

(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)



PCT



(10) 国際公開番号
WO 2010/114047 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/JP2010/055914
- (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 2009-087231 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): 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). 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). 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,

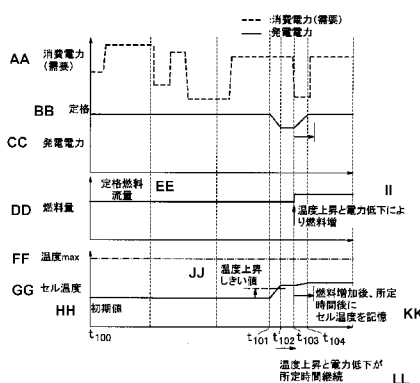
[続葉有]

(54) Title: SOLID ELECTROLYTE FUEL CELL

(54) 発明の名称: 固体電解質型燃料電池

[図13]

FIG.13



- AA Power Consumption (required)
BB Rated Power
CC Generated Power
DD Fuel Amount
EE Rated Fuel Flow
FF Temperature max
GG Cell Temperature
HH Initial Value
II Fuel is increased due to temperature increase and power reduction
JJ Temperature Increase Threshold
KK Cell temperature is recorded after a given time period following fuel increase
LL Temperature increase and power reduction are maintained for a given time period
--- Power Consumption (required)
— Generated Power

(57) Abstract: Provided is a solid electrolyte fuel cell in which the service life thereof is extended while still maintaining a practical output power level. The solid electrolyte fuel cell is equipped with a fuel cell module (2), a fuel supply device (38), an oxidant gas supply device (45), and a controller (110) that controls the fuel supply. The controller is equipped with a deterioration assessing circuit (110a) that assesses deterioration in the fuel cell module; a fuel adjusting circuit (110b) that adjusts operating conditions on the basis of the deterioration assessment, wherein the fuel adjusting circuit is capable of enacting an increase adjustment mode for increasing the supply of fuel to the fuel cell module in such a manner that the rated output power is maintained and a decrease adjustment mode for reducing the amount of rated output voltage in such a manner that the fuel supply is decreased; and a mode selecting device (110c) for selecting adjustment modes.

(57) 要約: 実用的な出力電力を維持しながら、製品寿命を延長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、固体電解質型燃料電池であって、燃料電池モジュール(2)と、燃料供給装置(38)と、酸化剤ガス供給装置(45)と、燃料供給量を制御するコントローラ(110)と、を有し、コントローラは、燃料電池モジュールの劣化を判定する劣化判定回路(110a)、及び、劣化判定に基づいて運転条件を補正する燃料補正回路(110b)を備え、燃料補正回路は、定格出力電力が維持されるように燃料電池モジュールに供給する燃料供給量を増加させる増量補正モード、及び、燃料供給量が減少するように定格出力電圧を低下させる減量補正モードを実行可能であり、さらに、補正モードを選択するためのモード選択装置(110c)を有することを特徴としている。



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.

(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).

- (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

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] しかしながら、特開2003-217627号公報記載の装置のように、劣化した燃料電池セルに対し、供給量が増加するように燃料供給量を補償し、初期の発電電力と同等の出力を維持するように制御を行うと、燃料電池セルの劣化が促進されてしまい、燃料電池の製品寿命を短縮してしまうという問題がある。一方、劣化した燃料電池セルから取り出す電力を低下させるように制御を行うと、燃料電池セルの劣化の進行を抑制することはできるが、燃料電池から取り出すことができる電力は次第に減少していくので、実用的な電力を取り出し可能な期間が短くなってしまいう問題がある。

[0008] 従って、本発明は、実用的な出力電力を維持しながら、製品寿命を延長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、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、燃料供給装置から供給する燃料供給量を制御するコントローラと、を有し、コントローラは、燃料電池モジュールの劣化を判定する劣化判定回路、及び、この劣化判定回路による劣化判定に基づいて運転条件を補正する燃料補正回路を備え、燃料補正回路は、燃料電池モジュールが劣化したことが判定されたとき、燃料電池モジュールの最大出力電力である定格出力電力が維持されるように燃料電池モジュールに供給する燃料供給量を増加させる増量補正モード、及び、燃料供給量が減少されるように定格出力電圧を低下させる減量補正モードを実行可能であり、さらに、増量補正モード又は減量補正モードを選択するためのモード選択装置を有す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、コントローラに備えられた劣化判定回路は、燃料電池モジュールの劣化を判定し、燃料補正回路は、燃料電池モジュールが劣化したことが判定されると、燃料補正を実行する。モード選択装置は、燃料補正回路が実行する燃料補正として、増量補正モード又は減量補正モードの何れかを選択する。

[0011] このように構成された本発明によれば、モード選択装置が増量補正モード又は減量補正モードを選択するので、燃料電池の使用状況に応じて適切な補正モードを選択することができ、これにより、実用的な出力電力を維持しながら、製品寿命を延長することができる。

[0012] 本発明において、好ましくは、モード選択装置は、操作により増量補正モード又は減量補正モードを選択することができるモード選択用の操作装置である。

このように構成された本発明によれば、燃料電池の工場出荷時や、劣化が判定されたとき等に、予想される燃料電池の使用状況に応じて、適切な補正モードを選択することができる。

[0013] 本発明において、好ましくは、さらに、燃料電池モジュールの過去の運転状態を記録する運転状態記録装置を有し、モード選択装置は、運転状態記録装置により記録された過去の燃料電池モジュールの運転状態に基づいて、自動的に増量補正モード又は減量補正モードを選択する。

[0014] このように構成された本発明によれば、モード選択装置が過去の運転状態に基づいて補正モードを選択するので、自動的に適切な補正モードを選択することができる。

[0015] 本発明において、好ましくは、運転状態記録装置は、燃料電池モジュールの過去の運転状態として、燃料電池モジュールの出力電力に関連する過去の履歴を記録しており、過去の所定期間内において、燃料電池モジュールが定格出力電力を出力している時間が、定格出力電力未満の電力を出力している

時間よりも長い場合には、モード選択装置は増量補正モードを選択し、過去の所定期間内において、燃料電池モジュールが定格出力電力を出力している時間が、定格出力電力未満の電力を出力している時間よりも短い場合には、モード選択装置は減量補正モードを選択する。

[0016] 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過去の運転状態として定格出力電力を出力している時間が長い場合には、増量補正モードが選択され、燃料電池モジュールが劣化した後も定格出力電圧が維持されるので、系統電力の使用料を節約することができる。一方、定格出力電力を出力している時間が短い場合には、減量補正モードが選択され、定格出力電圧が低下されるので、劣化により効率が低下した燃料電池モジュールの燃料消費量を抑制して、省エネルギーを実現することができる。

[0017] また、本発明は、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、燃料供給手段から供給する燃料供給量を制御する制御手段と、を有し、制御手段は、燃料電池モジュールの劣化を判定する劣化判定手段、及び、この劣化判定手段による劣化判定に基づいて運転条件を補正する燃料補正手段を備え、燃料補正手段は、燃料電池モジュールが劣化したことが最初に判定されたとき、燃料電池モジュールの最大出力電力である定格出力電力が維持されるように燃料電池モジュールに供給する燃料供給量を増加させる増量補正モード、及び、燃料供給量が減少されるように定格出力電圧を低下させる減量補正モードを実行可能であり、さらに、増量補正モード又は減量補正モードを選択するためのモード選択手段を有す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、実用的な出力電力を維持しながら、製品寿命を延長することができる。

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（S O F C）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（S O F C）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（S O F C）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（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6]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（S O F C）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（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]劣化判定回路による劣化判定の手順を示すフローチャートである。

[図13]約1年間に亘る固体電解質型燃料電池の運転履歴を模式的に表したタイムチャートである。

[図14]約1年間に亘る固体電解質型燃料電池の運転履歴を模式的に表したタイムチャートである。

[図15]モード選択装置により減量補正モードが選択された場合における固体電解質型燃料電池の作用の一例を示すタイムチャートである。

[図16]減量補正モードによる燃料補正処理のフローチャートである。

[図17]モード選択装置により増量補正モードが選択された場合における固体電解質型燃料電池の作用の一例を示すタイムチャートである。

[図18]増量補正モードによる燃料補正処理のフローチャートである。

[図19]変形例において、モード選択装置による補正モードの選択を示すタイムチャートである。

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（SOFC）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 1 2、改質器 2 0、空気用熱交換器 2 2 が配置されている。

[0026] 改質器 2 0 は、その上流端側に純水を導入するための純水導入管 6 0 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 6 2 が取り付けられ、また、改質器 2 0 の内部には、上流側から順に、蒸発部 2 0 a と改質部 2 0 b を形成され、改質部 2 0 b には改質触媒が充填されている。この改質器 2 0 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 2 0 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 2 0 の下流端側には、燃料ガス供給管 6 4 が接続され、この燃料ガス供給管 6 4 は、下方に延び、さらに、燃料電池セル集合体 1 2 の下方に形成されたマニホールド 6 6 内で水平に延びている。燃料ガス供給管 6 4 の水平部 6 4 a の下方面には、複数の燃料供給孔 6 4 b が形成されており、この燃料供給孔 6 4 b から、改質された燃料ガスがマニホールド 6 6 内に供給される。

[0028] このマニホールド 6 6 の上方には、上述した燃料電池セルスタック 1 4 を支持するための貫通孔を備えた下支持板 6 8 が取り付けられており、マニホールド 6 6 内の燃料ガスが、燃料電池セルユニット 1 6 内に供給される。

[0029] 次に、改質器 2 0 の上方には、空気用熱交換器 2 2 が設けられている。この空気用熱交換器 2 2 は、上流側に空気集約室 7 0、下流側に 2 つの空気分配室 7 2 を備え、これらの空気集約室 7 0 と空気分配室 7 2 は、6 個の空気流路管 7 4 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 70 内の空気が各組の空気流路管 74 からそれぞれの空気分配室 72 へ流入する。

[0030] 空気用熱交換器 22 の 6 個の空気流路管 74 内を流れる空気は、燃焼室 18 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 72 のそれぞれには、空気導入管 76 が接続され、この空気導入管 76 は、下方に延び、その下端側が、発電室 10 の下方空間に連通し、発電室 10 に余熱された空気を導入する。

[0031] 次に、マニホールド 66 の下方には、排気ガス室 78 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 6a と後面 6b の内側には、上下方向に延びる排気ガス通路 80 が形成され、この排気ガス室通路 80 の上端側は、空気用熱交換器 22 が配置された空間と連通し、下端側は、排気ガス室 78 と連通している。また、排気ガス室 78 の下面のほぼ中央には、排気ガス排出管 82 が接続され、この排気ガス排出管 82 の下流端は、図 1 に示す上述した温水製造装置 50 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 83 が、燃焼室 18 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 16 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（SOFC）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 16 は、燃料電池セル 84 と、この燃料電池セル 84 の上下方向端部にそれぞれ接続された内側電極端子 86 とを備えている。

燃料電池セル 84 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 88 を形成する円筒形の内側電極層 90 と、円筒形の外側電極層 92 と、内側電極層 90 と外側電極層 92 との間にある電解質層 94 とを備えている。この内側電極層 90 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 92 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 16 の上端側と下端側に取り付けられた内側電極端子 86 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 86 について具体的に説明する。内側電極層 90 の上部 90a は、電解質層 94 と外側電極層 92 に対して露出された外周面 90b と上端面 90c とを備えている。内側電極端子 86 は、導電性のシール材 96 を介して内側電極層 90 の外周面 90b と接続され、さらに、内側電極層 90 の上端面 90c とは直接接触することにより、内側電極層 90 と電氣的に接続されている。内側電極端子 86 の中心部には、内側電極層 90 の燃料ガス流路 88 と連通する燃料ガス流路 98 が形成されている。

[0034] 内側電極層 90 は、例えば、Ni と、Ca や Y、Sc 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、Ni 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、Ni と、Sr、Mg、Co、Fe、Cu 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 94 は、例えば、Y、Sc 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、Sr、Mg 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 92 は、例えば、Sr、Ca 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ナイト、Sr、Co、Ni、Cu 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、Sr、Fe、Ni、Cu 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 14 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（SOFC）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

を經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を經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からも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。

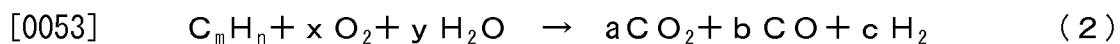
[0049] このとき、燃料流量調整ユニット３８及び改質用空気流量調整ユニット４４により、改質用空気が混合された燃料ガスが改質器２０に供給されているので、改質器２０において、式（１）に示す部分酸化改質反応 POX が進行する。この部分酸化改質反応 POX は、発熱反応であるので、起動性が良好となる。また、この昇温した燃料ガスが燃料ガス供給管６４により燃料電池セルスタック１４の下方に供給され、これにより、燃料電池セルスタック１４が下方から加熱され、また、燃焼室１８も燃料ガスと空気が燃焼して昇温されているので、燃料電池セルスタック１４は、上方からも加熱され、この結果、燃料電池セルスタック１４は、上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

[0050]
$$C_m H_n + x O_2 \rightarrow a CO_2 + b CO + c H_2 \quad (1)$$

[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、本実施形態により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、先ず、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、発電室の温度が所定温度、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 14 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 1 の作用を説明する。

まず、図 9 乃至 12 を参照して、固体電解質型燃料電池 1 の負荷追従運転及び燃料電池モジュール 2 の劣化判定を説明する。

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、劣化判定回路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改質用空気流量調整ユニット 44、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。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 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である劣化判定回路 110a (図 6) は劣化判定モードの運転を開始する。なお、劣化判定回路 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) 等により構成されている。図 12 は、劣化判定回路 110a による処理を示すフローチャートである。

[0066] 図 12 に示すフローチャートは、劣化判定回路 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。

[0067] 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。

[0068] なお、この実施形態では劣化判定を 2 週間に 1 度のサイクルで行うように構成しているが、この頻度が高いということは負荷追従制御を行わずに強制的に後述する劣化判定モードに変更するため省エネという観点ではデメリットとなる。よって、性能劣化の度合いに応じて設定されることが望ましく、

劣化が小さいような場合であれば半年に１回という頻度とすることが望ましい。また、運転期間が短い初期であれば劣化は少ないので１年に１回という頻度にし、運転期間が５年、１０年というように長くなるにつれて判定サイクルを短くするようなことは一層望ましい形態となる。本実施形態では非常にわかりやすい対応を例に取ったものである。

[0069] 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供給量に固定される。即ち、劣化判定モード運転において、劣化判定回路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 L/min 、劣化判定酸化剤ガス供給量 100 L/min 、劣化判定水供給量 8 mL/min に固定される。

[0070] これら燃料供給量、空気供給量、水供給量の固定値は、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 を発電可能な量として予め実験によって求めた供給量である。従って、固定値により燃料、空気、水が供給されている間は、燃料電池セルの個体差もあるが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しているものである。しかしながら、燃料供給量等が固定されていても、燃料電池モジュール２から取り出される電力が要求発電量に応じて変化すると、燃料電池モジュール２の運転状態は十分に安定しない。このため、本実施形態においては、劣化判定モード運転中は要求発電量に関わらず、燃料電池モジュール２から電力を取り出すことはない（即ち、定格発電量に対応する燃料を供給するが、実際に発電する電力は０である）。従って、劣化判定モード運転中は、供給された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。

[0071] なお、本実施形態においては、燃料供給量等の固定値は定格発電量に対応

する値に設定されているが、これらの固定値は任意に設定することができる。好ましくは、燃料電池モジュール 2 が熱的に自律することができ、且つ燃料電池モジュール 2 の劣化の度合いにより温度が十分に大きく変化する、定格発電量に近い電力を発生可能な値に設定する。また、本実施形態においては、劣化判定モード運転中は、燃料電池モジュール 2 から電力を取り出していないが、劣化判定モード運転中に一定の電力が取り出されるように固体電解質型燃料電池 1 を構成し、燃料電池モジュール 2 の運転状態を安定させ、劣化判定を行うこともできる。固体電解質型燃料電池 1 により発電した電力を売電可能な環境においては、一定の電力が取り出されるような運転状態を容易に得ることができる。また、劣化判定モード運転中に生成された電力を消費するためのヒーター等のダミー負荷（図示せず）を固体電解質型燃料電池 1 に備えておき、生成された電力をこれに消費させることにより一定の電力を取り出しても良い。

[0072] 次に、図 12 のステップ S 5 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 時間が経過すると運転状態が安定し、所定の劣化判定運転条件が満足されたと判断される。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 S 5 の処理が繰り返される。これにより、ステップ S 4 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 $t_1 \sim t_2$ ）。

[0073] 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 S 6 に進み、発電室温度センサ 142 により測定された燃料電池セルユニット 16 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（燃料電池モジュール 2 が劣化していない状態においては定格 700W の安定運転状態で発生すべき理想のスタック温度値）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。

[0074] 本実施形態においては、劣化判定回路 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。

[0075] 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、制御部 110 に内蔵された燃料補正手段である燃料補正回路 110b (図 6) による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、燃料補正回路 110b は、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、要求発電量に対する燃料供給量を、燃料供給補正により図 10 の曲線 F0 から曲線 F1 又は曲線 F-1 に変更し、以後、曲線 F1 又は F-1 を使用して燃料供給量を決定する。また、燃料供給量を変更する際の変化率は、図 11 の線 F10 から、より緩やかな線 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。燃料供給補正により変更された燃料供給量は、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。

[0076] なお、燃料供給補正を、曲線 F1 を使用した増量補正モードで行うか、曲線 F-1 を使用した減量補正モードで行うかは、後述するように、制御部 110 に内蔵されたモード選択手段であるモード選択装置 110c 及び運転状

態記録手段である運転状態記録装置 110d により選択される。また、燃料補正回路 110b、モード選択装置 110c 及び運転状態記録装置 110d 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）等により構成されている。

[0077] ステップ S7 において燃料供給量の補正が行われた後、ステップ S8 に進み、ステップ S8 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セルユニット 16 の温度 T2 が、発電室温度センサ 142 により測定される。測定された温度 T2 は、新たな基準温度 T0 として劣化判定回路 110a のメモリ（図示せず）に記憶される。この新たな基準温度 T0 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、燃料電池セルユニット 16 の温度 T2 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。

[0078] 以上の劣化処理が終了すると、劣化判定回路 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 t2）。

[0079] 次に、図 13 及び図 14 を参照して、モード選択装置 110c による補正モードの選択を説明する。図 13 及び図 14 は、約 1 年間に亘る固体電解質型燃料電池 1 の運転履歴を模式的に表したタイムチャートであり、上段から使用者が消費した電力（破線で示す）、固体電解質型燃料電池 1 が発電した電力（実線で示す）、燃料供給量、燃料電池セルユニットの温度を表している。なお、一般家庭における電力消費は、昼間に多く、夜間は少なくなる傾向があるので、図 13 及び図 14 に示すタイムチャートは、電力を主に消費する時間帯である朝 6 時から深夜 0 時までの運転履歴のみを取り出したものであり、運転状態記録装置 110d はこのような運転履歴を約 1 年分記録している。

[0080] 図 13 の時刻 t100 ~ t103 においては、使用者による消費電力が、

常に固体電解質型燃料電池 1 の最大出力電力である定格出力電力を上回っているため、燃料電池モジュール 2 には常に定格出力に対応した量の燃料が供給され、固体電解質型燃料電池 1 は常に定格出力電力を発電している。なお、定格出力電力が消費電力に対して不足している分は系統電力から供給される。また、長期間の使用により燃料電池モジュール 2 が劣化すると、同一の燃料供給量に対する燃料電池モジュール 2 の出力電圧が低下すると共に、燃料電池セルユニット 16 の温度が上昇する。燃料電池モジュール 2 の出力電圧が低下した状態で、定格電力を出力するためには、燃料電池モジュール 2 から取り出す電流を増加させる必要がある。しかしながら、燃料電池モジュール 2 から取り出す電流が大きくなりすぎると、燃料電池セルユニット 16 への負担が大きくなり、セルの劣化を早めることになる。このため、本実施形態においては、燃料電池モジュール 2 から取り出す電流が所定の電流以下に規制されている。この電流値の規制により、図 13 の時刻 $t_{101} \sim t_{102}$ においては、燃料供給量が一定であるにもかかわらず、出力電力が低下している。

[0081] 次いで、図 13 の時刻 t_{103} において上述した劣化判定が実行される。時刻 t_{103} においては、燃料電池セルユニット 16 の温度 T_1 が、初期使用における燃料電池セルユニット 16 の基準温度 T_0 よりも 30°C 以上高いので、劣化判定回路 110a は、燃料電池モジュール 2 が劣化したと判定する（図 12 のステップ S6）。

[0082] 運転状態記録装置 110d は過去 1 年間に亘る固体電解質型燃料電池 1 の昼間における運転履歴を記録しており、モード選択装置 110c は、運転状態記録装置 110d に記録された過去の運転状態に基づいて、自動的に増量補正モード又は減量補正モードを選択する。図 13 に示す例においては、消費電力が定格出力電力を常に上回っており、燃料電池モジュール 2 は常に定格出力電力を出力しているので、モード選択装置 110c は増量補正モードを選択し、これにより燃料補正回路 110b は燃料供給量を増量する補正を実行する。増量補正により制御部 110 は、燃料供給量を決定するための曲

線を図 10 の曲線 F0 から曲線 F1 に変更し、燃料供給量が増加される（図 13 の時刻 t_{103} ）。燃料供給量が増加されることにより、燃料電池モジュール 2 の出力電力は、初期の定格出力電力まで回復される（図 13 の時刻 $t_{103} \sim t_{104}$ ）。増量補正から所定時間経過した後の燃料電池セルユニット 16 の温度は、基準温度 T_0 として劣化判定回路 110a に記憶され、次回の劣化判定において使用される。

[0083] 図 13 に示す例のように、運転状態として、過去の所定期間内において、定格出力電力を生成している時間が長い場合においては、上記燃料電池モジュール 2 の劣化が判定されると、初期の定格出力電力を維持するように、増量補正が選択される。これにより、系統電力から供給を受ける電力量を少なくし、系統電力からの電力購入コストを削減することができる。

[0084] 一方、図 14 に示す例では、運転状態記録装置 110d に記録されている運転履歴において、使用者の消費電力が固体電解質型燃料電池 1 の定格電力を下回っている時間（図 14 の時刻 $t_{201} \sim t_{202}$ ）が、上回っている時間（図 14 の時刻 $t_{200} \sim t_{201}$ 及び $t_{202} \sim t_{205}$ ）よりも長くなっている。また、図 14 に示す例では、時刻 $t_{203} \sim t_{204}$ において、長期間の使用により燃料電池モジュール 2 が劣化し、同一の燃料供給量に対する出力電力が低下すると共に、燃料電池セルユニット 16 の温度が上昇している。なお、時刻 $t_{203} \sim t_{204}$ における出力電力の低下も、燃料電池モジュール 2 から取り出される電流値の規制によるものである。

[0085] 次いで、図 14 の時刻 t_{205} において劣化判定が実行される。時刻 t_{204} においては、燃料電池セルユニット 16 の温度 T_1 が、初期使用における燃料電池セルユニット 16 の基準温度 T_0 よりも 30°C 以上高いので、劣化判定回路 110a は、燃料電池モジュール 2 が劣化したと判定する（図 12 のステップ S6）。

[0086] 図 14 に示す例のように、運転状態として、過去の所定期間内において、固体電解質型燃料電池 1 が定格出力未満で運転されている時間が定格出力以上で運転されている時間よりも長い場合には、劣化判定回路 110a が、燃

燃料電池モジュール2が劣化したことを判定すると、モード選択装置110cは減量補正モードを選択する。これにより燃料補正回路110bは燃料供給量を減量する補正を実行する。減量補正により制御部110は、燃料供給量を決定するための曲線を図10の曲線F0から曲線F-1に変更し、燃料供給量が減少される(図14の時刻t205)。燃料供給量が減少されることにより、燃料電池モジュール2の出力電力は低下されるが、燃料電池セルユニット16の温度も低下される(図14の時刻t205~t207)。減量補正から所定時間経過した後の燃料電池セルユニット16の温度(図14の時刻t206~t207における温度)は、基準温度T0として劣化判定回路110aに記憶され、次回の劣化判定において使用される。

[0087] 図14に示す例のように、過去の運転状態において、定格出力電力未滿で運転されている時間が長い場合においては減量補正が選択される。これにより、使用者が消費する電力が大きいときには系統電力から供給を受ける電力量が増大するが、そのような期間は短いため系統電力からの電力購入コストはあまり増大しない。一方、燃料供給量の減量補正により、燃料電池セルユニット16の温度が低下するので、燃料電池モジュール2の劣化が抑制される。

[0088] 上記のように、燃料電池モジュール2が劣化したことが、劣化判定回路110aにより初めて判定されると、上述したようにモード選択装置110cは、減量補正モード又は増量補正モードの何れかを選択する。燃料電池モジュール2の劣化が初めて判定され、減量補正モードが選択された場合には、燃料供給量を決定する曲線が、燃料供給補正により図10の曲線F0から、曲線F0に対して10%燃料供給量が減少された曲線F-1に変更される。この燃料供給補正以後は、同一の要求発電量に対する燃料供給量が減少され、要求発電量に対して実際に出力される電力が低下する。燃料供給補正後は、初期の定格出力電力である700Wの要求電力に対する燃料電池モジュール2の実際の出力電力が、低下された新たな定格出力電力とされる。燃料供給量を減少させることにより、燃料電池モジュール2の過度の温度上昇が防

止される。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。

[0089] さらに、減量補正モードにおいて、燃料電池モジュール 2 の劣化が進行し、燃料電池モジュール 2 が更に劣化したことが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、さらにもう一度減量補正する場合には曲線 F-2 から曲線 F-3 に変更される。曲線 F-2 は曲線 F0 に対して 20%、曲線 F-3 は曲線 F0 に対して 30% 燃料供給量が減量されている。これにより、劣化が進行している燃料電池セルユニット 16 の温度が上昇して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 回目に減量補正が実行される場合には線 F11 から線 F12 に、3 回目に減量補正が実行される場合には線 F12 から線 F13 に変更される。

[0090] 一方、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、増量補正モード選択された場合には、燃料供給量を決定する曲線が、燃料供給補正により図 10 の曲線 F0 から、曲線 F0 に対して 10% 燃料供給量が増加された曲線 F1 に変更される。この燃料供給補正以後は、同一の要求発電量に対する燃料供給量が増加され、燃料電池モジュール 2 が劣化していても、初期の定格出力電力である 700W が維持される。燃料供給量を増加させることにより、劣化した燃料電池モジュール 2 から初期使用時と同等の電力を取り出すことができる。

[0091] さらに、増量補正モードにおいて、燃料電池モジュール 2 の劣化が進行し、燃料電池モジュール 2 が更に劣化したことが判定された場合には、燃料供給量は曲線 F1 から曲線 F2 に、さらにもう一度増量補正する場合には曲線 F2 から曲線 F3 に変更される。曲線 F2 は曲線 F0 に対して 18%、曲線 F3 は曲線 F0 に対して 23% 燃料供給量が減量されている。このように、劣化が進行に従って、燃料の増分を少なくすることにより、劣化が進行している燃料電池セルユニット 16 の温度が上昇して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は、減量補正モードの場合と同様に

、２回目に減量補正が実行される場合には線 F 1 1 から線 F 1 2 に、３回目に減量補正が実行される場合には線 F 1 2 から線 F 1 3 に変更される。

[0092] このように、本実施形態においては、減量補正を実行する場合、増量補正を実行する場合とも、燃料供給量の変化量は、予め設定された固定値とされている。このため、例えば、燃料電池セルユニット 1 6 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、燃料電池セルユニット 1 6 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。

[0093] 次に、図 1 5 乃至図 1 8 を参照して、燃料補正回路 1 1 0 b による燃料補正の詳細を説明する。図 1 5 はモード選択装置 1 1 0 c により減量補正モードが選択された場合における固体電解質型燃料電池 1 の作用の一例を示すタイムチャートであり、図 1 6 は減量補正モードによる燃料補正処理のフローチャートである。また、図 1 7 は増量補正モードが選択された場合における作用の一例を示すタイムチャートであり、図 1 8 は増量補正モードによる燃料補正処理のフローチャートである。

[0094] なお、図 1 5 及び図 1 7 は、横軸に時間、縦軸に出力電力、燃料供給量、及び燃料電池セルユニットの温度を示すタイムチャートであるが、図 9 に示したタイムチャートよりも非常に長い期間の燃料電池の運転状態を模式的に示すものである。また、タイムチャートを簡略化するために、固体電解質型燃料電池 1 が常に定格出力電力で運転されているものとして描かれている。また、図 1 6 及び図 1 8 に示すフローチャートは、図 1 2 に示したフローチャートのステップ S 7 からサブルーチンとして呼び出されるものであり、減量補正モードが選択されている場合には図 1 6 のフローチャートが呼び出され、増量補正モードが選択されている場合には図 1 8 のフローチャートが呼び出される。

- [0095] まず、図 15 の時刻 t_{300} において、固体電解質型燃料電池 1 の初期使用が開始される。この初期運転時においては、規定の燃料供給量で固体電解質型燃料電池 1 を運転することにより、定格出力電力が得られ、このときの温度が燃料電池セルユニット 16 の初期の基準温度 T_0 として、劣化判定回路 110a に記憶される。固体電解質型燃料電池 1 の使用期間が長くなると、燃料電池モジュール 2 の劣化が始まり、同一の燃料供給量に対する燃料電池モジュール 2 の出力電圧が低下する。この出力電圧の低下に伴って出力電流の規制が働いた結果として出力電力が低下すると共に、燃料電池セルユニット 16 の温度も上昇する（図 15 の時刻 $t_{301} \sim t_{302}$ ）。
- [0096] 次に、時刻 t_{303} において、劣化判定が行われ、図 12 に示したフローチャートが実行される。時刻 t_{303} においては、定格出力運転時の燃料電池セルユニット 16 の温度が、基準温度 T_0 （時刻 t_{300} における温度）よりも 30°C 以上上昇しているので、燃料電池モジュール 2 が劣化したと判定され、図 12 のステップ S6 からステップ S7 に処理が移行する。また、図 15 に示す例では、モード選択装置 110c により減量補正モードが選択されている。減量補正モードが選択されたため、図 12 のステップ S7 から、図 16 に示すサブルーチンが呼び出される。
- [0097] 図 16 のステップ S101 においては、切替フラグ FL_1 の値が判定される。固体電解質型燃料電池 1 の初期状態においては、切替フラグ $FL_1 = 0$ に設定されているので、処理はステップ S102 に移行する。ステップ S102 においては、時刻 t_{303} における燃料電池セルユニット 16 の温度 T_1 が判定される。即ち、要求電力が定格電力である場合における燃料電池セルユニット 16 の温度 T_1 が、所定の補正切替条件である減量補正モードにおける補正切替温度 T_{max1} よりも低い場合にはステップ S103 に進み、補正切替温度 T_{max1} 以上の場合にはステップ S106 に進む。なお、本実施形態においては、減量補正モードにおける補正切替温度 $T_{max1} = 800^{\circ}\text{C}$ に設定されている。
- [0098] ステップ S103 においては、減量補正回数カウンタの値が判定される。

減量補正回数カウンタは、初期使用開始後、燃料供給量の減量補正を実行した回数を計数するカウンタである。減量補正の回数が3未満である場合にはステップS 1 0 4に進み、3以上である場合にはステップS 1 0 6に進む。

[0099] ステップS 1 0 4においては、劣化した燃料電池モジュール2の劣化が進行しないように、燃料供給量が減量補正（図15の時刻t 3 0 3）されると共に、減量補正回数カウンタが1加算される。ここで、減量補正が1回目である場合には、燃料供給量を決定する曲線は図10の曲線F 0から曲線F - 1に、減量補正回数カウンタの値は0から1に変更される。また、燃料供給量の減量補正の後、所定時間経過したときの温度（図15の時刻t 3 0 4～t 3 0 5における温度）は、新たな基準温度T 0として更新記憶される（図12のステップS 8）。この燃料供給量の減量補正により、固体電解質型燃料電池1が実際に出力する定格出力電力は低下し、燃料電池セルユニット16の温度も低下する（図15の時刻t 3 0 3～t 3 0 5）。

[0100] 固体電解質型燃料電池1の使用期間がさらに経過すると、燃料電池モジュール2の更なる劣化が進行し、燃料供給量に対する出力電力が低下すると共に、燃料電池セルユニット16の温度も上昇する（図15の時刻t 3 0 5～t 3 0 6）。次いで、時刻t 3 0 7において、劣化判定が行われる。時刻t 3 0 7においては、定格出力運転時の燃料電池セルユニット16の温度が、更新された基準温度T 0（時刻t 3 0 4～t 3 0 5における温度）よりも30℃以上上昇しているので、劣化したことが判定され、図12に示すフローチャートのステップS 6からステップS 7に処理が移行する。

[0101] ここで、燃料電池モジュール2が劣化したことが最初に判定された時刻t 3 0 3において減量補正モードが選択されているので、図12のステップS 7では、図16のフローチャートが呼び出され、ステップS 1 0 1、S 1 0 2、S 1 0 3、S 1 0 4が順に実行される。ここで、減量補正が2回目である場合には、燃料供給量を決定する曲線は図10の曲線F - 1から曲線F - 2に、減量補正回数カウンタの値は1から2に変更され、燃料供給量が更に減量補正される（図15の時刻t 3 0 7）。この燃料供給量の減量補正によ

り、固体電解質型燃料電池 1 の出力電力は低下し、燃料電池セルユニット 16 の温度も低下する（図 15 の時刻 $t_{307} \sim t_{308}$ ）。

[0102] 更に燃料電池モジュール 2 の劣化が進行すると、固体電解質型燃料電池 1 の出力電力は低下し、燃料電池セルユニット 16 の温度は上昇する（図 15 の時刻 $t_{309} \sim t_{310}$ ）。次いで、時刻 t_{311} において、劣化判定が行われる。

時刻 t_{311} においては、定格出力運転時の燃料電池セルユニット 16 の温度が、更新された基準温度 T_0 （時刻 $t_{308} \sim t_{309}$ における温度）よりも 30°C 以上上昇しているので、図 12 に示すフローチャートのステップ S6 からステップ S7 に処理が移行する。上記のように減量補正モードが選択されているので、ステップ S7 では、図 16 のフローチャートが呼び出され、ステップ S101、S102 が順に実行される。ステップ S102 において、時刻 t_{311} における燃料電池セルユニット 16 の温度 T_1 は、減量補正モードにおける補正切替温度 $T_{\max 1}$ を超えているので、処理はステップ S106 に移行する。

[0103] ステップ S106 においては、切替フラグ FL_1 の値が 0 から 1 に変更される。切替フラグ FL_1 は、減量補正モードにおいて、燃料補正回路 110b が、燃料供給量が減少されるように定格出力電力を低下させる補正を実行している状態であるか否かを示すフラグである。切替フラグ FL_1 の値が 0 である間は燃料供給量の減量補正が行われ、切替フラグ FL_1 の値が 1 に切り替えられると、以後燃料補正回路 110b は、燃料供給量を増加させ、低下されている定格出力電力を維持する方向に補正を実行するようになる（図 16 のステップ S107）。このように、減量補正モードが選択された場合には、燃料補正回路 110b は、初めに燃料供給量を減少させる補正を実行し、燃料電池モジュール 2 の劣化が或る程度進行して補正切替条件が満たされると、即ち、補正切替温度 $T_{\max 1}$ を超えると、燃料供給量を増加させ、定格出力電力がそれ以上低下されないように補正を実行する。

[0104] なお、図 15 に示すタイムチャートにおいては、定格出力運転時の燃料電

池セルユニット 16 の温度が、補正切替温度 T_{max1} を超えることにより、切替フラグ $FL1$ の値が 0 から 1 に変更されているが、燃料供給量の減量補正が過去 3 回行われている場合（図 16 のステップ S 103）にも切替フラグ $FL1$ の値は 0 から 1 に変更され、以後、燃料供給量を増加させる補正が実行されるようになる。

[0105] 次に、ステップ S 107 においては、低下されている定格出力電力（図 15 の時刻 $t308 \sim t309$ における出力電力）を維持すべく、燃料供給量を増加させる補正が実行される。具体的には、燃料補正回路 110b は、予め設定されている固定値だけ燃料供給量を増加させる（図 15 の時刻 $t311$ ）。この燃料供給量の増量補正により、出力電力が回復すると共に、燃料電池セルユニット 16 の温度は上昇する（図 15 の時刻 $t311 \sim t312$ ）。

[0106] さらに、ステップ S 108 においては、燃料供給量を増量補正した後の出力電力の値（図 15 の時刻 $t312 \sim t313$ の電力）が判定される。増量補正後の出力電力が、所定の下限電力 W_{min} よりも大きい場合にはステップ S 109 に進み、図 16 のフローチャートの一回の処理を終了する。出力電力が、所定の下限電力 W_{min} 以下である場合には、ステップ S 110 に進む。

[0107] 使用期間がさらに経過すると、燃料電池モジュール 2 の更なる劣化が進行し、燃料供給量に対する出力電力が低下すると共に、燃料電池セルユニット 16 の温度も上昇する（図 15 の時刻 $t313 \sim t314$ ）。

次いで、時刻 $t314$ において劣化判定が行われ、燃料電池モジュール 2 が更に劣化していると判定された場合には、図 16 のフローチャートにおいて、ステップ S 101、S 107 が順に実行される。ステップ S 107 においては、燃料補正回路 110b は、予め設定されている固定値だけ燃料供給量を更に増加させる（図 15 の時刻 $t314$ ）。この燃料供給量の増量補正により、出力電力が回復すると共に、燃料電池セルユニット 16 の温度は上昇する（図 15 の時刻 $t314 \sim t315$ ）。回復された出力電力（図 15

の時刻 $t_{315} \sim t_{316}$ における出力電力) は、下限電力 W_{min} よりも大きいのでステップ S_{109} に進み、図 16 のフローチャートの一回の処理を終了する。

[0108] 使用期間がさらに経過すると、燃料電池モジュール 2 の更なる劣化が進行し、燃料供給量に対する出力電力が低下すると共に、燃料電池セルユニット 16 の温度も上昇する (図 15 の時刻 $t_{316} \sim t_{317}$) 。

次いで、時刻 t_{317} において劣化判定が行われ、燃料電池モジュール 2 が更に劣化していると判定された場合には、図 16 のフローチャートにおいて、ステップ S_{101} 、 S_{107} が順に実行される。ステップ S_{107} においては、燃料補正回路 110b は、燃料供給量を更に増加させる (図 15 の時刻 t_{317})。しかしながら、燃料電池モジュール 2 の劣化が進行しているため、出力電力は回復することなく、燃料電池セルユニット 16 の温度のみが上昇する (図 15 の時刻 $t_{317} \sim t_{318}$) 。

[0109] 次いで、ステップ S_{108} において、増量補正後の出力電力 (図 15 の時刻 t_{318} における出力電力) が下限電力 W_{min} と比較される。時刻 t_{318} における出力電力は下限電力 W_{min} 以下であるので、ステップ S_{110} に進む。ステップ S_{110} において、制御部 110 は、警報装置 116 に信号を送って、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と共に、燃料電池モジュール 2 の運転を停止する。

[0110] 次に、図 17 及び 18 を参照して、増量補正モードが選択された場合における本実施形態の固体電解質型燃料電池 1 の作用を説明する。なお、図 18 に示すフローチャートは図 16 に示したフローチャートとほぼ同じであり、図 18 のステップ S_{202} において燃料電池セルユニット 16 の温度 T_1 が増量補正モードにおける補正切替温度 T_{max2} と比較される点、ステップ S_{204} において燃料供給量が増量補正される点、及びステップ S_{208} において燃料供給量が減量補正される点が、図 16 とは異なっている。なお、本実施形態においては、増量補正モードにおける補正切替温度 T_{max2} は 900°C に設定されている。

- [0111] 図17の時刻 t_{400} において、固体電解質型燃料電池1の初期使用が開始される。時刻 t_{401} において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、モード選択装置110cにより増量補正モードが選択される。これにより、図12のステップS7から図18のフローチャートが呼び出される。図18のフローチャートでは、ステップS201、S202、S203、S204が順に実行され、燃料補正回路110bにより燃料供給量の増量補正が実行される（図18のステップS204）。これにより、燃料供給量を決定する曲線は図10の曲線F0から曲線F1に、増量補正回数カウンタの値は0から1に変更される。
- [0112] さらに劣化が進行した図17の時刻 t_{402} において、劣化判定回路110aは、燃料電池モジュール2の2回目の劣化を判定し、燃料補正回路110bにより燃料供給量の2回目の増量補正が実行される。これにより、燃料供給量を決定する曲線は図10の曲線F1から曲線F2に変更される。また、時刻 t_{403} において、燃料電池モジュール2の3回目の劣化が判定され、燃料供給量の3回目の増量補正が実行される。これにより、燃料供給量を決定する曲線は図10の曲線F2から曲線F3に変更される。
- [0113] 次に、図17の時刻 t_{404} において、燃料電池モジュール2の4回目の劣化が判定され、図12のステップS7から図18のフローチャートが呼び出される。時刻 t_{404} においては過去3回増量補正が実行されているので、図18のフローチャートでは、ステップS201、S202、S203、S206が順に実行され、切替フラグFL2の値が0から1に変更される。次に、ステップS207において、燃料補正回路110bにより燃料供給量の減量補正が実行される（図17の時刻 t_{404} ）。切替フラグFL2の値が1に変更されたため、以後、劣化判定回路110aにより燃料電池モジュール2が劣化したことが判定されると、燃料供給量の減量補正が実行される。この劣化判定及び燃料供給量の減量補正は、減量補正モードの場合と同様に、補正後の出力電力が所定の下限電力 W_{min} を下回るまで繰り返される。

- [0114] 本発明の実施形態の固体電解質型燃料電池 1 によれば、モード選択装置 110c が増量補正モード（図 13 の時刻 t103）又は減量補正モード（図 14 の時刻 t205）を選択するので、燃料電池の使用状況に応じて適切な補正モードを選択することができ、これにより、実用的な出力電力を維持しながら、製品寿命を延長することができる。
- [0115] また、本実施形態の固体電解質型燃料電池 1 によれば、モード選択装置 110c が運転状態記録装置 110d に記録された過去の運転状態に基づいて補正モードを選択するので、自動的に適切な補正モードを選択することができる。
- [0116] さらに、本実施形態の固体電解質型燃料電池 1 によれば、燃料電池モジュール 2 の過去の運転状態として定格出力電力を出力している時間が長い場合には、増量補正モードが選択され（図 13）、燃料電池モジュール 2 が劣化した後も定格出力電圧が維持されるので、系統電力の使用料を節約することができる。一方、定格出力電力を出力している時間が短い場合には、減量補正モードが選択され（図 14）、定格出力電圧が低下されるので、劣化により効率が低下した燃料電池モジュール 2 の燃料消費量を抑制して、省エネルギーを実現することができる。
- [0117] 以上、本発明の好ましい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。上述した実施形態においては、モード選択装置 110c は、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時点までの全ての運転履歴に基づいて、増量補正モード又は減量補正モードを選択していたが、変形例として直近の運転履歴に基づいて補正モードを選択するように本発明を構成することもできる。
- [0118] 図 19 に示すタイムチャートの例では、時刻 t500 において初期使用が開始され、10 年経過後の時刻 t501 頃までは固体電解質型燃料電池 1 の定格電力以上の電力が消費され、その後、使用者の家族構成等の変化により、消費電力が少なくなっている。ここで、時刻 t501 から 1 年経過後の時刻 t505 において、劣化判定回路 110a が燃料電池モジュール 2 が劣化

したことを判定すると、上述した実施形態においては、消費電力が定格電力以上である期間が、消費電力が少ない期間よりも短いので、モード選択装置 110c により増量補正モードが選択される。本変形例においては、図 19 の時刻 t501 から t505 までの直近の 1 年間の運転状態に基づいて補正モードが選択されるので、モード選択装置 110c により減量補正モードが選択される。これにより、図 19 の時刻 t505 において減量補正が実行され、定格電力が低下される。

[0119] 本変形例によれば、直近の所定期間の運転状態に基づいて補正モードが選択されるので、初期使用開始以後、使用者による電力消費の傾向が変化した場合においても、劣化判定以後の適切な補正モードを選択することができる。

[0120] また、上述した実施形態においては、補正モードは、制御部に内蔵されたモード選択装置 110c により自動的に選択されていたが、変形例として、増量補正モード又は減量補正モードを選択するためのモード選択用の操作装置 112 を設けておき、この操作装置 112 を操作することにより補正モードを選択することができるように、本発明を構成することもできる。

[0121] この場合において、モード選択用の操作装置 112 は、固体電解質型燃料電池の工場出荷時において任意に設定できるように構成することができる。このように構成された変形例においては、固体電解質型燃料電池の設置場所に応じて、予め適切な補正モードを選択しておくことができる。

[0122] 或いは、モード選択用の操作装置 112 は、最初に燃料電池モジュールが劣化したことが判定されたとき、使用者により操作可能に構成することもできる。このように構成された変形例においては、使用者が予想する今後の電気の使用状況に応じて、適切な補正モードを選択することができる。

[0123] また、上述した実施形態においては、燃料電池モジュールが劣化したことが初めて判定されたとき、モード選択装置により補正モードの選択が 1 回だけ行なわれているが、変形例として、補正モードの選択を複数回行うように本発明を構成することもできる。例えば、燃料電池モジュールが劣化したこ

とが所定回数判定される毎に補正モードの選択が行われるように本発明を構成することができる。

[0124] このように構成された変形例によれば、補正モードが一旦選択された後、使用者による電力の需要傾向が変化した場合に、適切な補正モードを選択し直すことができる。

符号の説明

- [0125]
- 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）
 - 40 空気供給源
 - 44 改質用空気流量調整ユニット
 - 45 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）
 - 46 第1ヒータ
 - 48 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 劣化判定回路（劣化判定手段）
 - 1 1 0 b 燃料補正回路（燃料補正手段）
 - 1 1 0 c モード選択装置（モード選択手段）
 - 1 1 0 d 運転状態記録装置（運転状態記録手段）
- 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]

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、

上記燃料供給装置から供給する燃料供給量を制御するコントローラと、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を判定する劣化判定回路、及び、この劣化判定回路による劣化判定に基づいて運転条件を補正する燃料補正回路を備え、

上記燃料補正回路は、上記燃料電池モジュールが劣化したことが判定されたとき、上記燃料電池モジュールの最大出力電力である定格出力電力が維持されるように上記燃料電池モジュールに供給する燃料供給量を増加させる増量補正モード、及び、燃料供給量が減少されるように定格出力電圧を低下させる減量補正モードを実行可能であり、

さらに、上記増量補正モード又は上記減量補正モードを選択するためのモード選択装置を有することを特徴とする固体電解質型燃料電池。

[請求項2]

上記モード選択装置は、操作により上記増量補正モード又は上記減量補正モードを選択することができるモード選択用の操作装置である請求項1記載の固体電解質型燃料電池。

[請求項3]

さらに、上記燃料電池モジュールの過去の運転状態を記録する運転状態記録装置を有し、上記モード選択装置は、上記運転状態記録装置により記録された過去の燃料電池モジュールの運転状態に基づいて、自動的に上記増量補正モード又は上記減量補正モードを選択する請求項1記載の固体電解質型燃料電池。

[請求項4]

上記運転状態記録装置は、上記燃料電池モジュールの過去の運転状

態として、上記燃料電池モジュールの出力電力に関連する過去の履歴を記録しており、過去の所定期間内において、上記燃料電池モジュールが定格出力電力を出力している時間が、定格出力電力未満の電力を出力している時間よりも長い場合には、上記モード選択装置は増量補正モードを選択し、過去の所定期間内において、上記燃料電池モジュールが定格出力電力を出力している時間が、定格出力電力未満の電力を出力している時間よりも短い場合には、上記モード選択装置は減量補正モードを選択する請求項3記載の固体電解質型燃料電池。

[請求項5]

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、

上記燃料供給手段から供給する燃料供給量を制御する制御手段と、を有し、

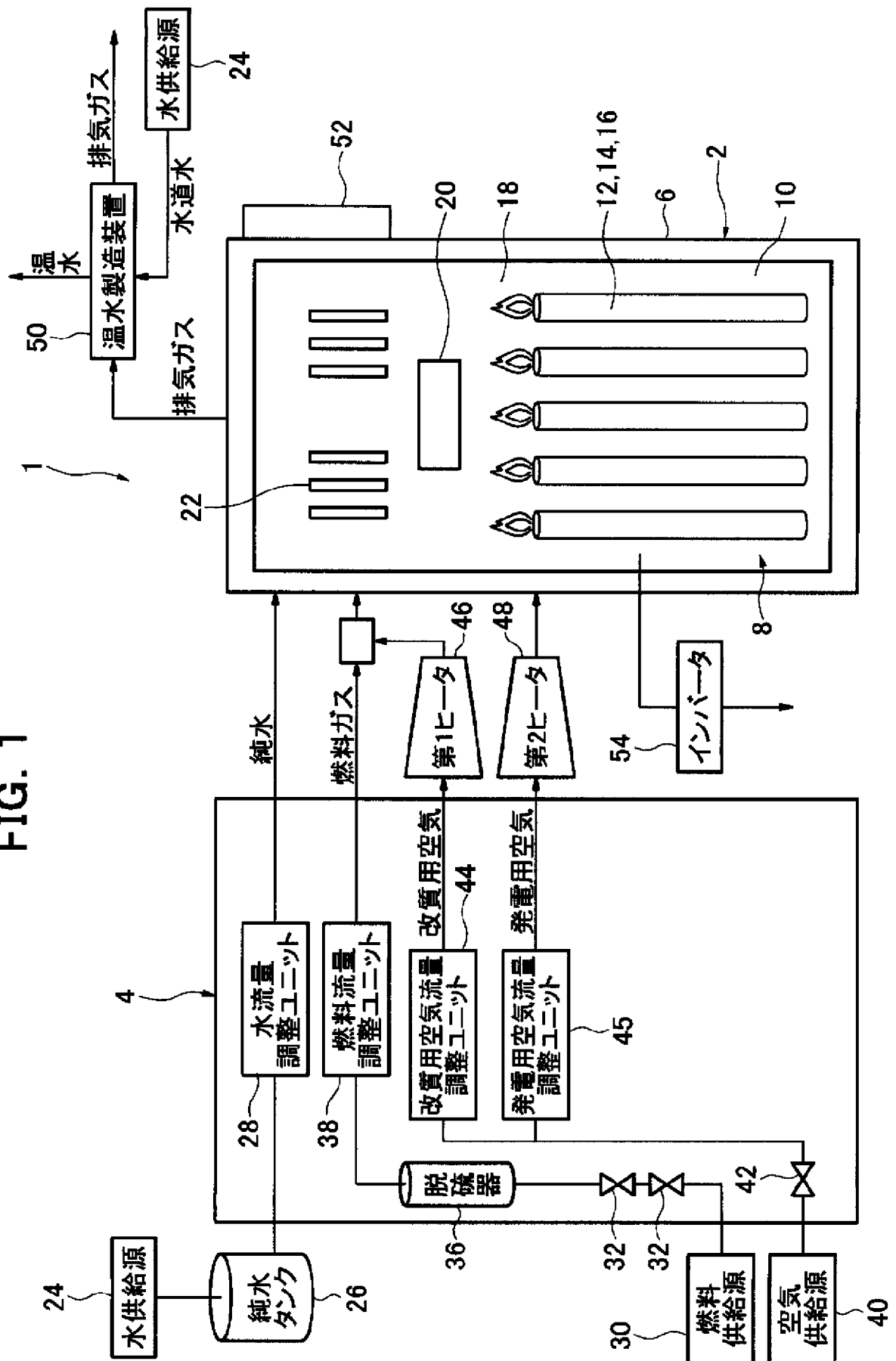
上記制御手段は、上記燃料電池モジュールの劣化を判定する劣化判定手段、及び、この劣化判定手段による劣化判定に基づいて運転条件を補正する燃料補正手段を備え、

上記燃料補正手段は、上記燃料電池モジュールが劣化したことが最初に判定されたとき、上記燃料電池モジュールの最大出力電力である定格出力電力が維持されるように上記燃料電池モジュールに供給する燃料供給量を増加させる増量補正モード、及び、燃料供給量が減少されるように定格出力電圧を低下させる減量補正モードを実行可能であり、

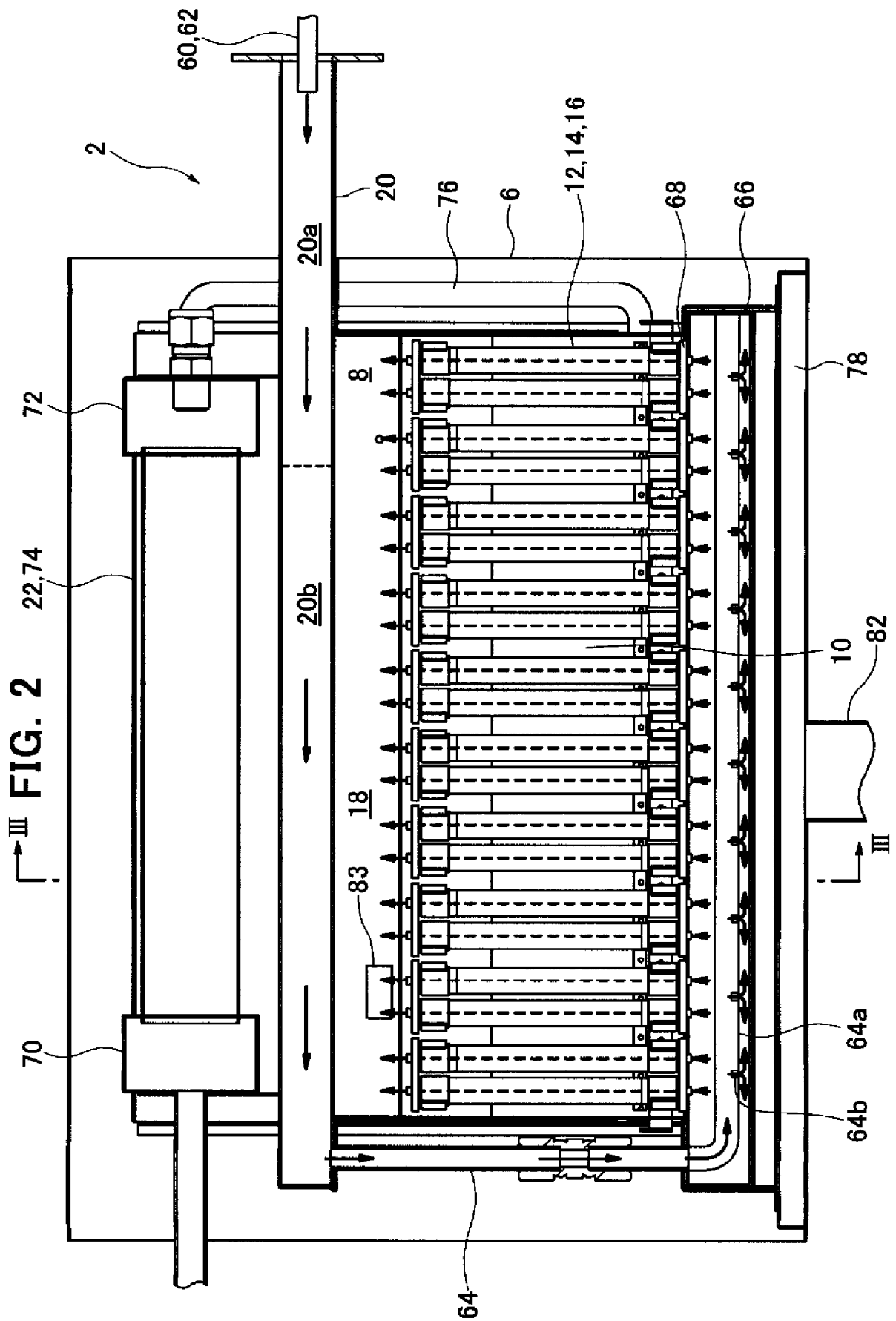
さらに、上記増量補正モード又は上記減量補正モードを選択するためのモード選択手段を有することを特徴とする固体電解質型燃料電池。

[図1]

FIG. 1

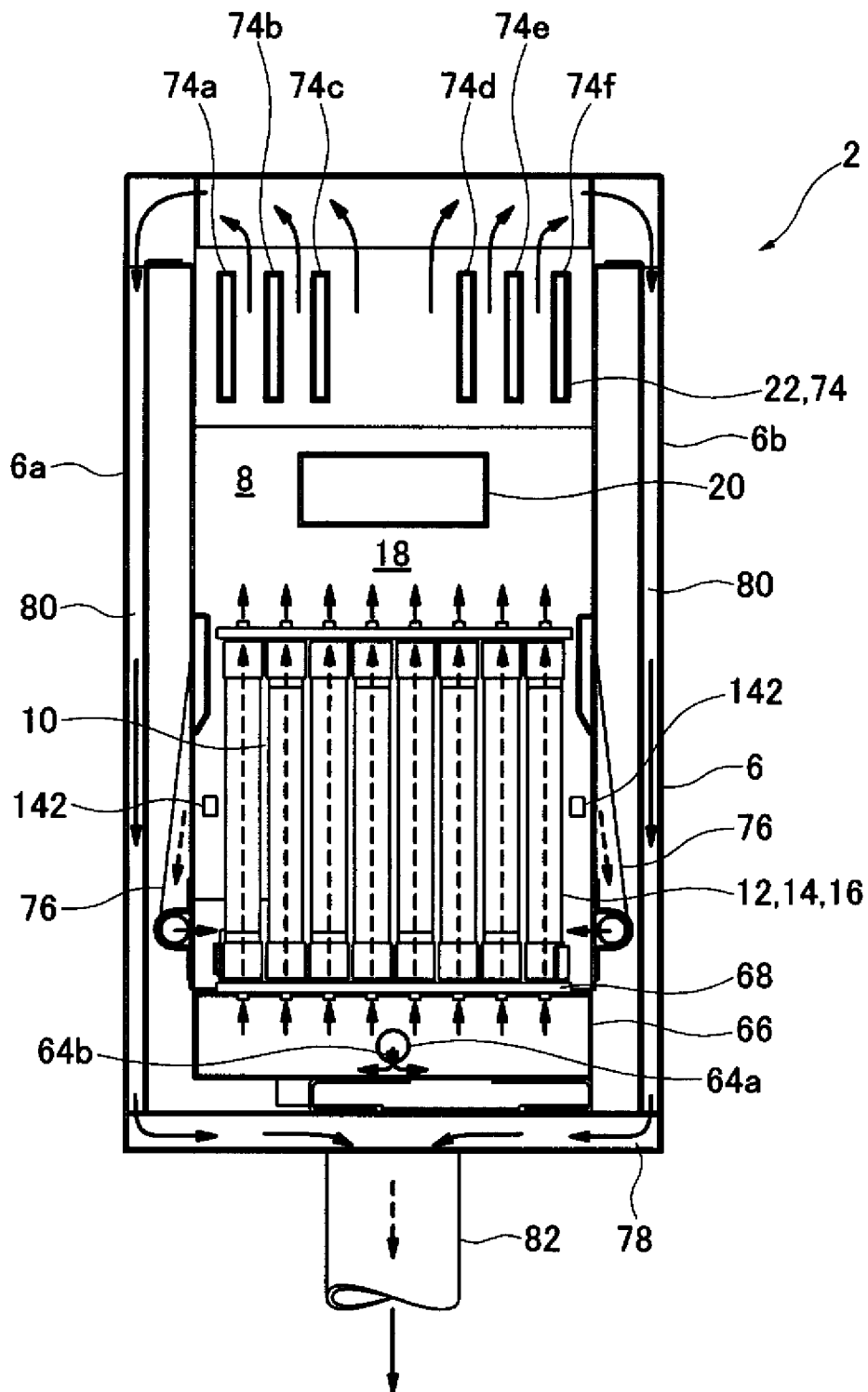


[図2]



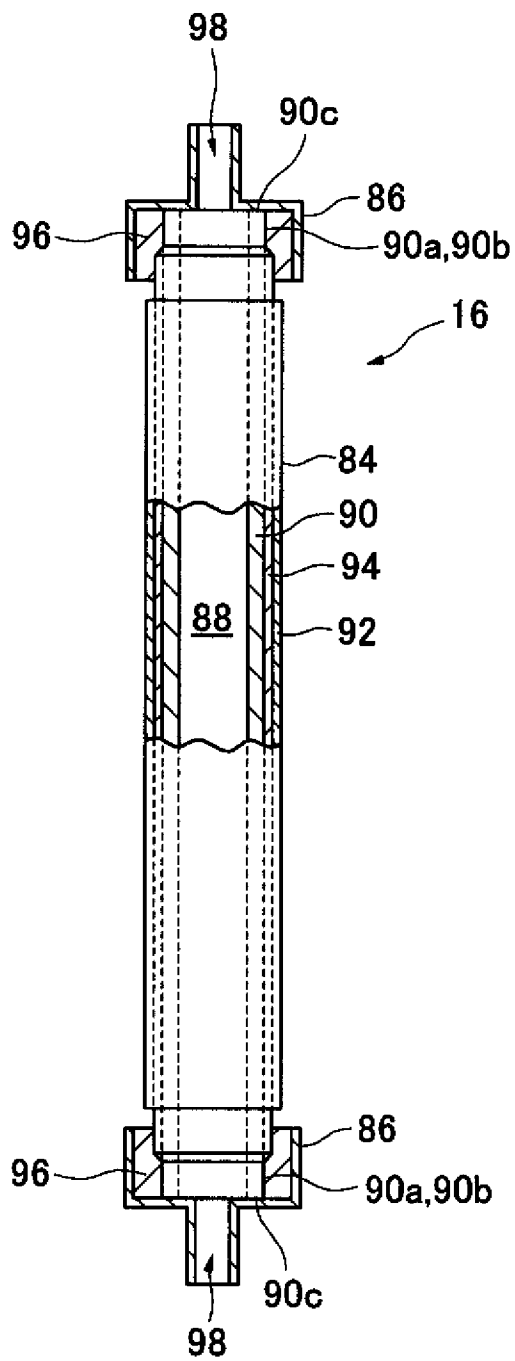
[図3]

FIG.3

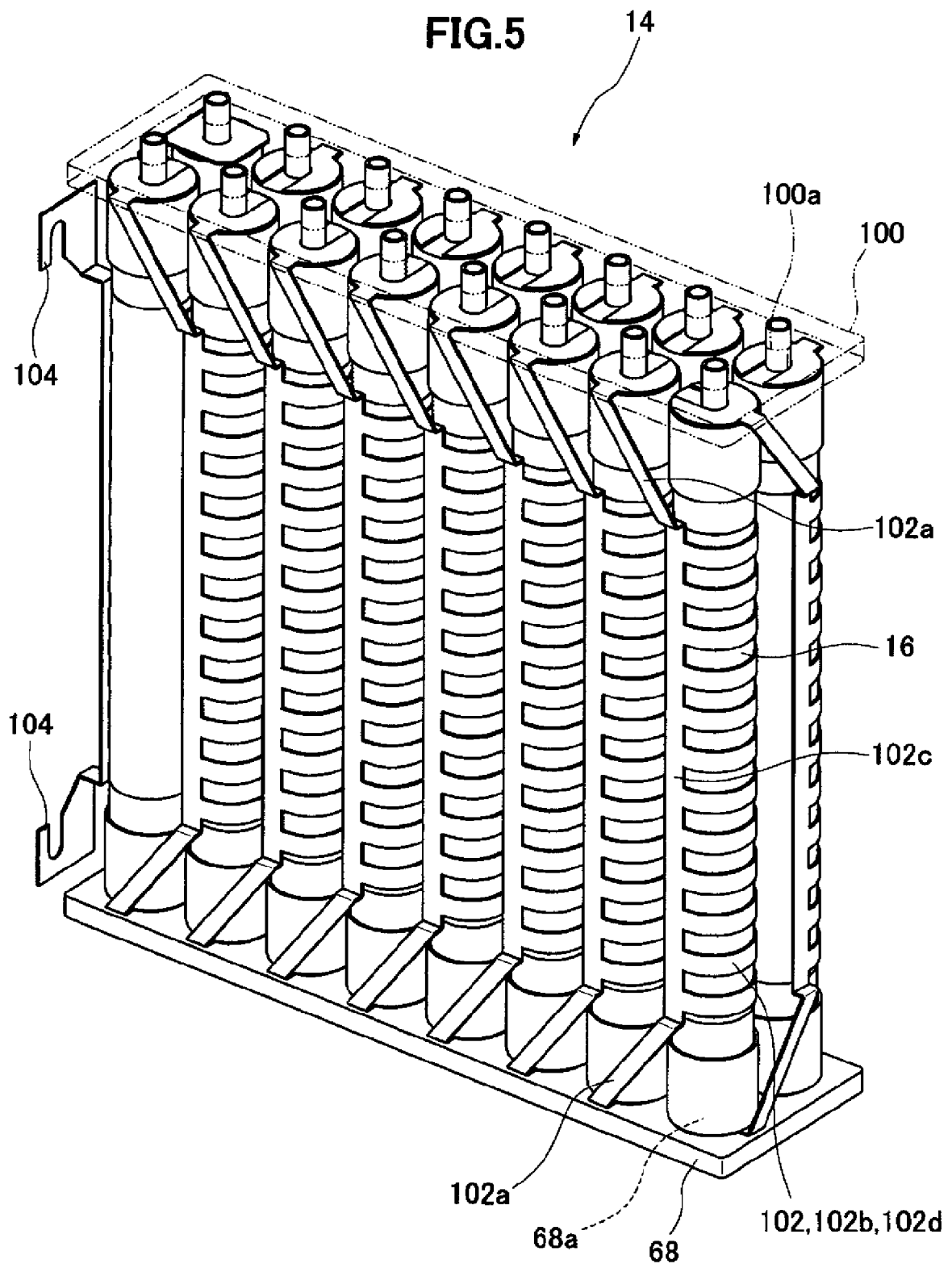


[図4]

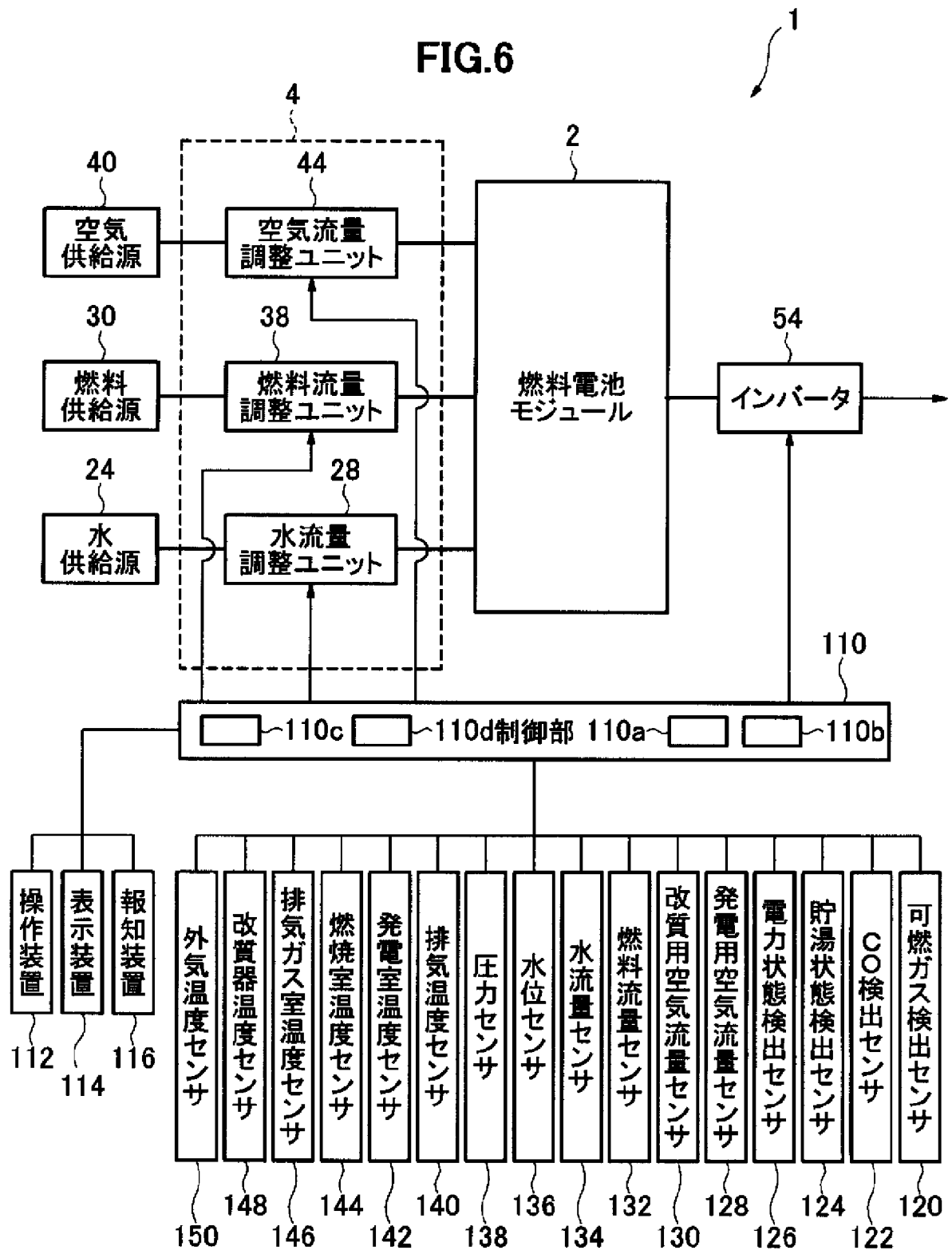
FIG.4



[図5]

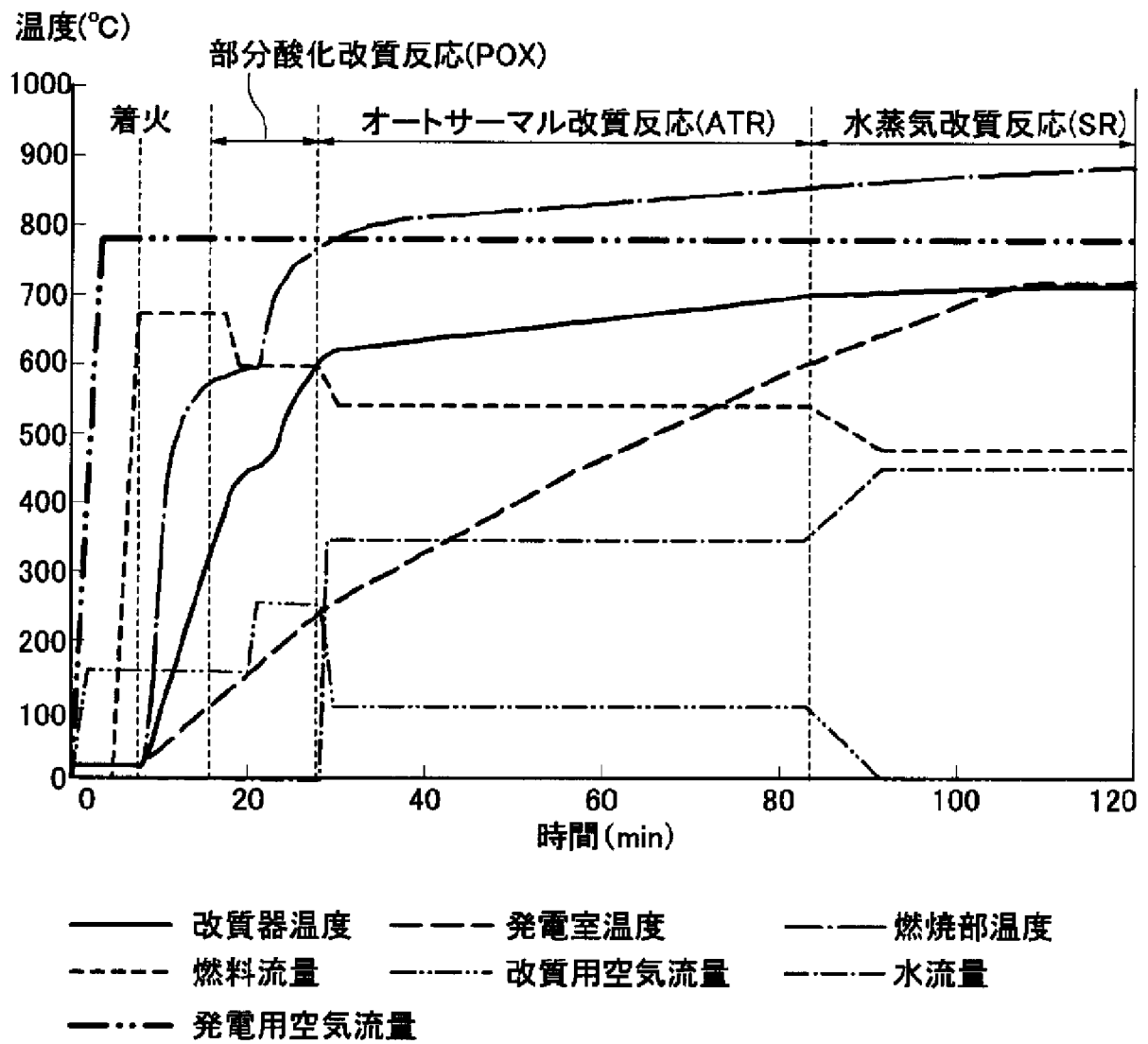


[図6]



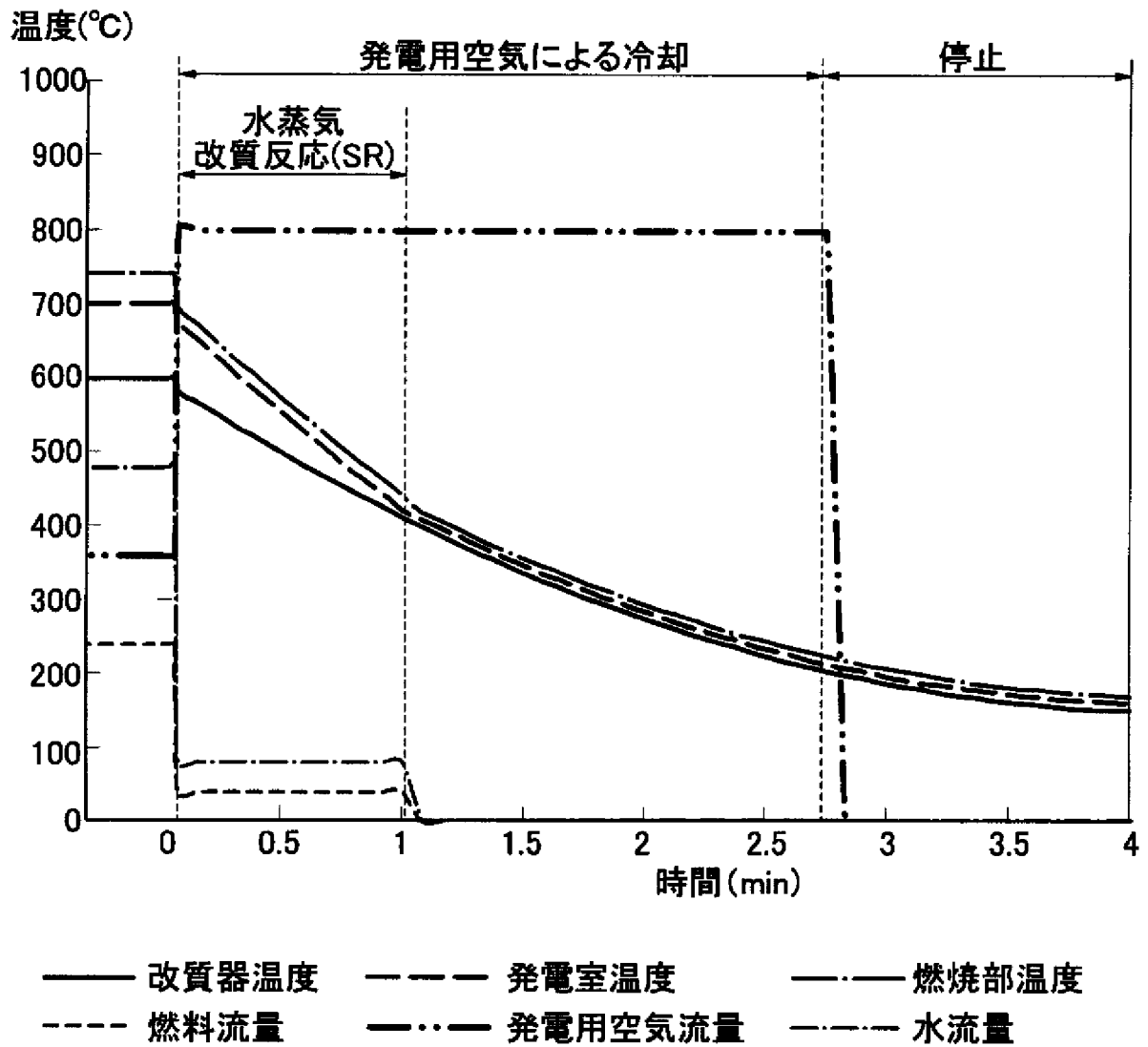
[図7]

FIG.7



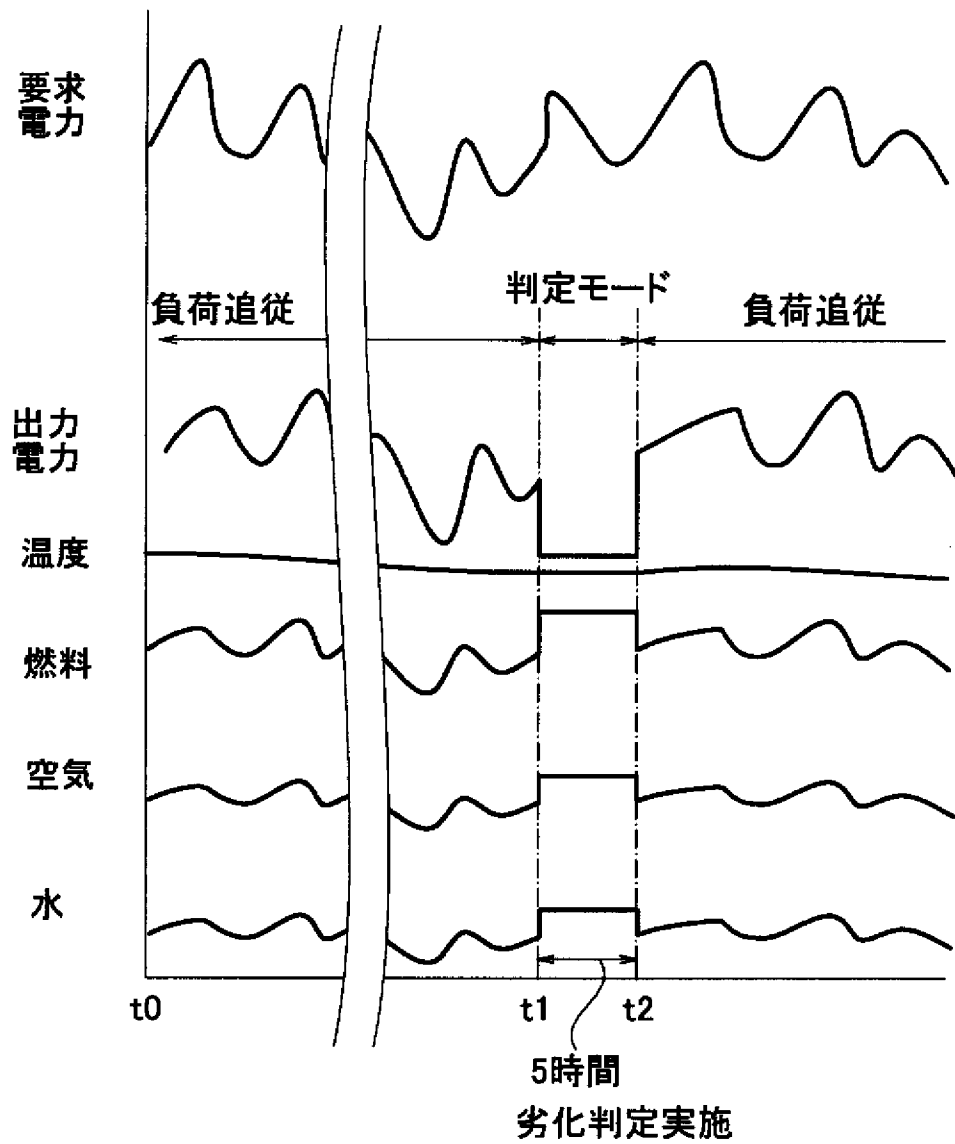
[図8]

FIG.8

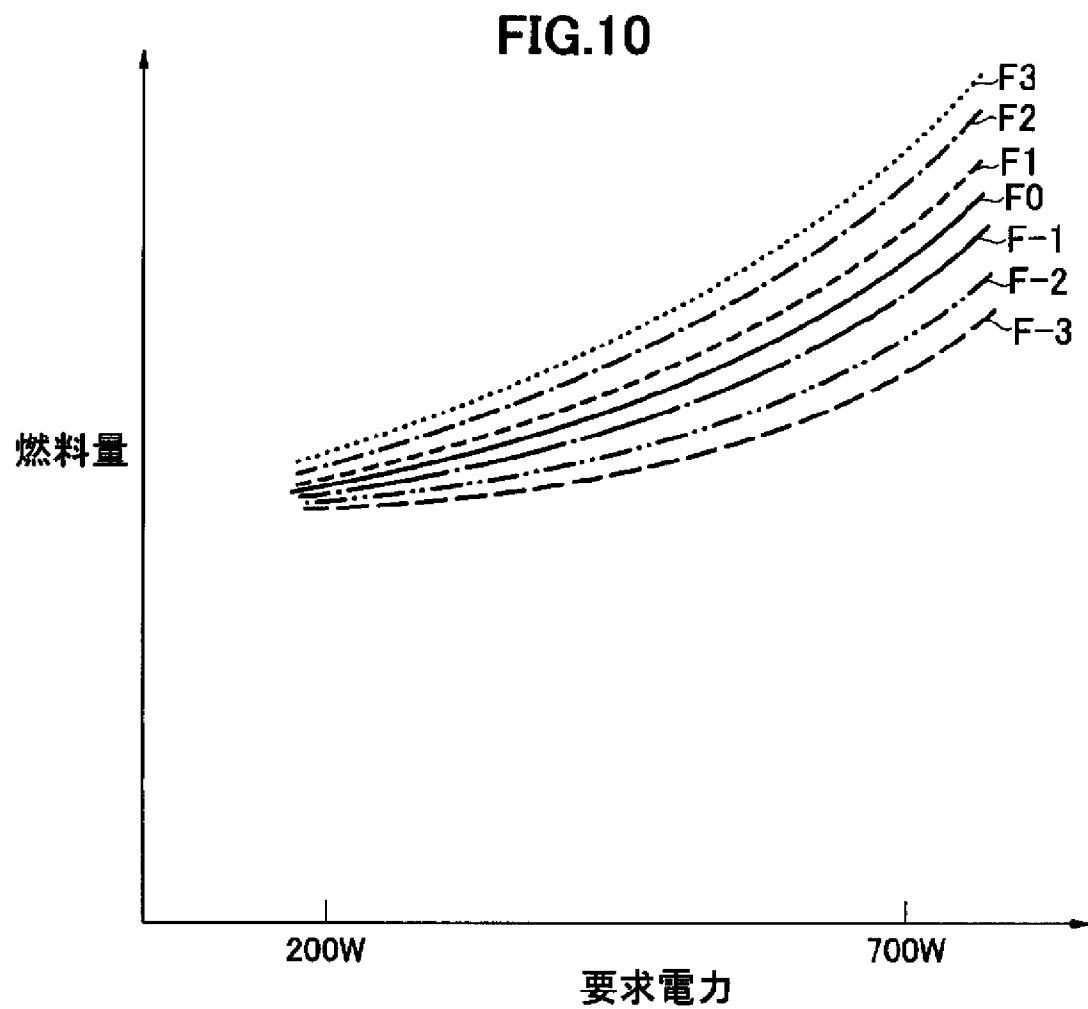


[図9]

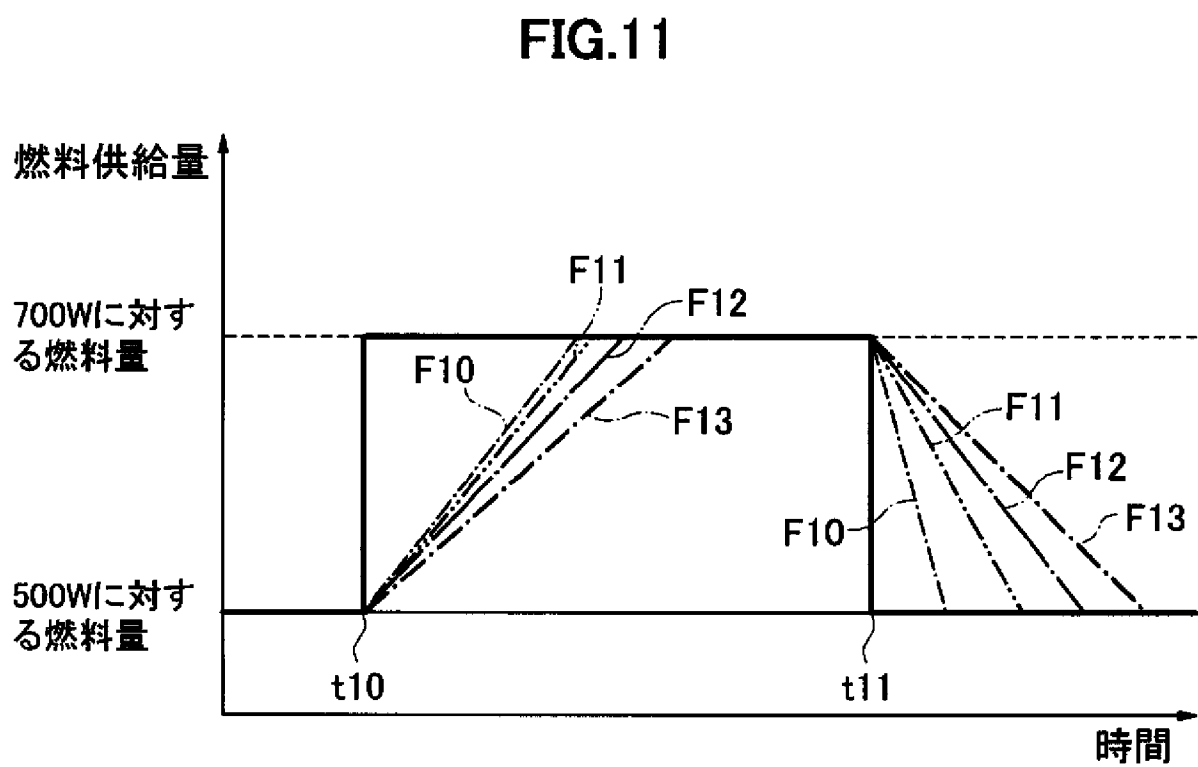
FIG.9



[図10]

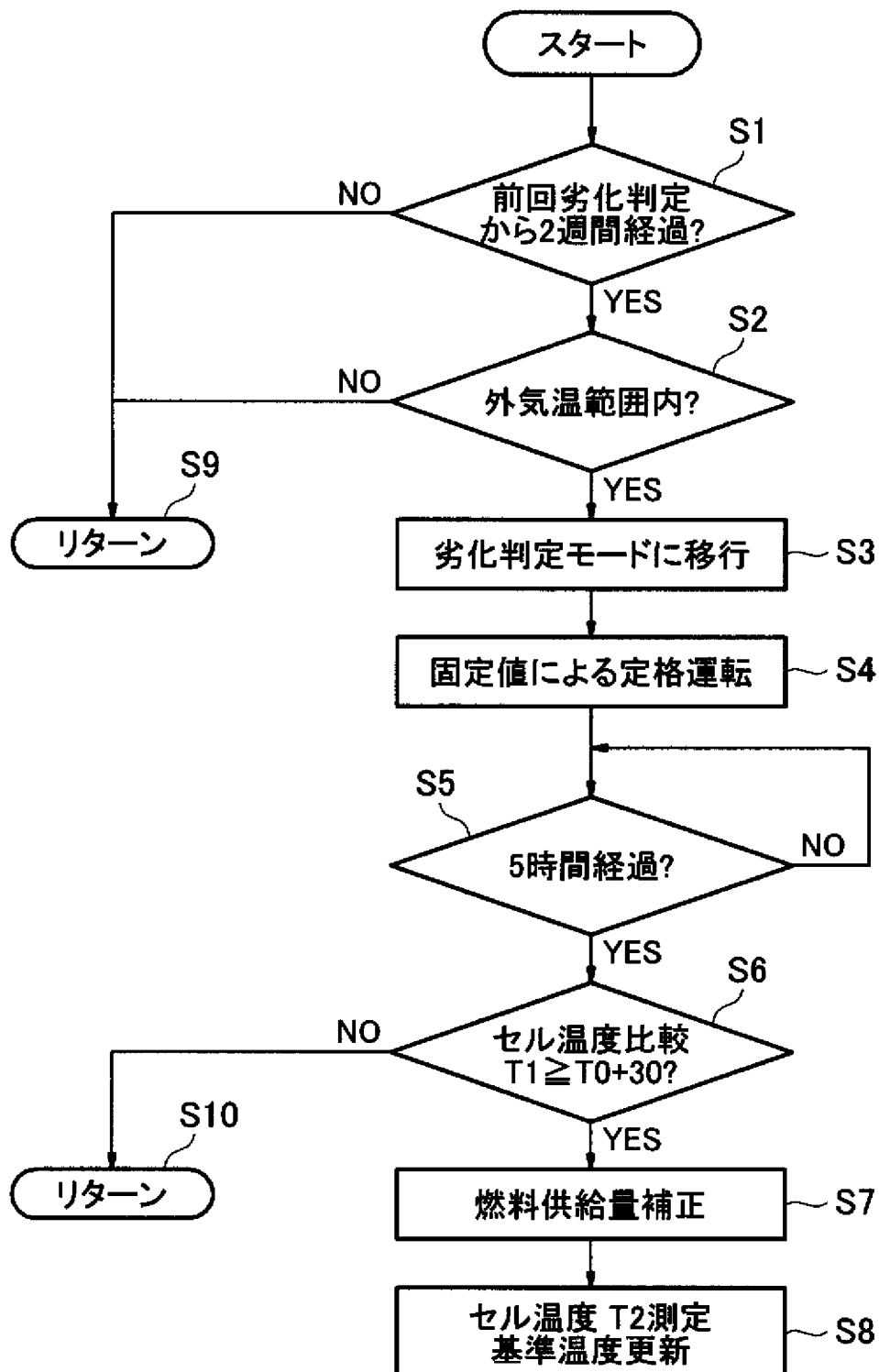


[図11]



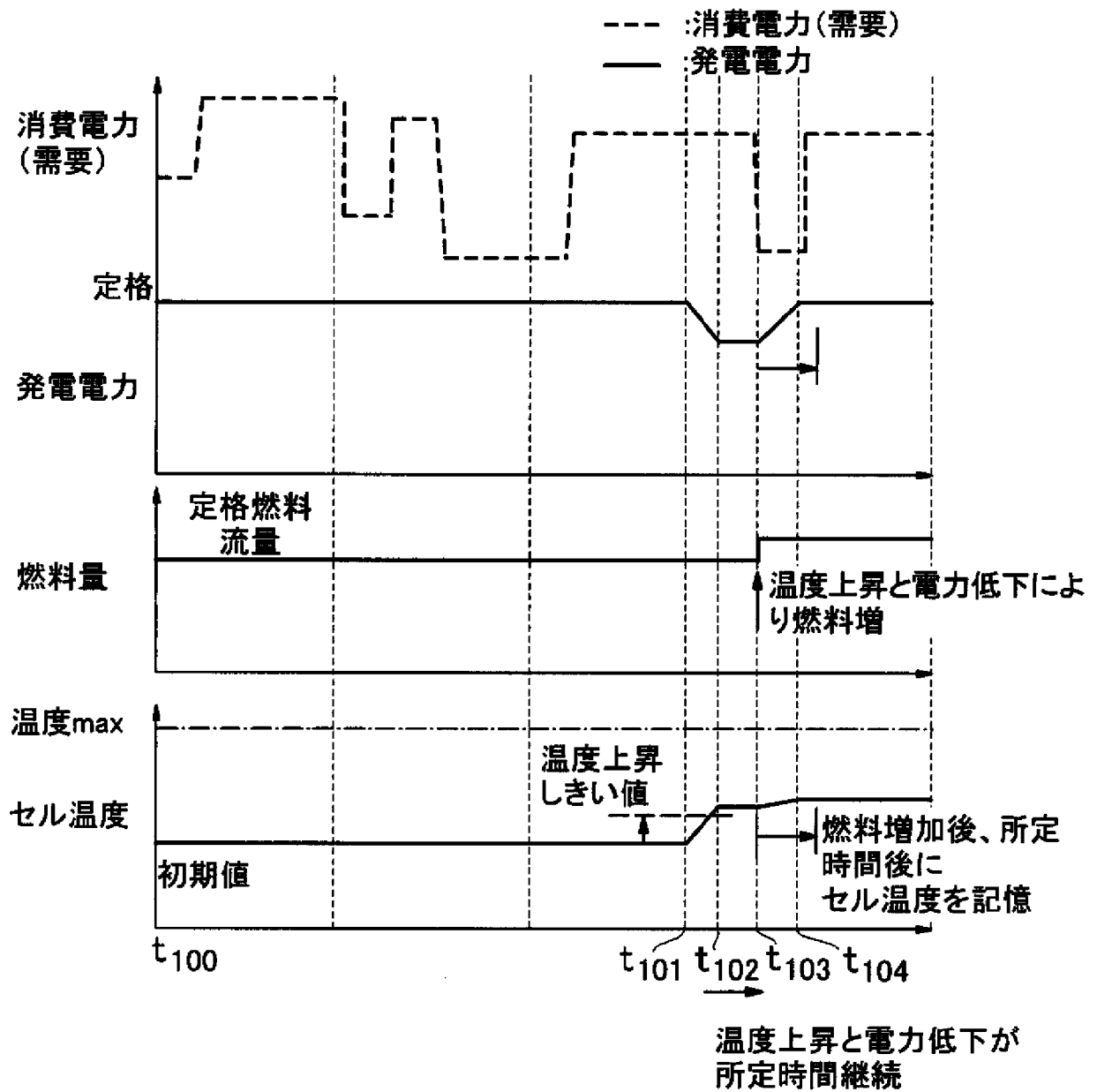
[図12]

FIG.12



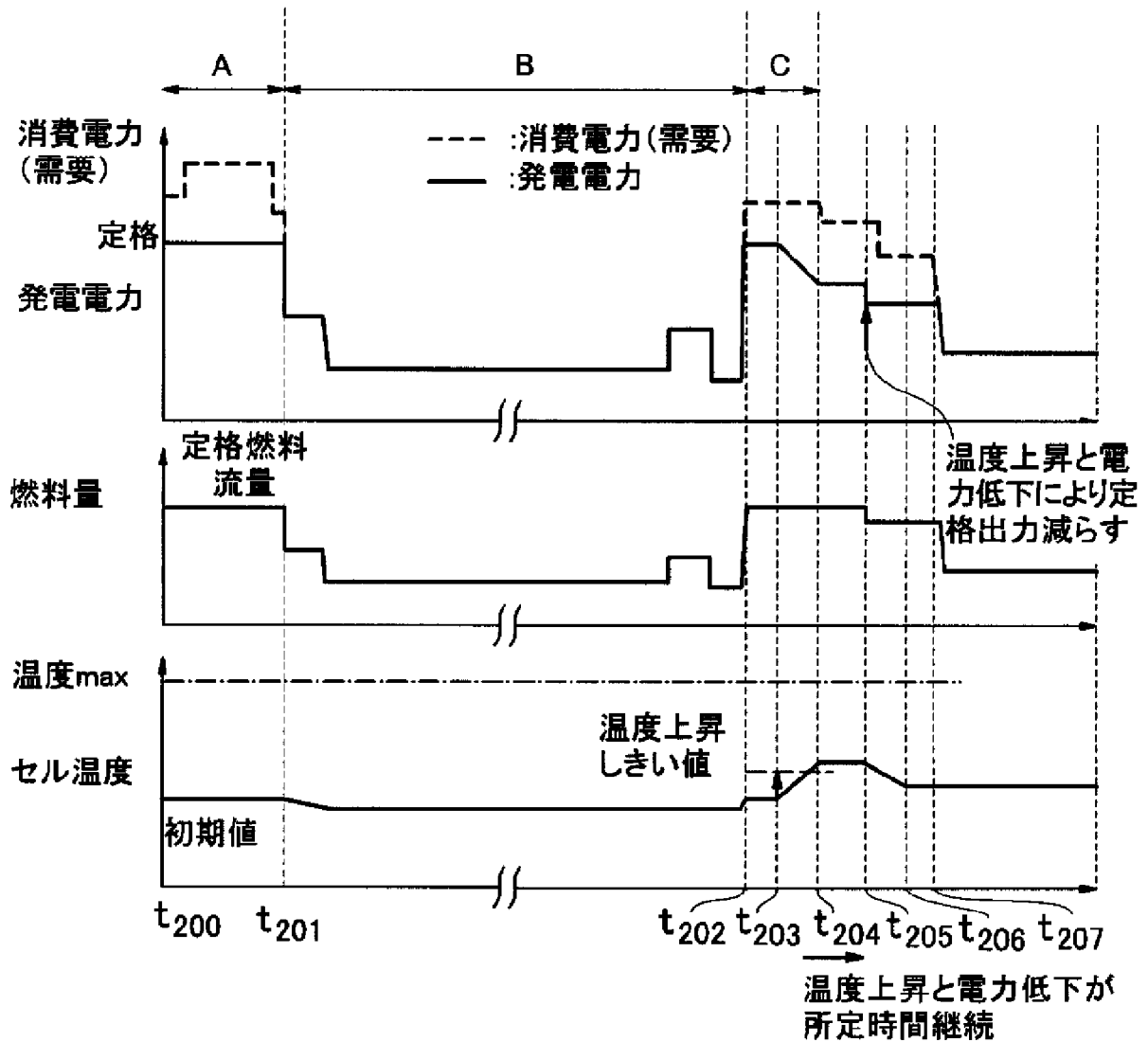
[図13]

FIG.13

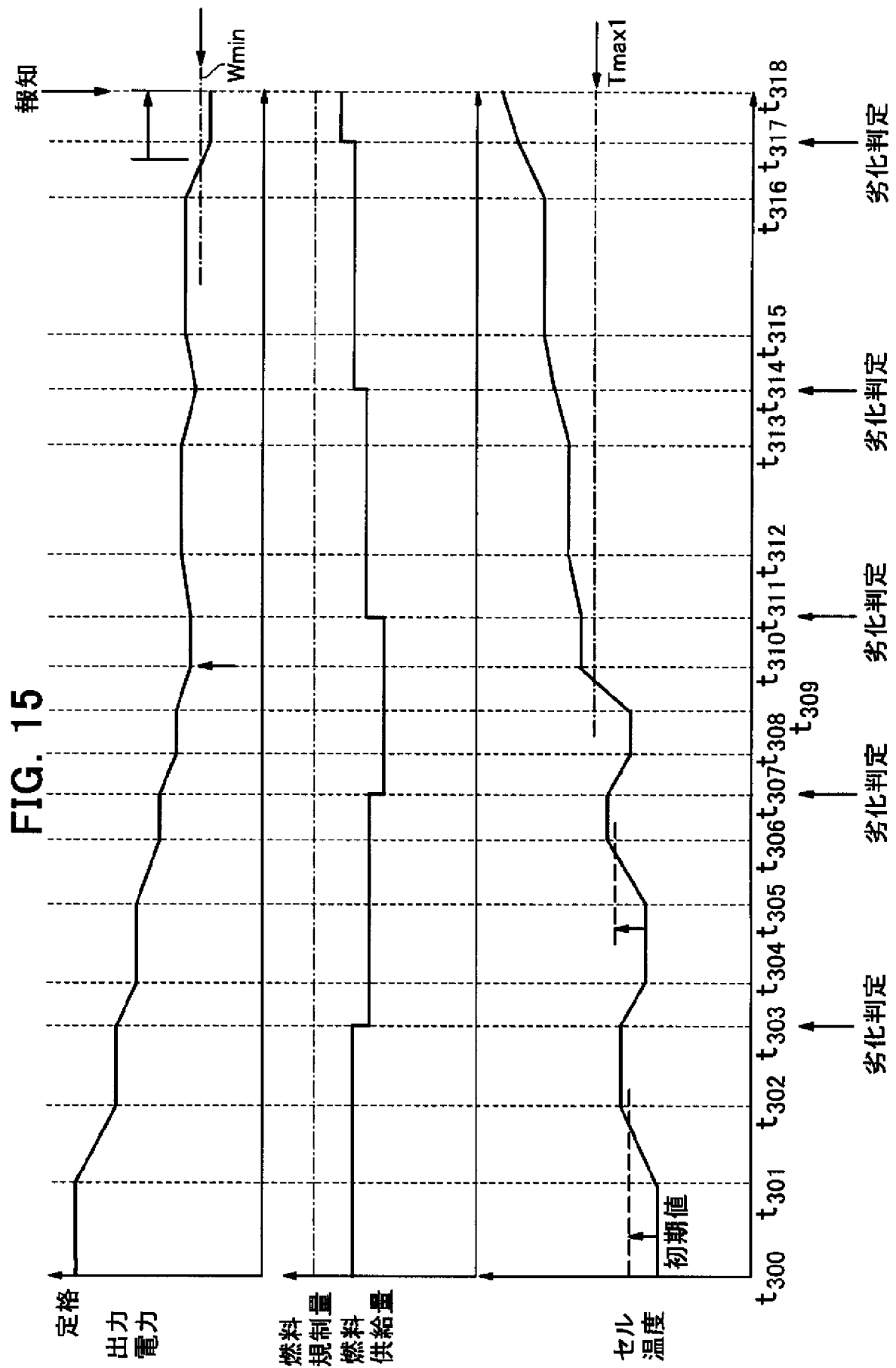


[図14]

FIG.14

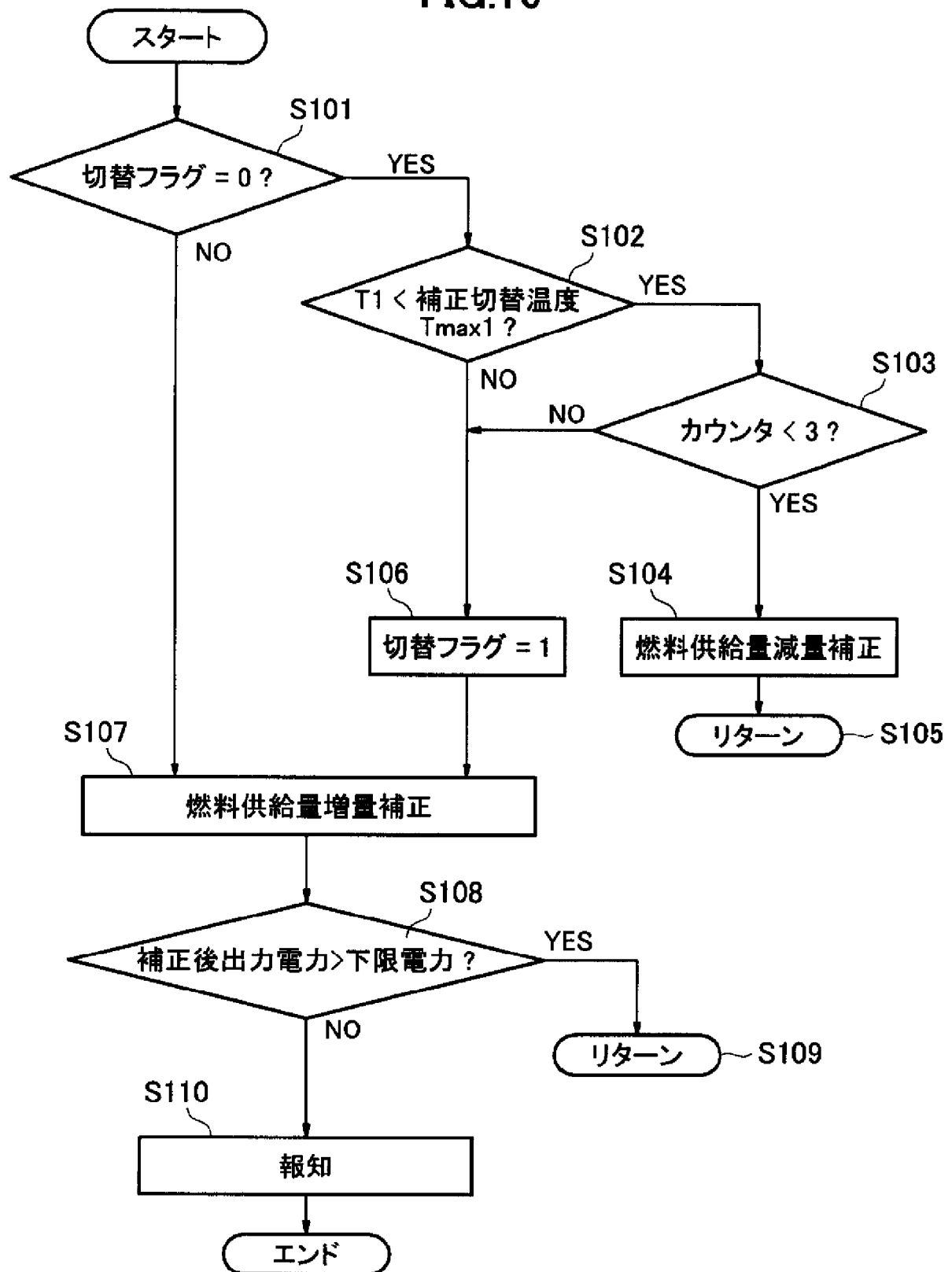


[図15]

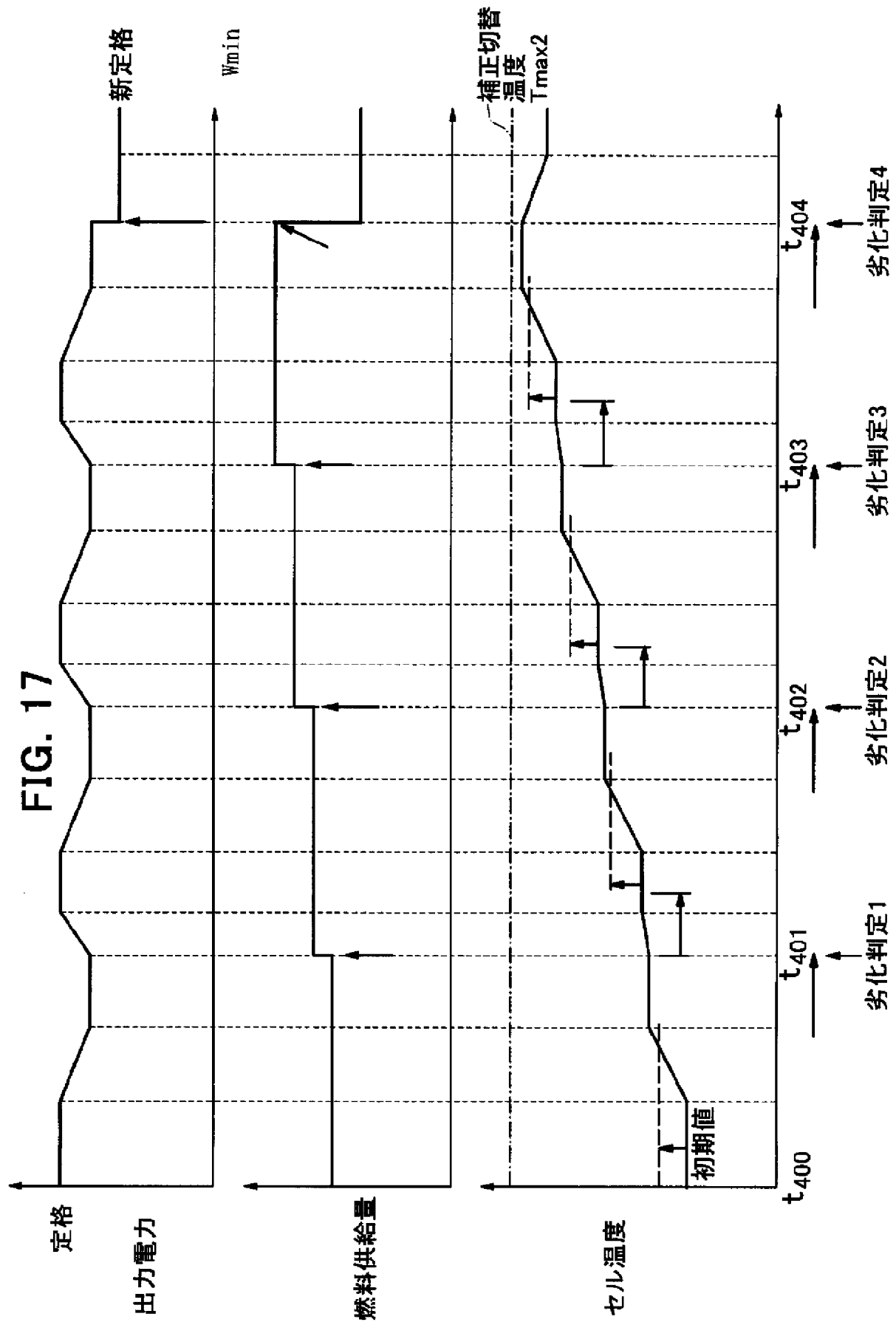


[図16]

FIG.16

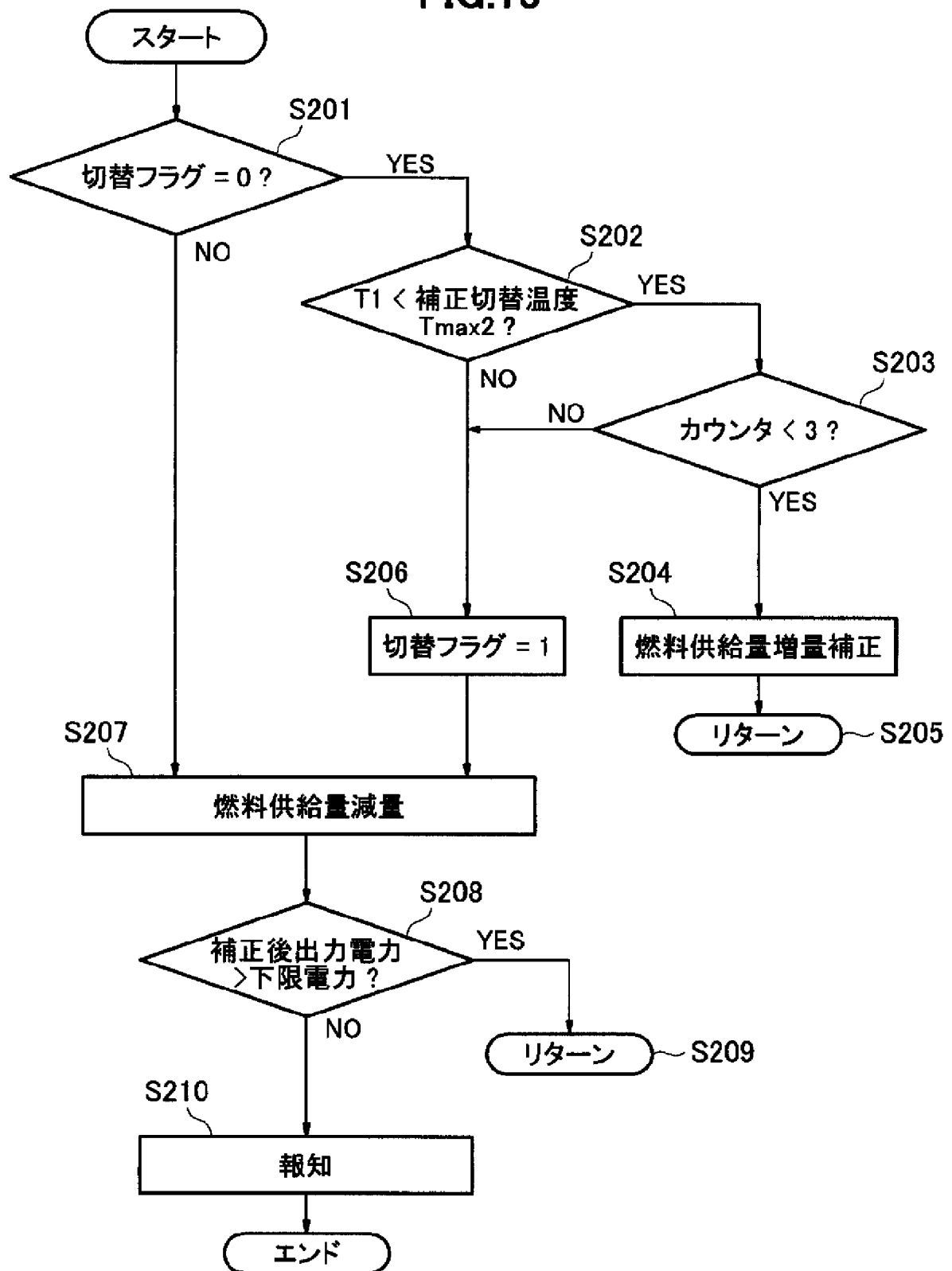


[図17]

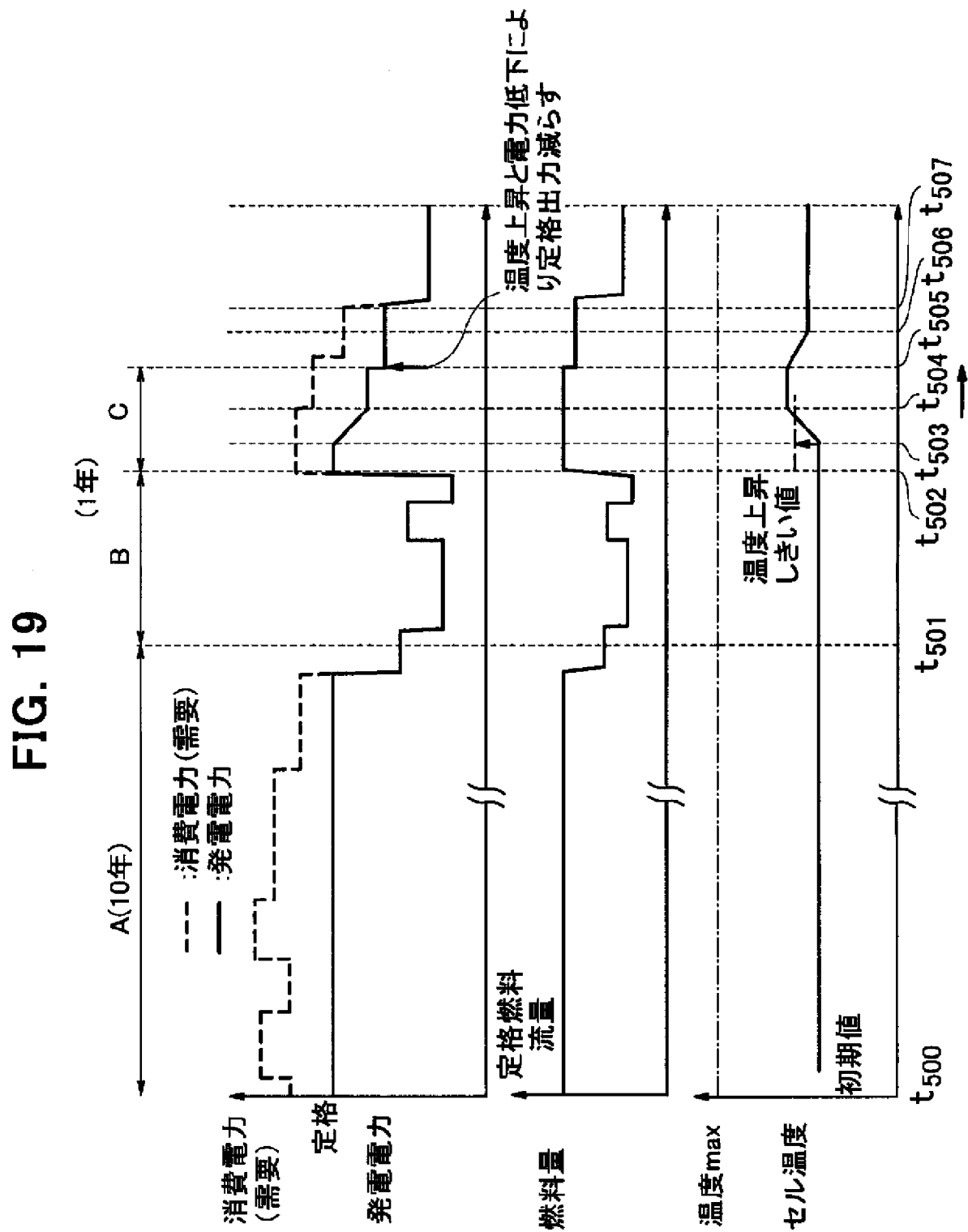


[図18]

FIG.18



[図19]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/055914

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.
A	JP 2008-159362 A (Osaka Gas Co., Ltd.), 10 July 2008 (10.07.2008), 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



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/JP2010/055914

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2004-164909 A (Denso Corp.), 10 June 2004 (10.06.2004), 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	JP 05-003041 A (Hitachi, Ltd.), 08 January 1993 (08.01.1993), 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	
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 2007-087756 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	
☒ 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 1 0 0 - 8 9 1 5 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 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 7 7	4 X 8 9 3 2

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
A	JP 2004-164909 A (株式会社デンソー) 2004. 06. 10, 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
A	JP 05-003041 A (株式会社日立製作所) 1993. 01. 08, 全文参照 (ファミリーなし)	1 - 5