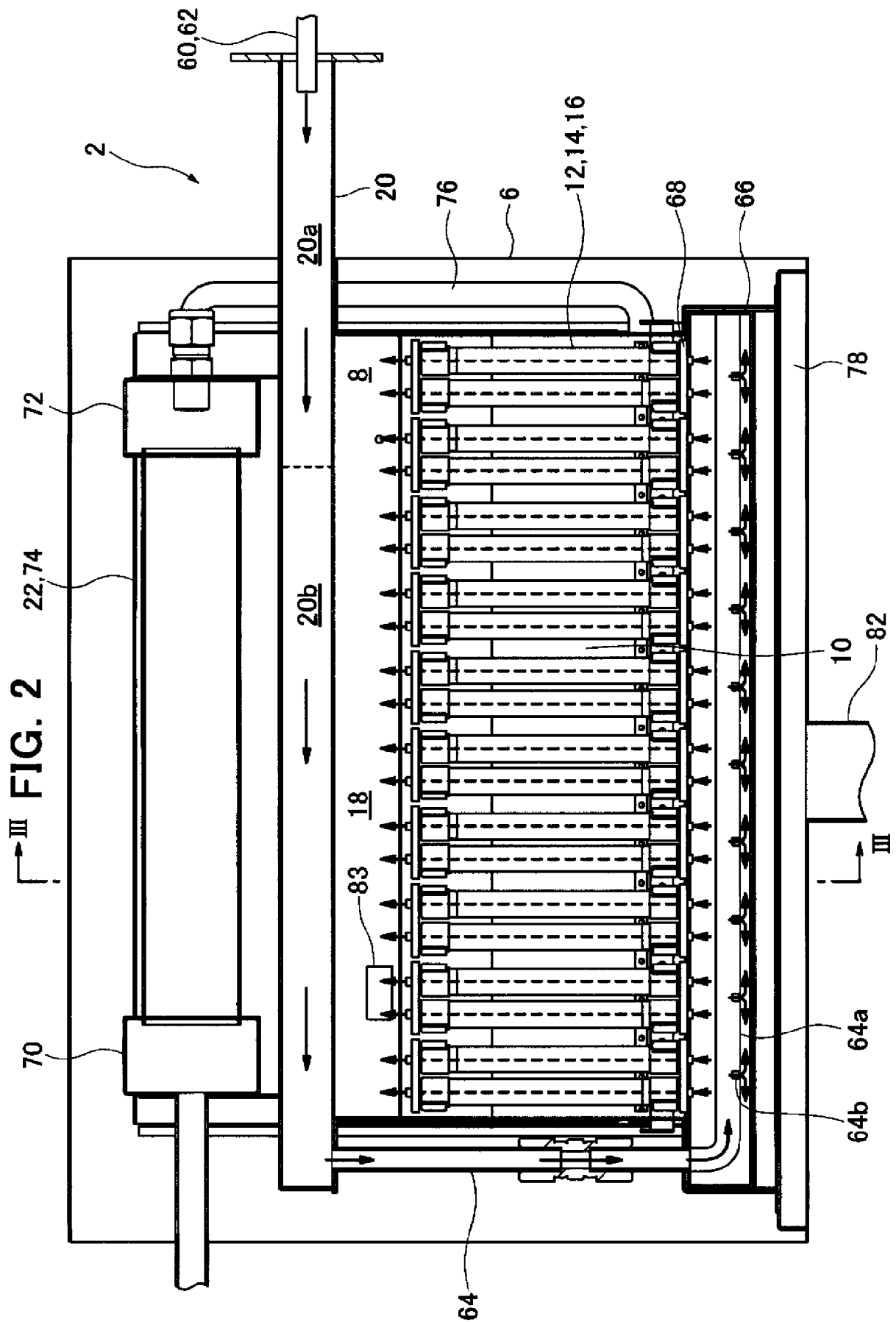
上記制御手段は、上記燃料電池モジュールの劣化が推定又は判定されると、以後要求発電量が変わった際の燃料供給量の時間当たりの変化率を低下させることを特徴とする固体電解質型燃料電池。

[図1]

FIG. 1

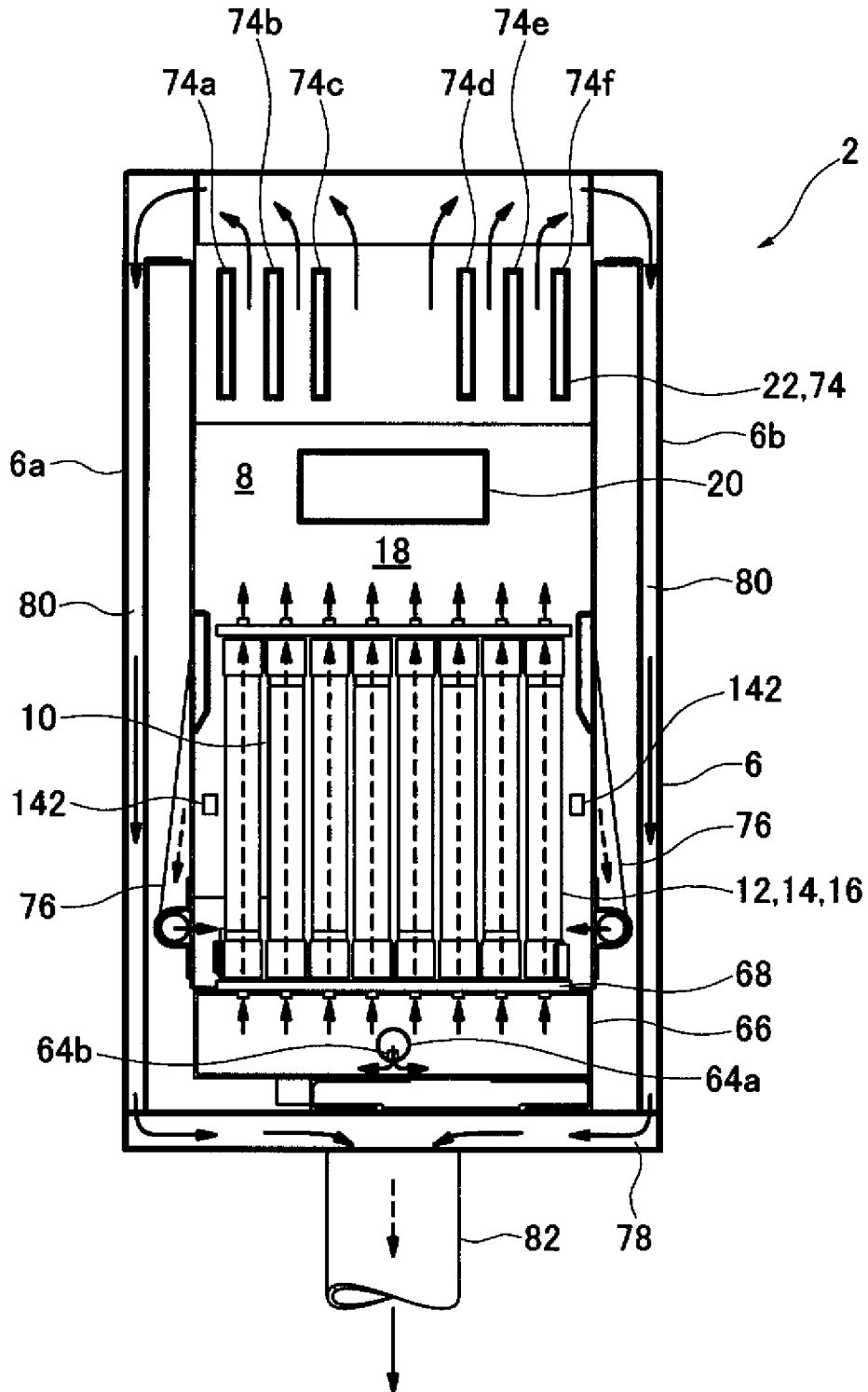


[図2]



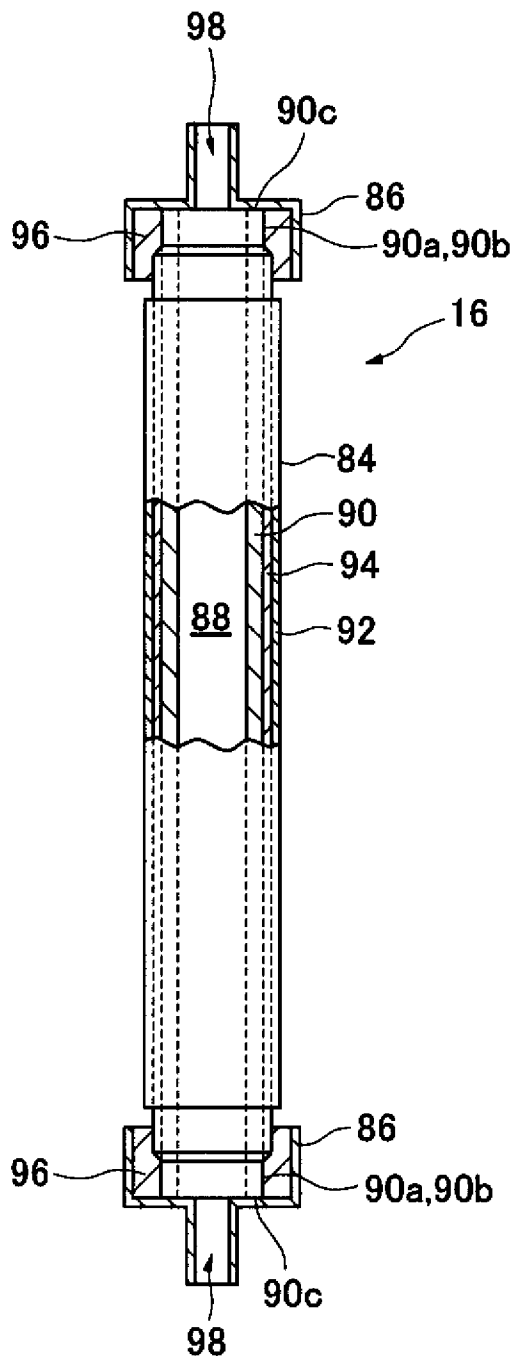
[図3]

FIG.3

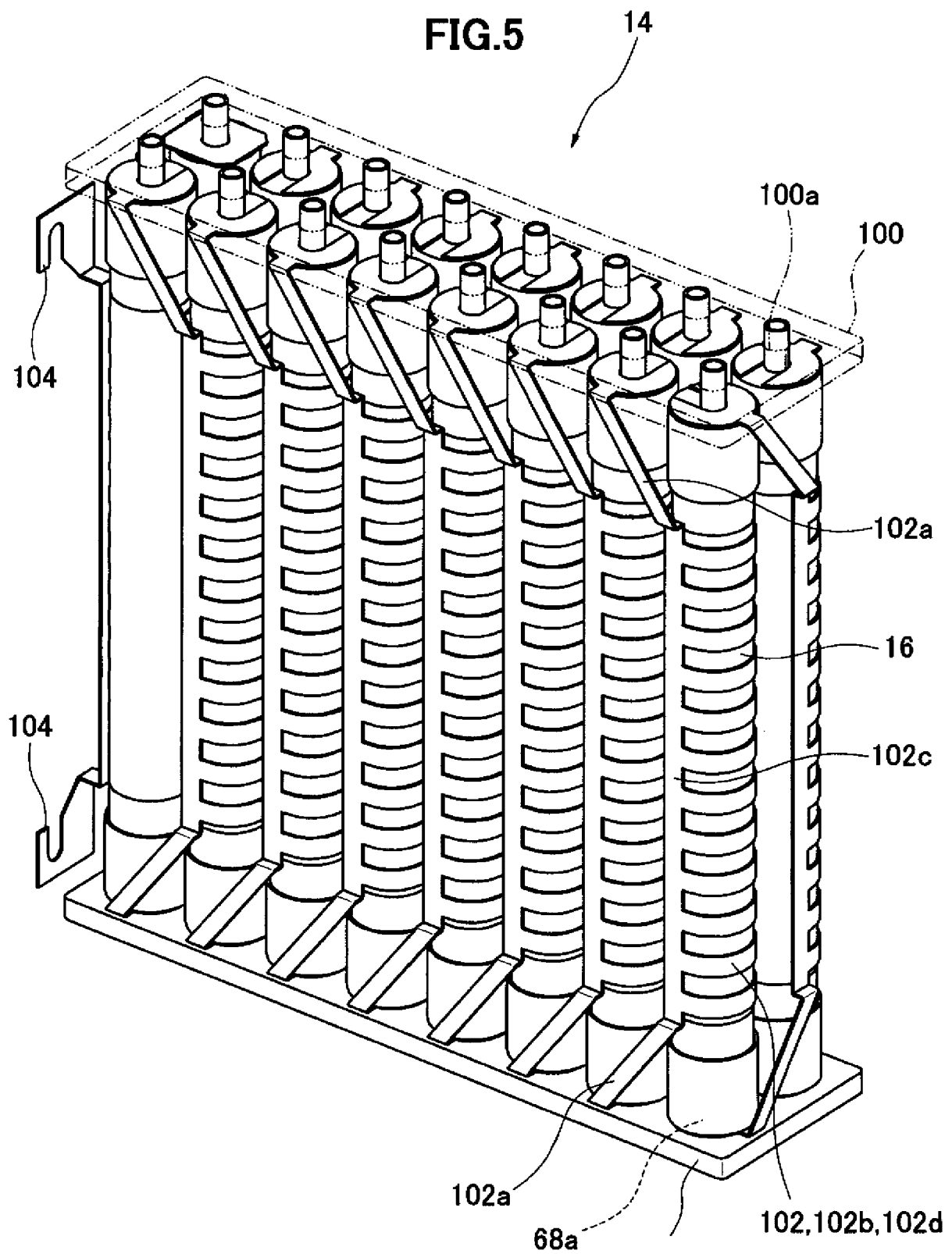


[図4]

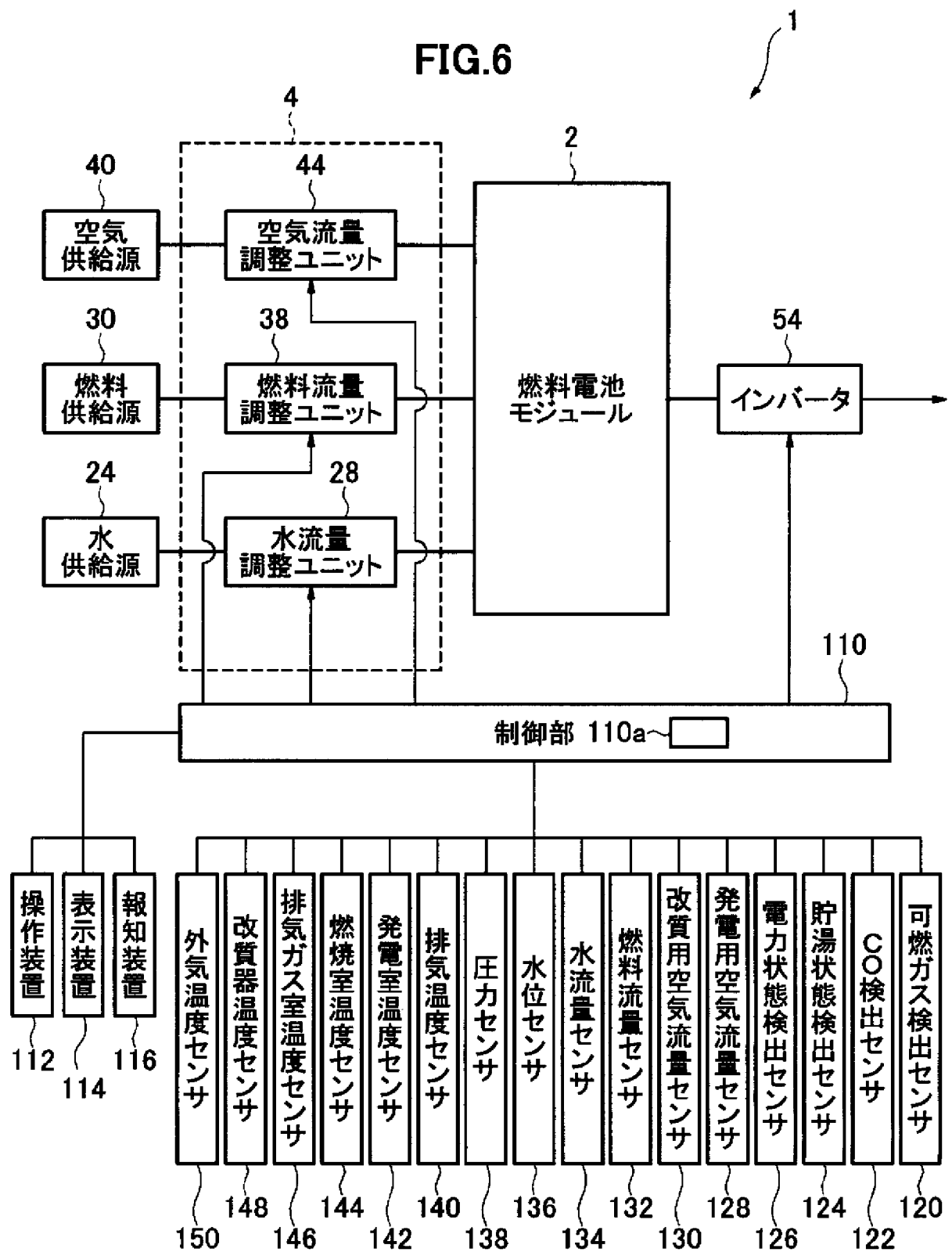
FIG.4



[図5]

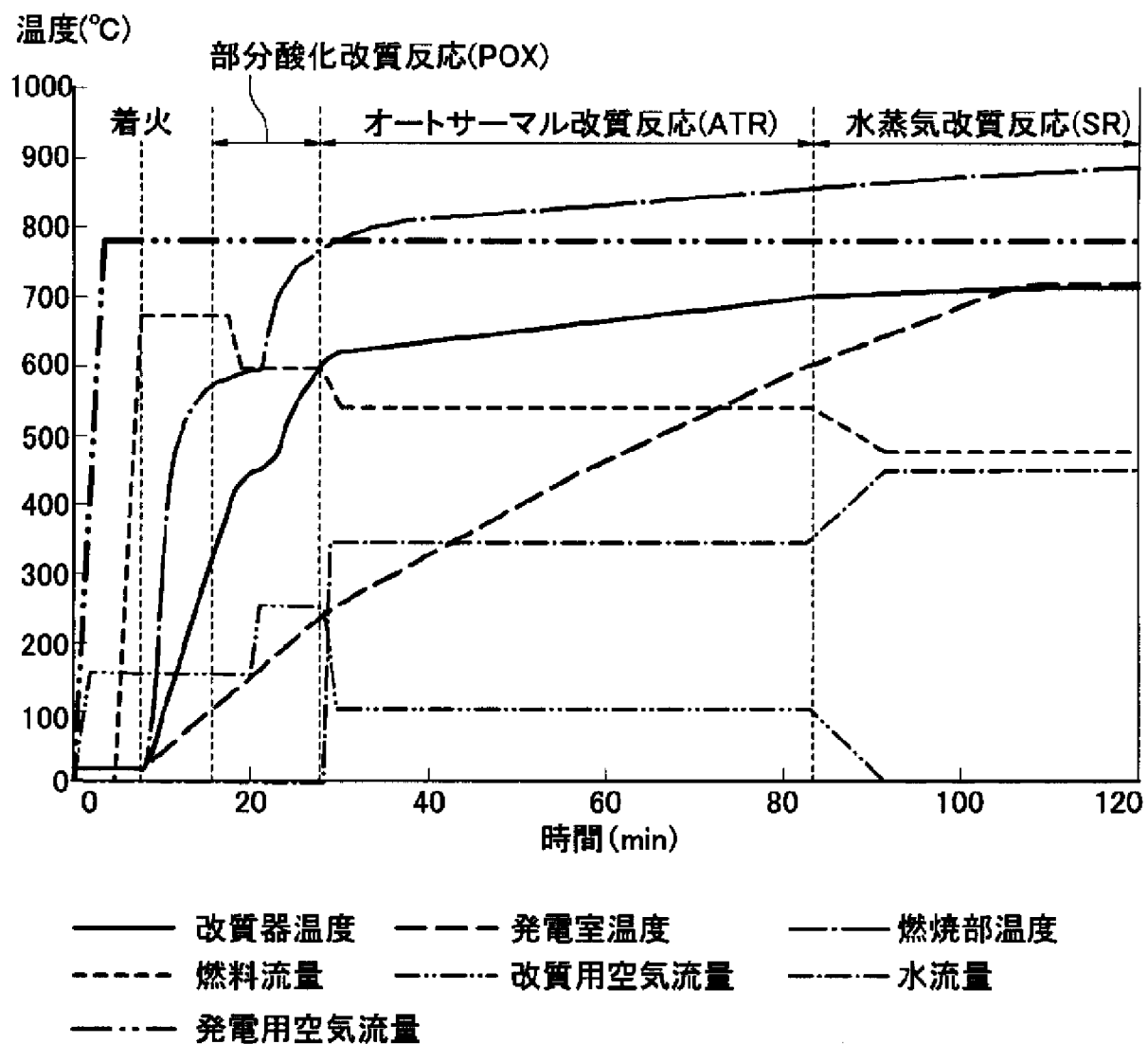


[図6]



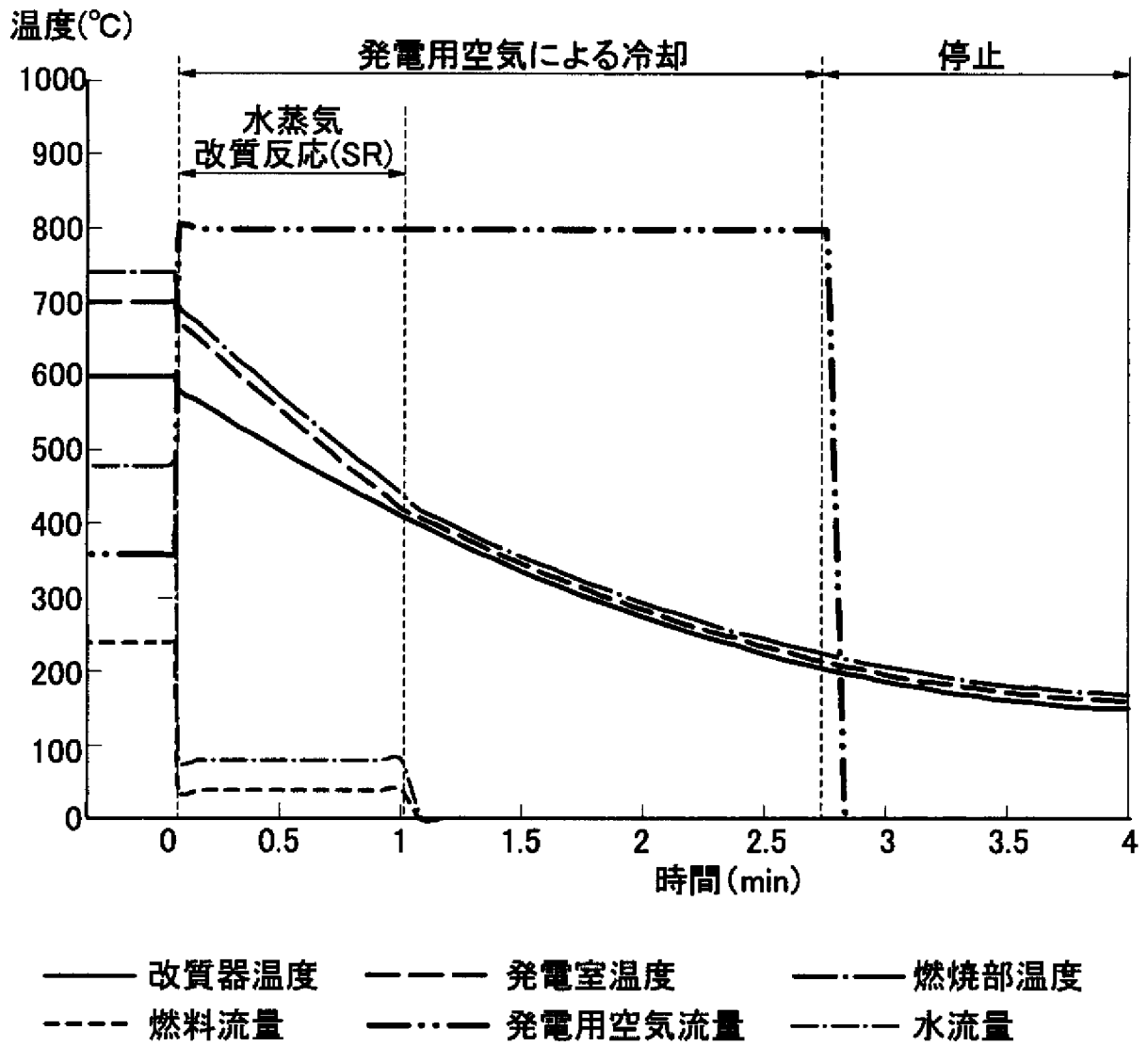
[図7]

FIG.7



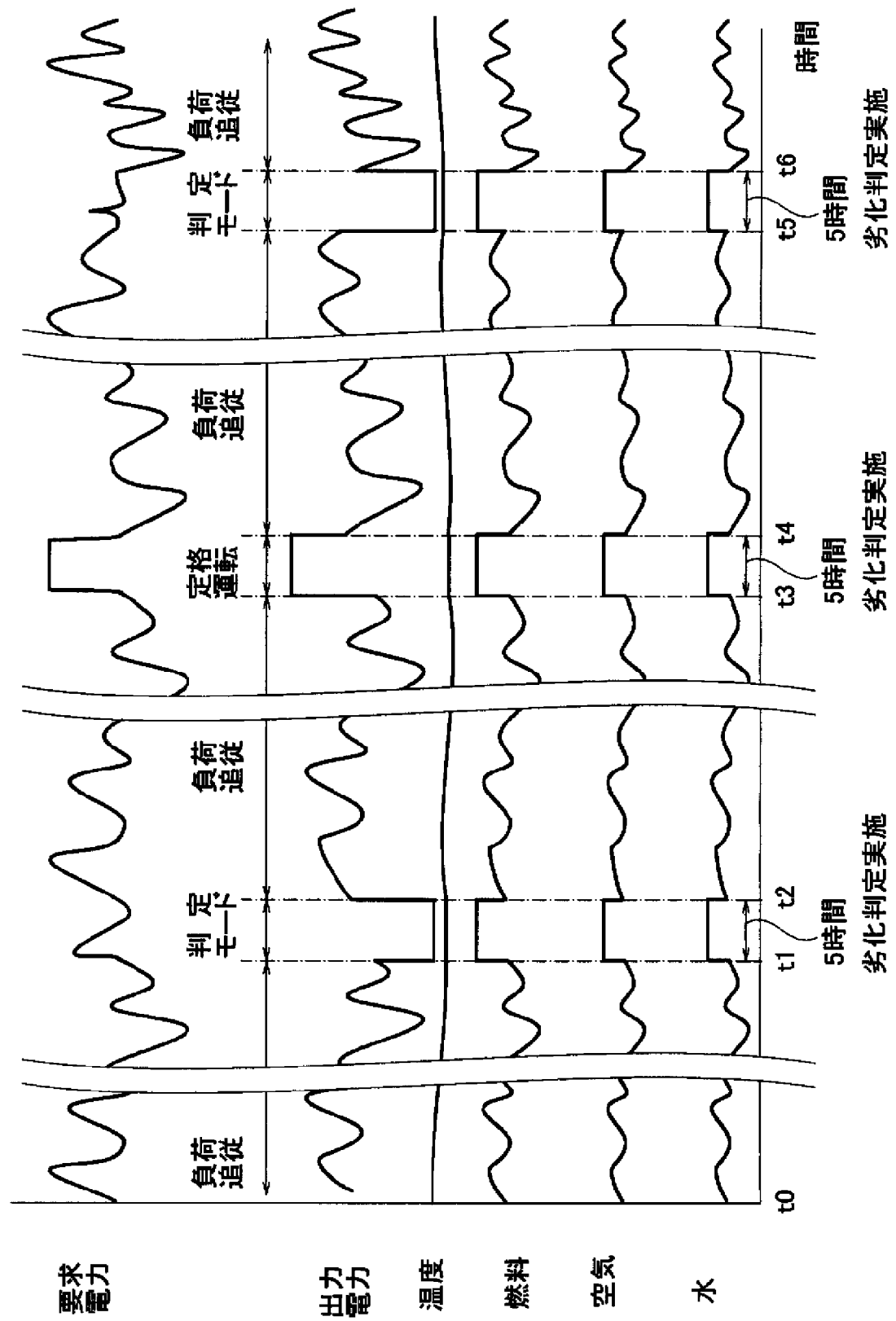
[図8]

FIG.8

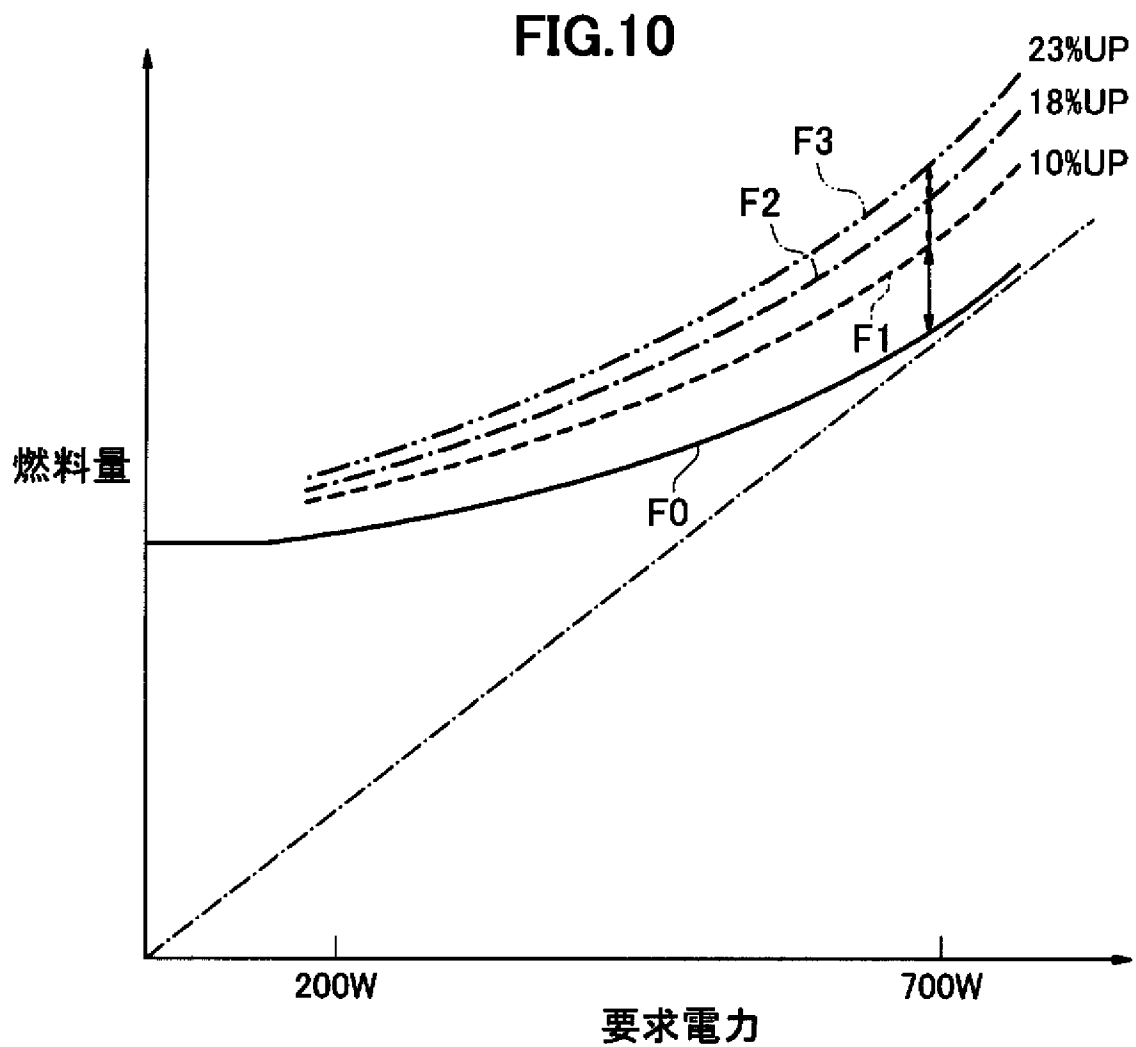


[図9]

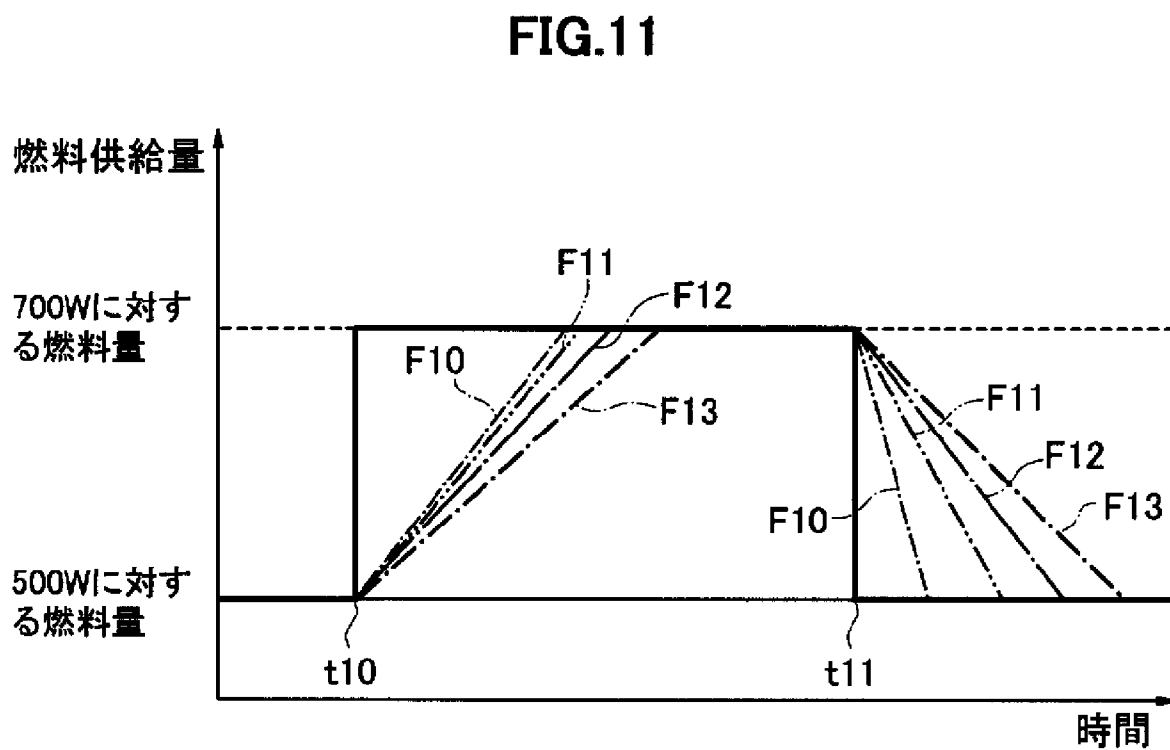
FIG. 9



[図10]

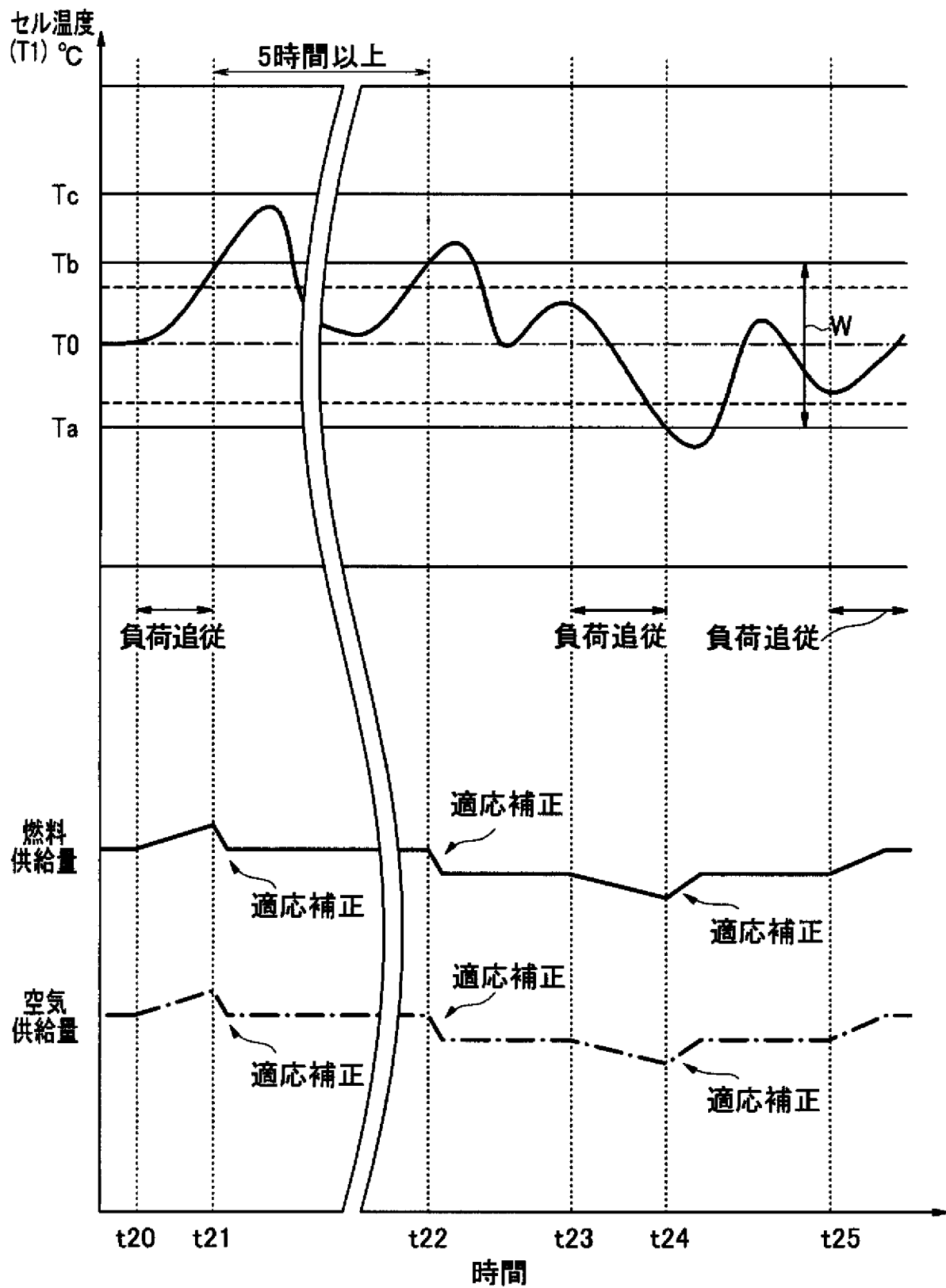


[図11]



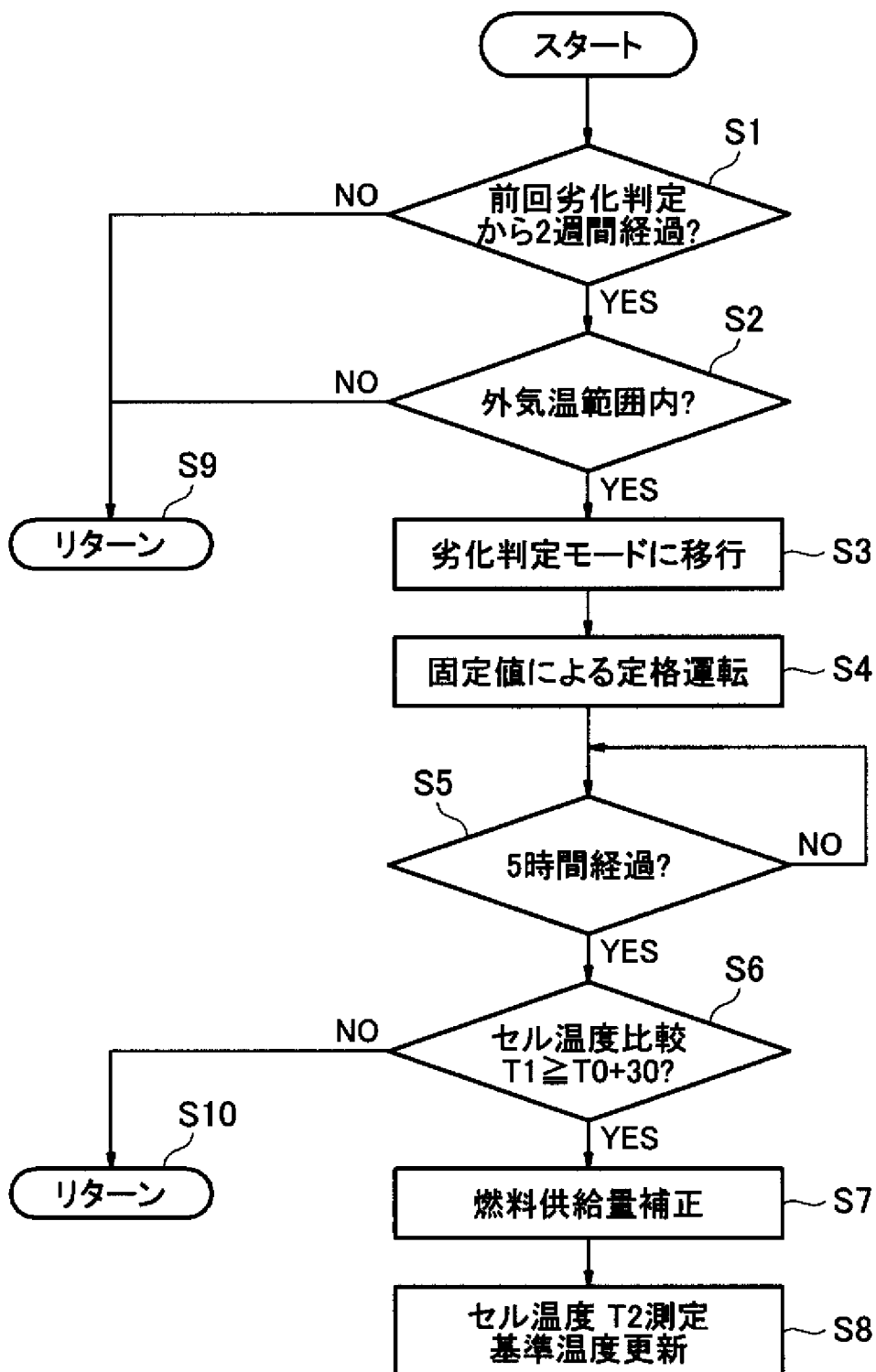
[図12]

FIG.12



[図13]

FIG.13



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/055916

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01M8/04 (2006.01) i, H01M8/12 (2006.01) 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)

H01M8/04, H01M8/12

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

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 A	JP 2004-164909 A (Denso Corp.), 10 June 2004 (10.06.2004), paragraphs [0022] to [0028], [0045] to [0048] (Family: none)	1-3, 5 4
Y A	JP 05-003041 A (Hitachi, Ltd.), 08 January 1993 (08.01.1993), paragraphs [0008], [0017] (Family: none)	1-3, 5 4
Y	JP 2009-059556 A (Toyota Motor Corp.), 19 March 2009 (19.03.2009), paragraph [0042] (Family: none)	1, 5



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

"T" 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

06 July, 2010 (06.07.10)

Date of mailing of the international search report

20 July, 2010 (20.07.10)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/055916

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 2006-302578 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 02 November 2006 (02.11.2006), claim 4 (Family: none)	2-3
A	JP 2008-159362 A (Osaka Gas Co., Ltd.), 10 July 2008 (10.07.2008), entire text (Family: none)	1-5
A	JP 2007-157604 A (Toyota Motor Corp.), 21 June 2007 (21.06.2007), entire text (Family: none)	1-5
A	JP 2007-087756 A (Toto Ltd.), 05 April 2007 (05.04.2007), entire text (Family: none)	1-5
A	JP 2006-244821 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 14 September 2006 (14.09.2006), entire text (Family: none)	1-5
A	JP 2006-164741 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 22 June 2006 (22.06.2006), entire text (Family: none)	1-5
A	JP 2006-164740 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 22 June 2006 (22.06.2006), entire text (Family: none)	1-5
A	JP 2004-220949 A (Tokyo Gas Co., Ltd.), 05 August 2004 (05.08.2004), entire text (Family: none)	1-5
A	JP 2003-217627 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 31 July 2003 (31.07.2003), entire text (Family: none)	1-5

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. H01M8/04(2006.01)i, H01M8/12(2006.01)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（I P C）） Int.Cl. H01M8/04, H01M8/12			
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 1 9 2 2 - 1 9 9 6 年 日本国公開実用新案公報 1 9 7 1 - 2 0 1 0 年 日本国実用新案登録公報 1 9 9 6 - 2 0 1 0 年 日本国登録実用新案公報 1 9 9 4 - 2 0 1 0 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 A	JP 2004-164909 A（株式会社デンソー）2004.06.10, 段落番号0022-0028、0045-0048（ファミリーなし）	1-3、5 4	
Y A	JP 05-003041 A（株式会社日立製作所）1993.01.08, 段落番号0008、0017（ファミリーなし）	1-3、5 4	
Y	JP 2009-059556 A（トヨタ自動車株式会社）2009.03.19, 段落番号0042（ファミリーなし）	1、5	
☒ 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 0 6 . 0 7 . 2 0 1 0		国際調査報告の発送日 2 0 . 0 7 . 2 0 1 0	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（I S A / 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） 國島 明弘 電話番号 03-3581-1101 内線 3477	4 X 8932

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 2006-302578 A (日産自動車株式会社) 2006. 11. 02, 請求項 4 (ファミリーなし)	2 - 3
A	JP 2008-159362 A (大阪瓦斯株式会社) 2008. 07. 10, 全文参照 (ファミリーなし)	1 - 5
A	JP 2007-157604 A (トヨタ自動車株式会社) 2007. 06. 21, 全文参照 (ファミリーなし)	1 - 5
A	JP 2007-087756 A (東陶機器株式会社) 2007. 04. 05, 全文参照 (ファミリーなし)	1 - 5
A	JP 2006-244821 A (日産自動車株式会社) 2006. 09. 14, 全文参照 (ファミリーなし)	1 - 5
A	JP 2006-164741 A (日産自動車株式会社) 2006. 06. 22, 全文参照 (ファミリーなし)	1 - 5
A	JP 2006-164740 A (日産自動車株式会社) 2006. 06. 22, 全文参照 (ファミリーなし)	1 - 5
A	JP 2004-220949 A (東京瓦斯株式会社) 2004. 08. 05, 全文参照 (ファミリーなし)	1 - 5
A	JP 2003-217627 A (三菱重工業株式会社) 2003. 07. 31, 全文参照 (ファミリーなし)	1 - 5