(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
2024年9月19日(19.09.2024)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2024/190752 A1

(51) 国際特許分類:
H01M 8/04858 (2016.01) *H01M 8/04302* (2016.01)
H01M 8/04 (2016.01) *H01M 8/04303* (2016.01)
H01M 8/12 (2016.01) *H01M 8/04313* (2016.01)
H01M 8/043 (2016.01) *H01M 8/04537* (2016.01)
H01M 8/249 (2016.01) *H01M 8/04664* (2016.01)
H01M 8/0432 (2016.01) *H01M 8/04701* (2016.01)
H01M 8/2475 (2016.01) *H01M 8/04746* (2016.01)
H01M 8/04225 (2016.01) *H01M 8/04955* (2016.01)
H01M 8/04228 (2016.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2024/009386

(22) 国際出願日： 2024年3月11日(11.03.2024)

(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 2023-038993 2023年3月13日(13.03.2023) JP
特願 2023-039005 2023年3月13日(13.03.2023) JP
特願 2023-042307 2023年3月16日(16.03.2023) JP

(71) 出願人: 株式会社アイシン (AISIN CORPORATION) [JP/JP]; 〒4488650 愛知県刈谷市朝日町２丁目１番地 Aichi (JP).

(72) 発明者: 田力 明洋 (TAJIKARA Akihiro); 〒4488650 愛知県刈谷市朝日町２丁目１番地 株式会社アイシン内 Aichi (JP). 村上 大河 (MURAKAMI Taiga); 〒4488650 愛知県刈谷市朝日町２丁目１番地 株式会社アイシン内 Aichi (JP).

(54) **Title:** FUEL CELL SYSTEM

(54) 発明の名称： 燃料電池システム

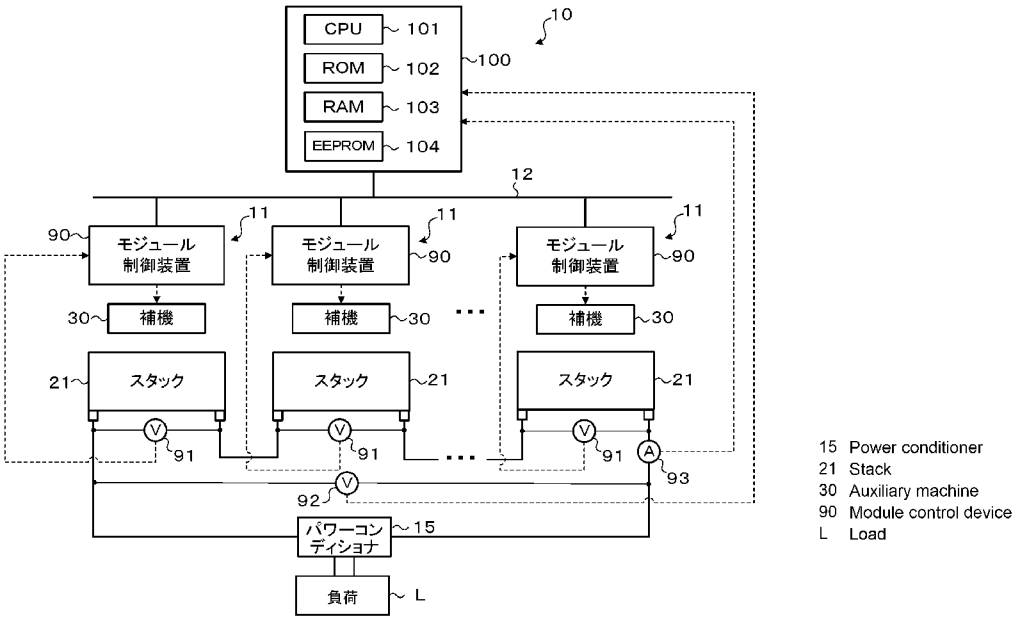


FIG. 1

(57) **Abstract:** This fuel cell system comprises: fuel cell stacks connected in series between a plurality of power generation units; and a start control part. The start control part, upon reception of a system starting request, supplies a fuel gas and an oxidizer gas to each of the plurality of fuel cell stacks, combusts the gases at a combustion part, and starts a warming-up operation for the plurality of fuel cell stacks, and, when all of the plurality of fuel cell stacks have reached a state where power generation can be performed, starts current sweep and causes the power generation of the plurality of fuel cell

WO 2024/190752 A1

[続葉有]

(74) 代理人：弁理士法人アイテック国際特許事務所 (ITEC INTERNATIONAL PATENT FIRM)；〒1070052 東京都港区赤坂２－１９－８ 赤坂２丁目アネックス７階 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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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：

— 国際調査報告（条約第21条(3)）

stacks to be started.

(57) 要約：燃料電池システムは、複数の発電ユニット間で各燃料電池スタックが直列に接続され、起動制御部とを備える。起動制御部は、システム起動が要求されると、複数の燃料電池スタックにそれぞれ燃料ガスと酸化剤ガスとを供給して燃焼部で燃焼させて複数の燃料電池スタックの暖機運転を開始し、複数の燃料電池スタックの全てが発電可能状態に至った場合に、電流掃引を開始して複数の燃料電池スタックの発電を開始させる。

明　細　書

発明の名称 ： 燃料電池システム

技術分野

[0001]　本明細書は、燃料電池システムについて開示する。

背景技術

[0002]　従来、この種の燃料電池システムとしては、燃料電池セルスタックと、燃料電池セルスタックの最も高い温度となる部位もしくはその近傍の温度を検出する温度センサと、を備え、起動処理において温度センサにより検出される温度が所定温度に達すると、セルスタックの発電を開始するように制御するものが提案されている（例えば、特許文献１参照）。

[0003]　また、複数の燃料電池スタックが直列に接続された燃料電池システムも提案されている（例えば、特許文献２参照）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開２００９－３２５５５号公報

特許文献2：特表２０１２－５３３１４６号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005]　上述した特許文献１に記載の燃料電池システムのように、単一の燃料電池スタックを備える燃料電池システムにおいては、起動処理においてスタックの温度が発電可能な所定温度に達したときに発電を開始させることで、セルスタックの劣化を抑制することができる。しかしながら、特許文献２に記載のように、複数の燃料電池スタックを備える燃料電池システムにおいては、燃料電池スタック毎に温度分布の偏りが生じる。このため、一部の燃料電池スタックの温度が発電可能な温度に達しても、他の燃料電池スタックの温度は発電可能な温度に達していない場合が生じる。この状態で電流掃引を開始すると、低温の燃料電池スタックから過大な電流が流れる場合が生じ、当該

燃料電池スタックが劣化するおそれがある。

[0006] 本開示の燃料電池システムは、直列に接続された複数の燃料電池スタックを備えるものにおいて、燃料電池スタックが劣化するのを抑制することを主目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 本開示の燃料電池システムは、上述の主目的を達成するために以下の手段を採った。

[0008] 本開示の燃料電池システムは、

燃料ガスと酸化剤ガスとの反応により発電する１つ以上の燃料電池スタックと、前記燃料電池スタックからの残余燃料ガスと残余酸化剤ガスとの混合ガスを燃焼させる燃焼部と、前記燃料電池スタックと前記燃焼部とを収容する断熱性のケースと、前記燃料電池スタックに前記燃料ガスを供給する燃料供給系と、前記燃料電池スタックに前記酸化剤ガスを供給する酸化剤ガス供給系と、をそれぞれ含む複数の発電ユニットを備え、前記複数の発電ユニット間で各燃料電池スタックが直列に接続されてなる燃料電池システムであって、

システムの起動が要求されると、前記複数の燃料電池スタックにそれぞれ前記燃料ガスと前記酸化剤ガスとを供給して前記燃焼部で燃焼させることにより該複数の燃料電池スタックの暖機運転を開始し、前記複数の燃料電池スタックの全てが発電可能状態に至った場合に、電流掃引を開始して前記複数の燃料電池スタックの発電を開始させる起動制御部と、

を備えることを要旨とする。

[0009] この本開示の燃料電池システムでは、直列に接続された複数の燃料電池スタックの全てが発電可能状態に至ったときに電流掃引を開始して当該複数の燃料電池スタックを同時に発電させる。これにより、一部の低温の燃料電池スタックから電流掃引がなされないようにして、当該燃料電池スタックの劣化を抑制することができる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]本実施形態の燃料電池システムの概略構成図である。

[図2]発電モジュールと補機とをそれぞれ含む複数の発電ユニットの概略構成図である。

[図3]発電モジュールの概略構成図である。

[図4]統合制御装置側起動処理の一例を示すフローチャートである。

[図5]モジュール制御装置側起動処理の一例を示すフローチャートである。

[図6]暖機開始待ち時間設定処理の一例を示すフローチャートである。

[図7]比較例における各発電ユニットのシーケンスの時間変化の様子を示す説明図である。

[図8]本実施形態における各発電ユニットのシーケンスの時間変化の様子を示す説明図である。

[図9]図９Ａ，図９Ｂ，図９Ｃは、比較例における各発電ユニットの暖機運転時の累計燃料消費量を示す説明図である。

[図10]図１０Ａ，図１０Ｂ，図１０Ｃは、本実施形態における各発電ユニットの暖機運転時の累計燃料消費量を示す説明図である。

[図11]図１１Ａ，図１１Ｂ，図１１Ｃは、他よりも先に暖機が完了した発電ユニットの燃焼供給量を低減した場合の累計燃料消費量を示す説明図である。

[図12]暖機時燃料供給量調整処理の一例を示すフローチャートである。

[図13]図１３Ａ，図１３Ｂ，図１３Ｃは、各発電ユニットにおいて目標勾配に従って暖機運転を行なったときの累計燃料消費量を示す説明図である。

[図14]図１４Ａ，図１４Ｂ，図１４Ｃは、各発電ユニットにおいて目標勾配に従って暖機運転を行なったときのスタック温度の変化の様子を示す説明図である。

[図15]暖機時燃料供給量調整処理の一例を示すフローチャートである。

[図16]統合制御装置側起動処理の一例を示すフローチャートである。

[図17]モジュール制御装置側起動処理の一例を示すフローチャートである。

[図18]起動処理におけるスタック温度と開回路電圧ＯＣＶ（正常時と異常時

）の時間変化の様子を示す説明図である。

[図19]統合制御装置側停止処理の一例を示すフローチャートである。

[図20]モジュール制御装置側停止処理の一例を示すフローチャートである。

[図21]他の実施形態に係る燃料電池システムの概略構成図である。

[図22]他の実施形態に係る発電モジュールの概略構成図である。

発明を実施するための形態

[0011] 本開示を実施するための形態について図面を参照しながら説明する。

[0012] 図１は、本実施形態の燃料電池システム１０の概略構成図であり、図２は、発電モジュール２０と補機３０とをそれぞれ含む複数の発電ユニット１１の概略構成図であり、図３は、発電モジュール２０の概略構成図である。

[0013] 実施形態の燃料電池システム１０は、図１に示すように、複数（ｎ個）の発電ユニット１１（第１，第２，…，第ｎ発電ユニット）と、複数の発電ユニット１１を管理する統合制御装置１００と、を備える。

[0014] 複数の発電ユニット１１は、それぞれ、図１，２に示すように、燃料電池スタック２１を含む発電モジュール２０と、燃料電池スタック２１の運転に必要な各種補機３０と、各種補機３０を制御するモジュール制御装置９０と、を備える。

[0015] 発電モジュール２０は、図３に示すように、燃料電池スタック２１の他に、燃焼器２２や熱交換器２３，２４を含み、これらは、断熱性を有するモジュールケース２９に収容されている。各種補機３０には、燃料供給系４０や、エア供給系５０、循環系６０、排熱回収系７０等が含まれる（図２参照）。

[0016] 燃料電池スタック２１は、安定化ジルコニア（例えばＹＳＺ）等の電解質と、当該電解質の一方の面側に配置されるＮｉ等の触媒金属と安定化ジルコニア等との複合体の燃料極と、当該電解質の他方の面側に配置されるＬＳＣＦ等の空気極と、をそれぞれ含む複数の固体酸化物形の単セルを備える。各燃料電池スタック２１は、燃料ガスに含まれる水素と酸化剤ガスに含まれる酸素との反応により発電する。燃料電池スタック２１の近傍には、温度セン

サ９４が設置されている。温度センサ９４は、燃料電池スタック２１の温度に相関する温度（スタック温度Ｔｓｔ）を検出する。

[0017] 図３に示すように、燃料電池スタック２１の燃料極入口には、燃料ガス供給管２１ａが接続され、燃料ガス供給管２１ａには、当該燃料ガス供給管２１ａを流れる燃料ガスを燃料電池スタック２１から排出された燃料極オフガスと熱交換するための熱交換器２３が設置されている。また、燃料電池スタック２１の空気極入口には、酸化剤ガス供給管２１ｂが接続され、酸化剤ガス供給管２１ｂには、当該酸化剤ガス供給管２１ｂを流れるエアを燃焼器２２から排出された燃焼排ガスと熱交換するための熱交換器２４が設置されている。

[0018] 燃料電池スタック２１の燃料極には、燃料ガスとして燃料供給系４０により供給される水素ガスが燃料ガス供給管２１ａを介して導入され、燃料電池スタック２１の空気極には、酸化剤ガスとしてエア供給系５０により供給されるエアが酸化剤ガス供給管２１ｂを介して導入される。そして、空気極では、酸化物イオン（O^{2-}）が生成され、当該酸化物イオンが電解質を透過して燃料極で水素と反応することにより電気エネルギが得られる。各単セルの燃料極において電気化学反応（発電）に使用されなかった燃料極オフガスは、燃料供給系４０から燃料極に供給される燃料ガス（水素ガス）と熱交換器２３で熱交換してからモジュールケース２９外へ排出される。そして、燃料極オフガスは、燃料極オフガス配管６２を通って循環系６０に供給され、循環系６０に設けられた凝縮器６１により冷却させられて燃料極オフガスに含まれる水蒸気が除去された後、燃料極オフガス配管６３を通って燃焼器２２に供給される。また、各単セルの空気極において電気化学反応（発電）に使用されなかった空気極オフガスは、燃焼器２２に直接に供給される。燃焼器２２に導入された燃料極オフガスは、水素を含む可燃性ガスであり、燃焼器２２に導入された酸素を含む空気極オフガスと混合され、燃焼器２２で混合ガスが燃焼することにより、燃焼熱によって燃料電池スタック２１が適正温度に保持される。燃焼器２２には、起動処理において、当該燃焼器２２に導入

された燃料ガスとエアとの混合ガスを着火するための着火装置２２ｆが設けられている。また、燃焼器２２では、燃焼排ガスが生成され、当該燃焼排ガスは、エア供給系５０から空気極に供給されるエアと熱交換器２４で熱交換してから、燃焼排ガス配管７２を通って排熱回収系７０に供給される。そして、燃焼排ガスは、排熱回収系７０で排熱が回収された後、外気へ排出される。

[0019] 燃料供給系４０は、水素タンク等の水素供給源に一端が接続された水素供給管３１と、水素供給管３１の他端から各発電モジュール２０へ分岐する分岐管４１と、各分岐管４１にそれぞれ設置された水素ブロワ４２と、を有する。水素ブロワ４２を作動させることで、水素タンク２内の水素ガスは、発電モジュール２０へと圧送（供給）される。水素ブロワ４２は、各分岐管４１にそれぞれ設置されているから、各水素ブロワ４２を個別に制御することにより、発電モジュール２０毎に水素ガスの供給量を制御することができる。また、水素供給管３１には、開閉弁３２（２連弁）や図示しない負圧防止弁等が設置され、各分岐管４１には、水素ブロワ４２の他に、ゼロガバナ４３（均圧弁）や流量センサ４４等が設置されている。流量センサ４４は、分岐管４１を流れる水素ガス（燃料ガス）の単位時間当りの流量（燃料流量Ｆｇ）を検出する。発電モジュール２０に導入された水素ガスは、熱交換器２３で燃料極オフガスとの熱交換により昇温させられた後、燃料電池スタック２１の燃料極に供給される。

[0020] エア供給系５０は、各発電モジュール２０にそれぞれ接続されたエア供給管５１と、各エア供給管５１の入口に設けられたフィルタ５２と、各エア供給管５１にそれぞれ設置されたエアブロワ５３と、を有する。エアブロワ５３を作動させることで、フィルタ５２からエアが吸引されると共に吸引されたエアが発電モジュール２０へと圧送（供給）される。エアブロワ５３は、各エア供給管５１にそれぞれ設置されているから、各エアブロワ５３を個別に制御することにより、発電モジュール２０毎にエアの供給量を制御することができる。また、各エア供給管５１には、流量センサ５４が設置されてい

る。流量センサ５４は、エア供給管５１を流れるエアの単位時間当りの流量（エア流量Ｆａ）を検出する。

発電モジュール２０に導入されたエアは、熱交換器２４で燃焼排ガスとの熱交換により昇温させられた後、燃料電池スタック２１の空気極に供給される。

[0021] 循環系６０は、発電モジュール２０毎に個別の熱交換流路を有する凝縮器６１と、それぞれ各発電モジュール２０（燃料電池スタック２１の燃料極側）に一端が接続されると共に凝縮器６１の各熱交換流路の入口に他端が接続された燃料極オフガス配管６２と、それぞれ凝縮器６１の各熱交換流路の出口に一端が接続されると共に各発電モジュール２０（燃焼器２２側）に他端が接続された燃料極オフガス配管６３と、凝縮器６１と熱利用機器とを接続する循環配管６４と、循環配管６４に設置される循環ポンプ６５と、を有する。燃料電池スタック２１の燃料極側から排出された燃料極オフガスは、循環ポンプ６５を作動させることで循環配管６４を循環する熱交換媒体との熱交換により、凝縮器６１で当該燃料極オフガスに含まれる水蒸気が除去された後、燃焼器２２へ供給される。

[0022] さらに、循環系６０は、凝縮器６１よりも下流側の燃料極オフガス配管６３から分岐して燃料供給系４０の分岐管４１における水素ブロワ４２とゼロガバナ４３との間に接続された還流配管６６と、還流配管６６に設置された調整弁６７（電磁弁）とを備える。調整弁６７を開弁することにより、凝縮器６１を通過した燃料極オフガスの一部を還流させて燃料供給系４０から発電モジュール２０に供給することができる。なお、還流配管６６には、調整弁６７に代えてオリフィスが設けられてもよい。

[0023] 排熱回収系７０は、各燃焼排ガス配管７２に接続された熱交換器７１と、蓄熱タンク７３と、熱交換器７１と蓄熱タンク７３とを接続する循環配管７４と、循環配管７４に設置された循環ポンプ７５と、を有する。循環ポンプ７５を作動させることにより、熱交換器７１に供給された燃焼排ガスは、蓄熱タンク７３内の熱交換流体と熱交換され、当該燃焼排ガスの排熱は、蓄熱

タンク７３に回収される。また、排熱回収系７０は、蓄熱タンク７３と工場等に設置される熱利用機器とを接続する循環配管７６と、循環配管７６に設置された循環ポンプ７７も備える。循環ポンプ７７を作動させることにより、蓄熱タンク７３に回収した熱を熱利用機器に供給することができる。

[0024] 複数の発電ユニット１１がそれぞれ備える燃料電池スタック２１は、単一のパワーコンディショナ１５に対して直列に接続されており、各燃料電池スタック２１において発電された直流電力は、パワーコンディショナ１５により変換されて負荷Ｌへ供給される。各発電モジュール２０の燃料電池スタック２１の出力端子間には、燃料電池スタック２１の出力電圧を検出するための電圧センサ９１が設置されている。また、直列に接続された燃料電池スタック２１のうち一端に配置された燃料電池スタック２１の一方の端子（燃料極端子）と、他端に配置された燃料電池スタック２１の他方の端子（空気極端子）との間には、各燃料電池スタック２１全体の電圧（総電圧Ｖｔ）を検出するための電圧センサ９２が設置されている。さらに、各燃料電池スタック２１を直列に接続する電力ラインには、当該電力ラインを流れる電流を検出する電流センサ９３が設置されている。

[0025] パワーコンディショナ１５は、ＤＣ／ＤＣコンバータやインバータを有し、各燃料電池スタック２１からの直流電力を系統電源と連系可能な電圧（例えば、ＡＣ２００Ｖ）の交流電力に変換して出力する。パワーコンディショナ１５には図示しない電源基板が接続されている。電源基板は、各燃料電池スタック２１からの電力を各種補機３０やモジュール制御装置９０、統合制御装置１００の駆動に適した直流電力に変換してそれぞれに供給する。また、パワーコンディショナ１５や電源基板等が配置される補機室には、当該パワーコンディショナ１５や電源基板を冷却するための図示しない冷却ファンと換気ファンとが配置されている。

[0026] 各モジュール制御装置９０は、図示しないが、ＣＰＵを中心としたマイクロプロセッサとして構成され、ＣＰＵの他に、処理プログラムを記憶するＲＯＭやデータを一時的に記憶するＲＡＭ、入出力ポートおよび通信ポートを備

える。各モジュール制御装置９０には、対応する燃料電池スタック２１の近傍に設置された温度センサ９４からのスタック温度Ｔｓｔや、対応する燃料電池スタック２１の出力端子間に設置された電圧センサ９１からの電圧Ｖ、燃料供給系４０の対応する分岐管４１に設置された流量センサ４４からの燃料流量Ｆｇ、エア供給系５０の対応するエア供給管５１に設置された流量センサ５４からのエア流量Ｆａ等が入力ポートを介して入力されている。また、各モジュール制御装置９０からは、燃料供給系４０の対応する水素ブロワ４２への制御信号や、エア供給系５０の対応するエアブロワ５３への制御信号、循環系６０の対応する調整弁６７への制御信号などが出力ポートを介して出力されている。

[0027] 統合制御装置１００は、ＣＰＵ１０１を中心としたマイクロプロセッサとして構成され、ＣＰＵ１０１の他に、処理プログラムを記憶するＲＯＭ１０２やデータを一時的に記憶するＲＡＭ１０３、不揮発性メモリとしてのＥＥＰＲＯＭ１０４、タイマ（図示せず）、入出力ポートおよび通信ポート（図示せず）を備える。統合制御装置１００には、電圧センサ９２により検出される総電圧Ｖｔや電流センサ９３からの電流Ｉなどが入力ポートを介して入力されている。また、統合制御装置１００からは、開閉弁３２への制御信号や循環系６０の循環ポンプ６５への制御信号、排熱回収系７０の循環ポンプ７５，７７への制御信号などが出力ポートを介して出力されている。また、統合制御装置１００は、通信バス１２を介して各モジュール制御装置９０と通信可能に接続されており、互いに制御信号やデータをやり取りしている。

[0028] 次に、こうして構成された本実施形態の燃料電池システム１０の動作について説明する。上位システムから燃料電池システム１０の起動が要求されると、各モジュール制御装置９０は、統合制御装置１００からの指示により起動処理を行なう。起動処理では、各モジュール制御装置９０は、補機３０を順次制御して、燃焼器２２のパージ処理などを実行した後、燃焼器２２に燃料ガス（水素ガス）とエアとを供給し、燃焼器２２で燃料ガスを燃焼させて燃料電池スタック２１を暖機する暖機処理を実行する。そして、各モジュー

ル制御装置９０は、各燃料電池スタック２１の暖機が完了して発電可能状態に至ると、統合制御装置１００からの指示により発電処理へ移行する。各発電モジュール２０の燃料電池スタック２１は、負荷Ｌに対して直列に接続されており、電流掃引の開始により全ての燃料電池スタック２１に電流が流れるため、発電を同時に開始する必要がある。このため、発電処理への移行は、全ての燃料電池スタック２１が暖機を完了して発電可能状態に至った後に行なわれる。

[0029] 発電処理では、各モジュール制御装置９０は、燃料電池システム１０全体に要求される要求電力に基づいて統合制御装置１００により設定される目標燃料流量Ｆｇｔａｇと目標エア流量Ｆａｔａｇとを入力し、入力した各目標流量に基づいて対応する水素ブロワ４２およびエアブロワ５３を制御する。具体的には、各モジュール制御装置９０は、目標燃料流量Ｆｇｔａｇと流量センサ４４により検出される燃料流量Ｆｇとの差分に基づいてフィードバック制御により水素ブロワ４２を駆動制御し、目標エア流量Ｆａｔａｇと流量センサ５４により検出されるエア流量Ｆａとの差分に基づいてフィードバック制御によりエアブロワ５３を駆動制御する。

[0030] 燃料電池システム１０の停止が要求されると、各モジュール制御装置９０は、統合制御装置１００からの指示により停止処理を行なう。停止処理では、各モジュール制御装置９０は、燃料電池スタック２１の電極が酸化劣化しない程度の流量で燃料ガスが供給されるように水素ブロワ４２を制御すると共に、燃料電池スタック２１の冷却に必要な流量のエアが供給されるようにエアブロワ５３を制御する。そして、温度センサ９４からのスタック温度Ｔｓｔが所定温度未満まで低下すると、各モジュール制御装置９０は、燃料ガスやエアの供給を停止する。

[0031] 次に、起動処理の詳細について説明する。図４は、統合制御装置１００により実行される統合制御装置側起動処理の一例を示すフローチャートであり、図５は、各モジュール制御装置９０により実行されるモジュール制御装置側起動処理の一例を示すフローチャートである。これらの処理は、上位シス

テムから燃料電池システム１０の起動が要求されたときに実行される。

[0032] 統合制御装置側起動処理が実行されると、統合制御装置１００（ＣＰＵ１０１）は、まず、全てのモジュール制御装置９０に対して暖機前準備を指示する（ステップＳ１００）。モジュール制御装置側起動処理において、各モジュール制御装置９０は、統合制御装置１００から暖機前準備の指示を受信すると（ステップＳ１５０の「ＹＥＳ」）、暖機前準備として、対応する発電ユニット１１の各種補機３０や各種センサが正常に動作するか否かを確認したり、燃料電池スタック２１の温度（スタック温度Ｔｓｔ）が適正範囲内にあるか否かを確認したりした後（ステップＳ１５２）、運転が可能である旨の通知（運転可能通知）を統合制御装置１００に送信して（ステップＳ１５４）、ステップＳ１５６に進む。

[0033] 統合制御装置１００は、各モジュール制御装置９０から運転可能通知を受信したか否かを判定する（ステップＳ１０２）。統合制御装置１００は、運転可能通知を受信していないと判定すると、ステップＳ１０２に戻って、受信の判定を繰り返す。一方、統合制御装置１００は、運転可能通知を受信したと判定すると、全てのモジュール制御装置９０から運転可能通知を受信したか否かを判定する（ステップＳ１０４）。統合制御装置１００は、いずれかのモジュール制御装置９０から運転可能通知を受信していないと判定すると、ステップＳ１０２に戻る。一方、統合制御装置１００は、全てのモジュール制御装置９０から運転可能通知を受信したと判定すると、各燃料電池スタック２１に燃料ガス（水素）を供給可能とするため、開閉弁３２を開弁する（ステップＳ１０６）。続いて、統合制御装置１００は、燃料電池スタック２１毎の暖機開始待ち時間を設定する（ステップＳ１０８）。暖機開始待ち時間の設定は、統合制御装置１００により図６に例示する暖機開始待ち時間設定処理を実行することにより行なわれる。暖機開始待ち時間設定処理については後述する。そして、統合制御装置１００は、暖機開始待ち時間が値０の燃料電池スタック２１の暖機運転を該当するモジュール制御装置９０に指示すると共に（ステップＳ１１０）、経過時間の計測を開始する（ステッ

プＳ１１２）。次に、統合制御装置１００は、経過期間と燃料電池スタック２１毎に設定された暖機開始待ち時間とに基づいて、未だ暖機運転を指示していない残りのいずれかの燃料電池スタック２１の暖機開始待ち時間が経過したか否かを判定する（ステップＳ１１４）。統合制御装置１００は、残りのいずれの燃料電池スタック２１についても暖機開始待ち時間が経過していないと判定すると、ステップＳ１１４に戻る。一方、統合制御装置１００は、残りのいずれかの燃料電池スタック２１について暖機開始待ち時間が経過したと判定すると、該当する燃料電池スタック２１の暖機運転を該当するモジュール制御装置９０に指示する（ステップＳ１１６）。そして、統合制御装置１００は、全ての燃料電池スタック２１の暖機運転の指示が完了したか否かを判定する（ステップＳ１１８）。統合制御装置１００は、いずれかの燃料電池スタック２１で暖機運転の指示が完了していないと判定すると、ステップＳ１１４に戻る。一方、統合制御装置１００は、全ての燃料電池スタック２１の暖機運転の指示が完了したと判定すると、ステップＳ１２０に進む。

[0034] 各モジュール制御装置９０は、統合制御装置１００から暖機運転指示を受信するのを待つ（ステップＳ１５６）。各モジュール制御装置９０は、暖機運転指示を受信したと判定すると、暖機運転を開始すると共に（ステップＳ１５８）、経過時間の計測を開始する（ステップＳ１６０）。暖機運転は、燃焼範囲内の燃料濃度で燃料電池スタック２１（燃焼器２２）に燃料ガス（水素）とエアとが供給されるように水素ブロワ４２とエアブロワ５３とを制御した後、着火装置２２ｆのイグナイタを駆動して燃焼器２２内の燃料ガスを燃焼させ、当該燃料電池スタック２１の暖機が完了して発電可能状態に至るまで燃料ガスとエアとを継続して供給することにより行なわれる。暖機運転中の燃料ガスの供給量制御は、例えば、暖機運転の開始から完了までの複数のタイミング（シーケンス）でそれぞれ目標燃料流量Ｆｇｔａｇを設定し、流量センサ４４からの燃料流量Ｆｇがそのときの目標燃料流量Ｆｇｔａｇに一致するように水素ブロワ４２を制御することにより行なわれる。そして

、各モジュール制御装置９０は、対応する温度センサ９４からのスタック温度Ｔｓｔが閾値α以上であるか否かを判定する（ステップＳ１６２）。ここで、閾値αは、燃料電池スタック２１が暖機を完了したか否かを判定するための閾値である。各モジュール制御装置９０は、スタック温度Ｔｓｔが閾値α以上でないと判定すると、発電可能状態に至っていないと判断し、ステップＳ１６２に戻る。一方、各モジュール制御装置９０は、スタック温度Ｔｓｔが閾値α以上であると判定すると、暖機が完了して発電可能状態に至ったと判断し、発電可能である旨の通知（発電可能通知）と、暖機運転を開始してからの経過時間（暖機所要時間）とを統合制御装置１００に送信する（ステップＳ１６４）。なお、発電可能状態に至ったか否か判定は、スタック温度Ｔｓｔが閾値α以上であるか否かの判定に加えて、開回路電圧ＯＣＶが閾値以上であるか否かの判定も行なうようにしてもよい。各モジュール制御装置９０は、対応する燃料電池スタック２１が発電可能状態に至ると、燃料ガスの供給量を減量する減量補正を行ないつつ（ステップＳ１６６）、統合制御装置１００から発電指示を受信するのを待つ（ステップＳ１６８）。燃料ガスの減量補正は、燃焼器２２の燃焼が維持され且つ燃料電池スタック２１の温度が適正温度を下回らない範囲で行なわれる。これにより、対応する燃料電池スタック２１が発電可能状態に至った後も発電可能状態に至る前と同じ供給量の燃料ガスを供給するものに比して無駄な燃料消費を抑制することができる。

[0035] 統合制御装置１００は、ステップＳ１１０～Ｓ１１８で暖機運転を指示した後、いずれかのモジュール制御装置９０から発電可能通知を受信するのを待つ（ステップＳ１２０）。統合制御装置１００は、発電可能通知を受信したと判定すると、発電可能通知と共に受信した暖機所要時間を該当する燃料電池スタック２１と関連付けてＥＥＰＲＯＭ１０４に記憶する（ステップＳ１２２）。そして、統合制御装置１００は、全てのモジュール制御装置９０から発電可能通知を受信したか否かを判定する（ステップＳ１２４）。統合制御装置１００は、いずれかのモジュール制御装置９０から発電可能通知を

受信していないと判定すると、ステップＳ１２０に戻ってステップＳ１２０～Ｓ１２４の処理を繰り返す。一方、統合制御装置１００は、全てのモジュール制御装置９０から発電可能通知を受信したと判定すると、電流掃引を開始するようにパワーコンディショナ１５を制御すると共に（ステップＳ１２６）、全てのモジュール制御装置９０に対して発電運転の開始を指示して（ステップＳ１２８）、統合制御装置側起動処理を終了する。一方、各モジュール制御装置９０は、統合制御装置１００に発電可能通知を送信した後、統合制御装置１００から発電運転指示を受信するのを待つ（ステップＳ１６８）。そして、各モジュール制御装置９０は、発電運転指示を受信したと判定すると、発電運転を開始して（ステップＳ１７０）、モジュール制御装置側起動処理を終了する。なお、発電運転の制御の詳細については上述した。

[0036] 次に、統合制御装置側起動処理のステップＳ１０８で実行される図６の暖機開始待ち時間設定処理について説明する。暖機開始待ち時間設定処理では、統合制御装置１００は、まず、今回の燃料電池システム１０の起動が初回であるか否かを判定する（ステップＳ２００）。統合制御装置１００は、今回の起動が初回であると判定すると、各燃料電池スタック２１の暖機開始待ち時間に初期値を設定して（ステップＳ２０２）、暖機開始待ち時間設定処理を終了する。初期値は、本実施形態では、燃料電池スタック２１毎に定められ、予めＥＥＰＲＯＭ１０４に記憶されている。例えば、初期値には、各燃料電池スタック２１の暖機が同じタイミングで完了するように実験的に求めた暖機開始待ち時間が設定される。なお、初期値は、いずれの燃料電池スタック２１も値０が定められてもよい。

[0037] 一方、統合制御装置１００は、今回の起動が初回でないと判定すると、燃料電池スタック２１毎の過去の暖機所要時間をＥＥＰＲＯＭ１０４から読み出す（ステップＳ２０４）。ＥＥＰＲＯＭ１０４から読み出される暖機所要時間は、過去に複数回、システムを起動している場合には、それぞれの暖機所要時間の平均値であってもよいし、直近に起動したときの暖機所要時間であってもよい。次に、統合制御装置１００は、暖機所要時間が最も長い燃料

電池スタック２１の暖機開始待ち時間を値０に設定する（ステップＳ２０６）。続いて、統合制御装置１００は、最長の暖機所要時間を基準時間に設定し（ステップＳ２０８）、残りの各燃料電池スタック２１の暖機所要時間の基準時間に対する時間差を算出する（ステップＳ２１０）。そして、統合制御装置１００は、残りの各燃料電池スタック２１の暖機開始待ち時間を、対応する時間差に応じた時間に設定して（ステップＳ２１２）、暖機開始待ち時間設定処理を終了する。ここで、暖機開始待ち時間の設定は、時間差をそのまま暖機開始待ち時間に設定することにより行なわれてもよいし、時間差に値０よりも大きく値１よりも小さい係数を乗じた時間を暖機開始待ち時間に設定することにより行なわれてもよい。

[0038] このように、複数の燃料電池スタック２１で暖機の開始タイミングをずらすことで、全ての燃料電池スタック２１が同じタイミングで暖機が完了して発電可能状態に至るようにすることができる。

[0039] 図７は、比較例における各発電ユニットのシーケンスの時間変化の様子を示す説明図であり、図８は、本実施形態における各発電ユニットのシーケンスの時間変化の様子を示す説明図である。また、図９は、比較例における各発電ユニットの暖機運転時の累計燃料消費量を示す説明図であり、図１０は、本実施形態における各発電ユニットの暖機運転時の累計燃料消費量を示す説明図であり、図１１は、他よりも先に暖機が完了した発電ユニットの燃焼供給量を低減した場合の累計燃料消費量を示す説明図である。ここで、比較例は、図７に示すように、ｎ個の発電ユニット１１（第１，第２，…，第ｎ発電ユニット）の直列に接続された全ての燃料電池スタック２１で同時に暖機運転が開始されるように統合制御装置１００が同時に全てのモジュール制御装置９０に対して暖機開始を指示するものである。一方、本実施形態では、図８に示すように、全ての燃料電池スタック２１で暖機運転が同時に完了して発電可能状態に至るように統合制御装置１００がそれぞれ異なるタイミングで各モジュール制御装置９０に対して暖機開始を指示するものである。本実施形態の燃料電池システム１０では、ｎ個の発電ユニット１１を備えて

おり、発電ユニット１１毎に燃料電池スタック２１の設置位置や補機３０の公差、燃料電池スタック２１の劣化の程度が異なることから、燃料電池スタック２１毎に暖機の進行（スタック温度Ｔｓｔの上昇速度）にバラツキが生じる。このため、全ての燃料電池スタック２１で同時に暖機運転を開始しても、暖機の完了は同時にはならない場合が生じる。この場合、複数の燃料電池スタック２１のうち先に暖機が完了して発電可能状態に至った燃料電池スタック２１においては、図９に示すように、残りの燃料電池スタック２１が暖機を完了して発電可能状態に至るまでの間、発電可能状態を維持するために燃料ガス（水素）を供給し続ける必要があり、無駄な燃料消費が発生してしまう。また、燃料ガスの供給に伴い、水素ブロワ４２の駆動等により無駄な電力消費も発生してしまう。そこで、本実施形態では、統合制御装置１００は、燃料電池スタック２１毎に暖機開始待ち時間を設定し、それぞれの暖機開始待ち時間が経過したタイミングで対応するモジュール制御装置９０に対して暖機運転の開始を指示する。これにより、図１０に示すように、全ての燃料電池スタック２１で暖機を同時に完了させることができ、無駄な燃料消費や電力消費が発生するのを抑制することができる。また、本実施形態では、それぞれの暖機開始待ち時間を待って各燃料電池スタック２１の暖機運転を開始したにも拘わらず、一部の燃料電池スタック２１が先に暖機を完了したときには、該当する燃料電池スタック２１への燃料ガスの供給量を減量する減量補正を行なうから（モジュール制御装置側起動処理のステップＳ１６６）、無駄な燃料消費を最小限に抑えることができる（図１１参照）。

[0040] 以上説明した本実施形態の燃料電池システム１０では、直列に接続された複数の燃料電池スタック２１の全てが発電可能状態に至ったときに電流掃引を開始して当該複数の燃料電池スタック２１を同時に発電させる。これにより、一部の低温の燃料電池スタック２１から電流掃引がなされないようにして、当該燃料電池スタック２１の劣化を抑制することができる。更に、複数の燃料電池スタック２１が同時期に発電可能状態に至るように複数の燃料電池スタック２１の暖機運転の開始タイミングを調整する。複数の燃料電池ス

タック２１において発電可能状態に至る時期がずれると、先に発電可能状態に至った燃料電池スタック２１で発電可能状態を維持するための無駄な燃料消費が発生する。本実施形態では、複数の燃料電池スタック２１の暖機運転の開始タイミングを調整することで、複数の燃料電池スタック２１が同時期に発電可能状態に至るようにし、無駄な燃料消費の発生を抑制することができる。

[0041] また、本実施形態の燃料電池システム１０では、過去にシステムの起動に際して、複数の燃料電池スタック２１がそれぞれ発電可能状態に至るのに要した暖機所要時間をＥＥＰＲＯＭ１０４に記憶しておき、過去の暖機所要時間に基づいて、次回以降にシステムを起動するときに複数の燃料電池スタック２１が同時期に発電可能状態に至るように複数の燃料電池スタック２１における暖機開始待ち時間を設定する。これにより、各燃料電池スタック２１において、それぞれの暖機開始待ち時間に従って暖機運転を開始することで、より確実に、複数の燃料電池スタック２１を同時期に発電可能状態に至らせることができる。また、燃料電池スタック２１毎の暖機開始待ち時間の初期値をＥＥＰＲＯＭ１０４に予め記憶しておき、システムを初回に起動するときには、暖機開始待ち時間に初期値を設定するから、システムを初回に起動するときにも、複数の燃料電池スタック２１を同時期に発電可能状態に至らせることができる。

[0042] さらに、本実施形態の燃料電池システム１０では、複数の燃料電池スタック２１のうち、先に暖機運転が完了した燃料電池スタック２１に対する燃料ガスの供給量を、当該燃料電池スタック２１に対する暖機運転中の燃料ガスの供給量よりも減量するから、無駄な燃料消費を抑制することができる。

[0043] 上述した実施形態では、暖機運転において、各モジュール制御装置９０は、暖機運転の開始から終了までの複数のタイミング（シーケンス）で予め設定された目標燃料流量Ｆｇｔａｇに従って燃料ガスを供給するものとした。しかし、暖機運転中の燃料電池スタック２１の温度勾配（スタック温度Ｔｓｔの単位時間当りの変化量）を監視して燃料ガスの供給量を調整してもよい

。図１２は、暖機時燃料供給量調整処理の一例を示すフローチャートである。この処理は、暖機運転が開始された後、上記複数のタイミング（シーケンス）がそれぞれ到来するときに各モジュール制御装置９０により実行される。

[0044] 暖機時燃料供給量調整処理では、各モジュール制御装置９０は、温度センサ９４からのスタック温度Ｔｓｔを入力し（ステップＳ３００）、今回入力したスタック温度Ｔｓｔと前回入力したスタック温度との差分をとって温度勾配を算出する（ステップＳ３０２）。そして、各モジュール制御装置９０は、算出した温度勾配が目標勾配に若干のマージン値βを加えた閾値よりも大きいか否かを判定する（ステップＳ３０４）。ここで、目標勾配は、燃料電池スタック２１の暖機が目標のタイミングで完了するのに必要な温度勾配である。各モジュール制御装置９０は、温度勾配が閾値よりも大きいと判定すると、燃料ガスの供給量（目標燃料流量Ｆｇｔａｇ）を減量する減量補正を行なう（ステップＳ３０６）。一方、各モジュール制御装置９０は、温度勾配が閾値以下であると判定すると、ステップＳ３０６をスキップする。そして、各モジュール制御装置９０は、スタック温度Ｔｓｔが閾値α以上であるか否か、すなわち燃料電池スタック２１の暖機が完了したか否かを判定する（ステップＳ３０８）。各モジュール制御装置９０は、暖機が完了していないと判定すると、ステップＳ３００に戻ってステップＳ３００～Ｓ３０８の処理を繰り返し、暖機が完了したと判定すると、これで暖機時燃料供給量調整処理を終了する。これにより、各燃料電池スタック２１の温度（スタック温度Ｔｓｔ）をそれぞれの目標勾配に従って昇温させることができる。なお、各モジュール制御装置９０は、温度勾配が目標勾配からマージン値βを減じた閾値よりも小さい場合には、上限量を超えない範囲内で燃料ガスの供給量（目標燃料流量Ｆｇｔａｇ）を増量する増量補正を行なうようにしてもよい。

[0045] 図１３は、各発電ユニット１１において目標勾配に従って暖機運転を行なったときの累計燃料消費量を示す説明図であり、図１４は、各発電ユニット

において目標勾配に従って暖機運転を行なったときのスタック温度の変化の様子を示す説明図である。モジュール制御装置９０は、対応する燃料電池スタック２１の温度勾配が目標勾配から外れているときには、温度勾配が目標勾配に近づくように燃料ガスの供給量（目標燃料流量Ｆｇｔａｇ）を調整する。これにより、全ての燃料電池スタック２１の暖機を同時に完了させると共に無駄な燃料消費を抑制することが可能となる。

[0046] なお、各モジュール制御装置９０は、暖機運転の開始から完了までの複数のタイミング（シーケンス）で燃料電池スタック２１の目標温度を段階的に設定し、スタック温度Ｔｓｔがそのときの目標温度と一致するように目標燃料流量Ｆｇｔａｇを設定して水素ブロワ４２を制御することで、全ての燃料電池スタック２１の暖機を同時に完了させるようにしてもよい。

[0047] また、複数の燃料電池スタック２１のうち、暖機の進行が進んでいる燃料電池スタック２１の燃料ガスの供給量を、暖機の進行が遅れている燃料ガスの供給量に対して減量するようにしてもよい。図１５は、暖機時燃料供給量調整処理の一例を示すフローチャートである。この暖機時燃料供給量調整処理では、各モジュール制御装置９０は、温度センサ９４からの自己の燃料電池スタック２１（自スタック）におけるスタック温度Ｔｓｔ（自スタック温度）を入力すると共に（ステップＳ３５０）、他の燃料電池スタック２１（他スタック）におけるスタック温度Ｔｓｔ（他スタック温度）を取得する（ステップＳ３５２）。他スタック温度は、他スタックに設けられた温度センサ９４からのスタック温度Ｔｓｔを入力するモジュール制御装置９０から統合制御装置１００を介して通信により取得することができる。そして、各モジュール制御装置９０は、自スタック温度が他スタック温度に所定のマージン値γを加えた閾値よりも大きいか否かを判定する（ステップＳ３５４）。各モジュール制御装置９０は、自スタック温度が閾値よりも大きいと判定すると、燃料ガスの供給量（目標燃料流量Ｆｇｔａｇ）を減量する減量補正を行なう（ステップＳ３５６）。一方、各モジュール制御装置９０は、自スタック温度が閾値以下であると判定すると、ステップＳ３５６をスキップする

。そして、各モジュール制御装置９０は、スタック温度Ｔｓｔが閾値α以上であるか否か、すなわち燃料電池スタック２１の暖機が完了したか否かを判定する（ステップＳ３５８）。各モジュール制御装置９０は、暖機が完了していないと判定すると、ステップＳ３５０に戻ってステップＳ３５０～Ｓ３５８の処理を繰り返し、暖機が完了したと判定すると、これで暖機時燃料供給量調整処理を終了する。これにより、自スタック温度を他スタック温度に合わせることができ、全ての燃料電池スタック２１の暖機を同時に完了させることが可能となる。なお、各モジュール制御装置９０は、複数の燃料電池スタック２１のうち、暖機の進行が遅れている燃料電池スタック２１の燃料ガスの供給量を、暖機の進行が進んでいる燃料ガスの供給量に対して上限量を超えない範囲内で増量する増量補正を行なうようにしてもよい。

[0048] 次に、他の実施形態に係る起動処理の詳細について説明する。図１６は、統合制御装置１００により実行される統合制御装置側起動処理の一例を示すフローチャートであり、図１７は、各モジュール制御装置９０により実行されるモジュール制御装置側起動処理の一例を示すフローチャートである。これらの処理は、上位システムからシステムの起動が要求されたときに実行される。

[0049] 統合制御装置側起動処理において、統合制御装置１００（ＣＰＵ１０１）は、まず、全てのモジュール制御装置９０に対して暖機前準備を指示する（ステップＳ１１００）。一方、モジュール制御装置側起動処理において、各モジュール制御装置９０は、統合制御装置１００から暖機前準備の指示を受信するのを待つ（ステップＳ１１５０）。続いて、各モジュール制御装置９０は、暖機前準備として、対応する発電ユニット１１の各種補機３０や各種センサが正常に動作するか否かを確認したり、燃料電池スタック２１の温度（スタック温度Ｔｓｔ）が適正範囲内にあるか否かを確認したりして（ステップＳ１１５２）、対応する燃料電池スタック２１の運転可否を判定する（ステップＳ１１５４）。そして、各モジュール制御装置９０は、対応する燃料電池スタック２１の運転が可能であると判定すると（ステップＳ１１５６

の「ＹＥＳ」）、運転可能である旨の通知（運転可能通知）を統合制御装置１００に送信して（ステップＳ１１５８）、ステップＳ１１６２に進む。一方、各モジュール制御装置９０は、対応する燃料電池スタック２１の運転が不可能であると判定すると（ステップＳ１１５６の「ＮＯ」）、運転不可能である旨の通知（運転不可能通知）を統合制御装置１００に送信して（ステップＳ１１６０）、ステップＳ１１６２に進む。

[0050] 統合制御装置１００は、各モジュール制御装置９０から運転可能通知を受信したか否か（ステップＳ１１０２）、運転不可能通知を受信したか否か（ステップＳ１１０４）、をそれぞれ判定する。統合制御装置１００は、いずれの通知も受信していないと判定すると、ステップＳ１１０２に戻って、受信の判定を繰り返す。一方、統合制御装置１００は、運転可能通知を受信したと判定すると、全てのモジュール制御装置９０から運転可能通知を受信したか否かを判定する（ステップＳ１１０６）。統合制御装置１００は、いずれかのモジュール制御装置９０から運転可能通知を受信していないと判定すると、ステップＳ１１０２に戻る。一方、統合制御装置１００は、全てのモジュール制御装置９０から運転可能通知を受信したと判定すると、各燃料電池スタック２１に燃料ガス（水素）を供給可能とするため、開閉弁３２を開弁し（ステップＳ１１０８）、全てのモジュール制御装置９０に対して暖機運転を指示して（ステップＳ１１１０）、ステップＳ１１１４に進む。一方、統合制御装置１００は、ステップＳ１１０４において、いずれかのモジュール制御装置９０から運転不可能通知を受信したと判定すると、全てのモジュール制御装置９０に対して起動中止を指示して（ステップＳ１１１２）、統合制御装置側起動処理を終了する。各モジュール制御装置９０は、統合制御装置１００から暖機運転指示を受信したか否か（ステップＳ１１６２）、起動中止指示を受信したか否か（ステップＳ１１６４）、をそれぞれ判定する。各モジュール制御装置９０は、いずれの指示も受信していないと判定すると、ステップＳ１１６２に戻って、受信の判定を繰り返す。各モジュール制御装置９０は、起動中止指示を受信したと判定すると、暖機運転を実行す

ることなく、そのままモジュール制御装置側起動処理を終了する。一方、各モジュール制御装置９０は、暖機運転指示を受信したと判定すると、暖機運転を開始すると共に（ステップＳ１１６６）、経過時間の計測を開始する（ステップＳ１１６８）。暖機運転は、燃焼範囲内の燃料濃度で燃料電池スタック２１（燃焼器２２）に燃料ガス（水素）とエアとが供給されるように水素ブロワ４２とエアブロワ５３とを制御した後、着火装置２２ｆのイグナイタを駆動して燃焼器２２内の燃料ガスを燃焼させ、当該燃料電池スタック２１の暖機が完了して発電可能状態に至るまで燃料ガスとエアとを継続して供給することにより行なわれる。

[0051] そして、各モジュール制御装置９０は、対応する温度センサ９４からのスタック温度Ｔｓｔが閾値α以上であるか否か（ステップＳ１１７０）、対応する電圧センサ９１からの電圧（開回路電圧ＯＣＶ）が閾値β以上であるか否か（ステップＳ１１７２）、をそれぞれ判定する。ここで、閾値α，βは、燃料電池スタック２１が発電可能な状態にあるか否かを判定するための閾値である。各モジュール制御装置９０は、スタック温度Ｔｓｔが閾値α以上でないと判定したり、スタック温度Ｔｓｔが閾値α以上であっても開回路電圧ＯＣＶが閾値β以上でないと判定したりすると、暖機運転を開始してからの経過時間が閾値γ以上であるか否かを判定する（ステップＳ１１７４，Ｓ１１７６）。ここで、閾値γは、燃料電池スタック２１の暖機の完了に通常要する時間よりも長い時間に定められる。各モジュール制御装置９０は、経過時間が閾値γ以上でないと判定すると、ステップＳ１１７０に戻る。各モジュール制御装置９０は、スタック温度Ｔｓｔが閾値α以上であり且つ開回路電圧ＯＣＶが閾値β以上であると判定すると、燃料電池スタック２１の暖機運転が正常に完了したと判断し、発電可能である旨の通知（発電可能通知）を統合制御装置１００に送信して（ステップＳ１１８２）、ステップＳ１１８４に進む。一方、各モジュール制御装置９０は、スタック温度Ｔｓｔが閾値α以上でないと判定し且つ経過時間が閾値γ以上であると判定すると、補機３０に異常が生じていると判断し、タイムアウトエラーが発生した旨の

通知（タイムアウトエラー通知）をその異常の内容や当該異常が発生した発電モジュール２０の識別情報と共に統合制御装置１００に送信して（ステップＳ１１７８）、モジュール制御装置側起動処理を終了する。また、各モジュール制御装置９０は、スタック温度Ｔｓｔが閾値α以上であると判定すると共に開回路電圧ＯＣＶが閾値β以上でないと判定し且つ経過時間が閾値γ以上であると判定すると、開回路電圧ＯＣＶが十分に立ち上がらず、燃料電池スタック２１に劣化が生じていると判断し、タイムアウトエラー通知をその異常の内容や当該異常が発生した発電モジュール２０の識別情報と共に統合制御装置１００に送信して（ステップＳ１１８０）、モジュール制御装置側起動処理を終了する。図１８に示すように、燃料電池スタック２１の暖機が開始されて、スタック温度Ｔｓｔが上昇を開始すると、開回路電圧ＯＣＶが急激に立ち上がり、その後、暖機が進むにつれて、開回路電圧ＯＣＶが一定値に収束すると共にスタック温度Ｔｓｔが徐々に上昇していく。燃料電池スタック２１の劣化が進行すると、開回路電圧ＯＣＶが正常時よりも低くなるため、暖機運転を開始してからの経過時間が閾値γ（暖機の完了に通常要する時間よりも長い時間）以上となったタイミングで開回路電圧ＯＣＶを調べることで、燃料電池スタック２１の劣化の有無を診断することができる。

[0052] 統合制御装置１００は、ステップＳ１１１０で暖機運転を指示した後、いずれかのモジュール制御装置９０から発電可能通知を受信したか否か（ステップＳ１１１４）、タイムアウトエラー通知を受信したか否か（ステップＳ１１１６）、をそれぞれ判定する。統合制御装置１００は、いずれの通知も受信していないと判定すると、ステップＳ１１１４に戻り、受信の判定を繰り返す。一方、統合制御装置１００は、発電可能通知を受信したと判定すると、全てのモジュール制御装置９０から発電可能通知を受信したか否かを判定する（ステップＳ１１１８）。統合制御装置１００は、未だいずれかのモジュール制御装置９０から発電可能通知を受信していないと判定すると、ステップＳ１１１４に戻る。一方、統合制御装置１００は、全てのモジュール制御装置９０から発電可能通知を受信したと判定すると、電流掃引を開始す

るようにパワーコンディショナ１５を制御すると共に（ステップＳ１１２０）、全てのモジュール制御装置９０に対して発電運転を指示して（ステップＳ１１２２）、統合制御装置側起動処理を終了する。一方、統合制御装置１００は、いずれかのモジュール制御装置９０からタイムアウトエラー通知を受信したと判定すると、異常の内容や当該異常が発生した発電モジュール２０の識別情報をＥＥＰＲＯＭ１０４に記憶すると共に（ステップＳ１１２４）、全てのモジュール制御装置９０に対して停止運転を指示して（ステップＳ１１２６）、統合制御装置側起動処理を終了する。各モジュール制御装置９０は、ステップＳ１１８２で発電可能通知を送信した後、発電運転指示を受信したか否か（ステップＳ１１８４）、停止運転指示を受信したか否か（ステップＳ１１８６）、をそれぞれ判定する。各モジュール制御装置９０は、いずれの指示も受信していないと判定すると、ステップＳ１１８４に戻って、受信の判定を繰り返す。一方、各モジュール制御装置９０は、発電運転指示を受信したと判定すると、発電運転を開始して（ステップＳ１１８８）、モジュール制御装置側起動処理を終了する。なお、発電運転の制御の詳細については上述した。各モジュール制御装置９０は、停止運転指示を受信したと判定すると、そのままモジュール制御装置側起動処理を終了する。なお、停止運転は、後述するモジュール制御装置側停止処理にて実行される。以上、起動処理の詳細について説明した。

[0053] 次に、停止処理の詳細について説明する。図１９は、統合制御装置１００により実行される統合制御装置側停止処理の一例を示すフローチャートであり、図２０は、各モジュール制御装置９０により実行されるモジュール制御装置側停止処理の一例を示すフローチャートである。

[0054] 統合制御装置側停止処理において、統合制御装置１００（ＣＰＵ１０１）は、まず、上位システムからシステムの停止が要求されるのを待つ（ステップＳ１２００）。統合制御装置１００は、システムの停止が要求されたと判定すると、各燃料電池スタック２１からの電流掃引を停止するようパワーコンディショナ１５を制御すると共に（ステップＳ１２０２）、全てのモジュ

ール制御装置９０に対して停止運転を指示する（ステップＳ１２０４）。一方、モジュール制御装置側停止処理において、各モジュール制御装置９０は、統合制御装置１００から停止運転指示を受信すると（ステップＳ１２５０）、対応する燃料電池スタック２１の冷却に必要な所定流量でエアの供給を開始すると共に（ステップＳ１２５２）、燃焼器２２の燃焼領域が燃焼下限界以下の濃度となる流量で燃料ガスの供給を開始する（ステップＳ１２５２）。そして、各モジュール制御装置９０は、経過時間の計測を開始する（ステップＳ１２５６）。次に、各モジュール制御装置９０は、後述する即時停止指示を受信したか否か（ステップＳ１２５８）、スタック温度Ｔｓｔが閾値Ａ未満であるか否か（ステップＳ１２６０）、経過時間が閾値Ｂ以上であるか否か（ステップＳ１２６２）、をそれぞれ判定する。ここで、閾値Ａは、燃料電池スタック２１の触媒酸化が進行する温度範囲における下限値近傍の値に定められている。閾値Ｂは、停止運転においてスタック温度Ｔｓｔが閾値Ａを下回るのに通常要する時間よりも長い時間に定められる。各モジュール制御装置９０は、即時停止指示を受信していないと判定し、スタック温度Ｔｓｔが閾値Ａ未満でないと判定し且つ経過時間が閾値Ｂ以上でないと判定すると、ステップＳ１２５８に戻り、受信の判定を繰り返す。一方、各モジュール制御装置９０は、即時停止指示を受信していないと判定し且つスタック温度Ｔｓｔが閾値Ａ未満であると判定すると、燃料電池スタック２１の冷却が完了したと判断し、エアと燃料ガスの供給を停止し（ステップＳ１２６４）、停止運転が完了した旨の通知（停止完了通知）を統合制御装置１００に送信して（ステップＳ１２６６）、モジュール制御装置側停止処理を終了する。各モジュール制御装置９０は、即時停止指示を受信していないと判定し、スタック温度Ｔｓｔが閾値Ａ未満でないと判定し且つ経過時間が閾値Ｂ以上であると判定すると、燃料電池スタック２１を冷却できておらず、通常の停止運転ではシステムを停止できないと判断し、タイムアウトエラー通知を統合制御装置１００に送信して（ステップＳ１２６８）、ステップＳ１２５８に戻る。燃料電池スタック２１を冷却できないケースとしては、エア

の供給量が不足している場合や燃料ガスの供給量が過多で燃焼器２２の燃焼が維持されている場合が考えられ、いずれの場合も補機３０に異常が生じているおそれがあると判断される。

[0055] 統合制御装置１００は、ステップＳ１２０４で全てのモジュール制御装置９０に停止運転を指示した後、いずれかのモジュール制御装置９０から停止完了通知を受信したか否か（ステップＳ１２０６）、タイムアウトエラー通知を受信したか否か（ステップＳ１２０８）、をそれぞれ判定する。統合制御装置１００は、いずれの通知も受信していないと判定すると、ステップＳ１２０６に戻って、受信の判定を繰り返す。一方、統合制御装置１００は、停止完了通知を受信したと判定すると、全てのモジュール制御装置９０から停止完了通知を受信したか否かを判定する（ステップＳ１２１０）。統合制御装置１００は、いずれかのモジュール制御装置９０から停止完了通知を受信していないと判定すると、ステップＳ１２０６に戻る。一方、統合制御装置１００は、全てのモジュール制御装置９０から停止完了通知を受信したと判定すると、開閉弁３２を閉弁して（ステップＳ１２１２）、統合制御装置側停止処理を終了する。統合制御装置１００は、いずれかのモジュール制御装置９０からタイムアウトエラー通知を受信したと判定すると、タイムアウトエラー通知を送信したモジュール制御装置９０に対して即時停止指示を送信して（ステップＳ１２１４）、統合制御装置側停止処理を終了する。即時停止指示を受信したモジュール制御装置９０は、エアと燃料ガスの供給を即時停止し（ステップＳ１２６４）、停止完了通知を送信して（ステップＳ１２６６）、モジュール制御装置側停止処理を終了する。

[0056] 以上説明した他の実施形態の燃料電池システム１０では、複数の発電ユニット１１間で各燃料電池スタック２１が直列に接続されたものにおいて、統合制御装置１００は、起動処理に際して、複数のモジュール制御装置９０の全てから対応する燃料電池スタック２１の発電可能である旨の通知（発電可能通知）を受信したことに基づいて、電流掃引を開始して全てのモジュール制御装置９０に対して対応する燃料電池スタック２１の発電運転の開始を指

示することとしている。これにより、電流掃引を開始する際に、低温の燃料電池スタック２１から過大な電流が流れるのを回避して、燃料電池スタック２１が劣化するのをより確実に抑制することができる。

[0057] また、他の実施形態の燃料電池システム１０では、各モジュール制御装置９０は、起動処理に際して、対応する燃料電池スタック２１（発電ユニット１１）が運転可否を判定すると共に、判定の結果（運転可能通知または運転不可能通知）を統合制御装置１００へ送信し、統合制御装置１００は、全てのモジュール制御装置９０から運転可能通知を受信したことに基づいて、全てのモジュール制御装置９０に対して対応する燃料電池スタック２１の暖機運転の開始を指示する。これにより、直列に接続された複数の燃料電池スタック２１のうちいずれかが運転可能な状態にない場合に、他の燃料電池スタック２１の暖機運転が開始されるのを回避することができる。

[0058] 更に、各モジュール制御装置９０は、暖機運転を開始してからの経過時間が閾値γに達する前に、対応する燃料電池スタック２１の温度（スタック温度Ｔｓｔ）が閾値α以上で且つ対応する燃料電池スタック２１の開回路電圧ＯＣＶが閾値β以上となると、発電可能通知を統合制御装置１００に送信する。一方、各モジュール制御装置９０は、スタック温度Ｔｓｔが閾値α以上となる前に暖機運転を開始してからの経過時間が閾値γに達すると、対応する燃料電池スタック２１が劣化したと判定してタイムアウトした旨の通知（タイムアウトエラー通知）を統合制御装置１００に送信し、開回路電圧ＯＣＶが閾値β以上となる前に暖機運転を開始してからの経過時間が閾値γに達すると、補機３０の異常（システム故障）と判定してタイムアウトエラー通知を統合制御装置１００に送信する。そして、統合制御装置１００は、いずれかのモジュール制御装置９０からタイムアウトエラー通知を受信すると、全てのモジュール制御装置９０に対して、停止運転を指示する。これにより、直列に接続された複数の燃料電池スタック２１のうち暖機運転が完了していない低温の燃料電池スタック２１や補機３０の異常が生じている燃料電池スタック２１から電流掃引がなされるのを回避し、当該燃料電池スタック２

１の故障を抑制することができる。

[0059] また、各モジュール制御装置９０は、停止処理に際して、対応する燃料電池スタック２１に燃焼下限界以下の範囲で燃料ガスとエアとを供給する停止運転を行ない、対応する燃料電池スタック２１の温度（スタック温度Ｔｓｔ）が閾値Ａ未満となったことに基づいて燃料ガスとエアの供給を停止して停止運転が完了した旨の通知（停止完了通知）を統合制御装置１００に送信し、スタック温度Ｔｓｔが閾値Ａ未満となる前に停止運転を開始してからの経過時間が閾値Ｂに達すると、停止運転が完了しなかった旨の通知（タイムアウトエラー通知）を統合制御装置１００に送信する。統合制御装置１００は、いずれかのモジュール制御装置９０からタイムアウトエラー通知を受信すると、該当するモジュール制御装置９０に対して即時停止運転を指示する。これにより、直列に接続された複数の燃料電池スタック２１のいずれかで停止運転を完了できない場合にも適切に対応することができる。

[0060] 上述した実施形態では、燃料供給系４０は、燃料ガスとして水素ガスを燃料電池スタック２１の燃料極に供給するものとしたが、天然ガスやＬＰガス等の原燃料ガスを、水素ガスを含む燃料ガスに改質して燃料電池スタック２１の燃料極に供給するようにしてもよい。この場合、燃料供給系は、分岐管４１に原燃料ガスを圧送するガスポンプと原燃料ガス中の硫黄成分を除去する脱硫器とを備え、モジュールケース２９内に水（改質水）の供給を受けて水蒸気を生成する蒸発器と、蒸発器からの水蒸気を用いて原燃料ガスを燃料ガスに改質する改質器とを備えていればよい。

[0061] 上述した実施形態では、各燃料電池スタック２１は、水素とエアに含まれる酸素との反応により発電する発電動作を行なうものとした。しかし、燃料電池スタック２１は、可逆作動固体酸化物セルスタックであり、発電動作を実行するＦＣモードと、電源から電力が供給された状態で高温水蒸気電解により水素を生成する電解動作を実行するＥＣモードと、を備えてもよい。なお、電源としては、系統電源や、太陽光発電装置などの再生可能エネルギ、蓄電池などを用いることができる。

[0062] 図２１は、他の実施形態に係る燃料電池システム１０Ｂの概略構成図であり、図２２は、その発電モジュール２０の概略構成図である。他の実施形態に係る燃料電池システム１０Ｂにおいて、発電モジュール２０は、燃料電池スタック２１や燃焼器２２、熱交換器２３，２４に加えて、蒸発器２５等を含み、これらは、断熱性を有するモジュールケース２９に収容されている。なお、蒸発器２５に、蒸発器２５で不足する熱を補うためのヒータを備えてもよい。各種補機３０には、燃料供給系４０や、エア供給系５０、循環系６０、排熱回収系７０に加えて、水供給系８０等が含まれる。

[0063] 水供給系８０は、水（原料水）を貯留する水タンク８１と、水タンク８１に一端が接続された水供給管８２と、水供給管８２の他端から各発電モジュール２０へ分岐する分岐管８３と、各分岐管８３にそれぞれ設置された水ポンプ８４と、を有する。水ポンプ８４を作動させることで、水タンク８１内の原料水は、発電モジュール２０へと圧送（供給）される。水ポンプ８４は、各分岐管８３にそれぞれ設置されているから、各水ポンプ８４を個別に制御することにより、発電モジュール２０毎に原料水の供給量を制御することができる。水供給系８０の分岐管８３と燃料ガス供給管２１ａとの間には、蒸発器２５が接続されている。原料水は、蒸発器２５で蒸発させられて水蒸気に変換される。

[0064] ＥＣモードでは、燃料電池スタック２１の燃料極には、燃料ガスとして水供給系８０と燃料供給系４０とにより供給される水蒸気と若干量の水素ガスとが燃料ガス供給管２１ａを介して導入され、燃料電池スタック２１の空気極には、スイープガスとしてエア供給系５０により供給されるエアが酸化剤ガス供給管２１ｂを介して導入される。そして、電源により燃料電池スタック２１（可逆作動固体酸化物形セルスタック）の端子間に所定電圧の電力が供給されると、燃料極に導入された水蒸気は、燃料極において電解作用により水素と酸素イオン（O^{2-}）とに分解され、当該酸素イオンが電解質を透過することで空気極において酸素が生成される。なお、本実施形態では、燃料極には、水蒸気と共に若干量の水素ガスも供給されるため、燃料極が還元雰囲

気に保たれ、当該燃料極が酸化劣化するのを抑制することができる。燃料極で生成された水素ガスは、電解未反応の水蒸気と共に燃料極オフガスとして排出され、水供給系８０から当該燃料極に供給される水蒸気等と熱交換器２３で熱交換してからモジュールケース２９外へ排出される。そして、水素ガスと水蒸気とを含む燃料極オフガスは、燃料極オフガス配管６２を通って循環系６０に供給され、循環系６０に設けられた凝縮器６１により冷却させられて水蒸気が除去された後、集合管３，開閉弁４を介して水素タンク２に貯留される。なお、開閉弁４は、ＦＣモードでは閉弁されており、ＥＣモードで開弁される。また、凝縮器６１を通過した燃料極オフガス（水素ガス）の一部は、燃料極オフガス配管６３を通って燃焼器２２へ供給される。一方、空気極で生成された酸素ガスは、空気極を通過するエアと共に空気極オフガスとして燃焼器２２へ直接に供給される。燃焼器２２で燃料極オフガスと空気極オフガスとの混合ガスが燃焼することにより生成される燃焼熱は、蒸発器２５に伝達される。蒸発器２５は、水供給系８０から供給される水（原料水）を蒸発させて水蒸気を生成すると共に生成した水蒸気を昇温する。また、燃焼器２２では、燃焼排ガスが生成され、生成された燃焼排ガスは、エア供給系５０から当該空気極に供給されるエアと熱交換器２４で熱交換してから、燃焼排ガス配管７２を通り、排熱回収系７０を経て外気へ排出される。

[0065] こうして構成された他の実施形態に係る燃料電池システム１０Ｂにおいては、電力の需要に応じてＦＣモードとＥＣモードとを切り替えて実行することができる。例えば、負荷Ｌが電力を要求している場合にはＦＣモードを選択し、負荷Ｌが電力を要求していない場合にはＥＣモードを選択することができる。また、デマンドレスポンス契約を締結した燃料電池システム１０Ｂにおいては、電力の需要量を減らす下げＤＲが要求された場合にはＦＣモードを選択し、電力の需要量を増やす上げＤＲが要求された場合にはＥＣモードを選択することができる。

[0066] 上述した実施形態では、燃料電池システム１０が備える複数の発電モジュール２０は、それぞれ１つの燃料電池スタック２１を備えるものとした。し

かし、複数の発電モジュール２０の全てまたは一部は、直列に接続された複数個の燃料電池スタック２１を備えてもよい。

[0067] 上述した実施形態では、モジュール制御装置９０と統合制御装置１００とは、別々の制御ユニットにより構成されたが、単一の制御ユニットにより構成されてもよい。

[0068] ［本実施形態のまとめ］

以上説明したように、本開示の燃料電池システム（１０）は、燃料ガスと酸化剤ガスとの反応により発電する１つ以上の燃料電池スタック（２１）と、前記燃料電池スタック（２１）からの残余燃料ガスと残余酸化剤ガスとの混合ガスを燃焼させる燃焼部（２２）と、前記燃料電池スタック（２１）と前記燃焼部（２２）とを収容する断熱性のケース（２９）と、前記燃料電池スタック（２１）に前記燃料ガスを供給する燃料供給系（４０）と、前記燃料電池スタック（２１）に前記酸化剤ガスを供給する酸化剤ガス供給系（５０）と、をそれぞれ含む複数の発電ユニット（１１）を備え、前記複数の発電ユニット（１１）間で各燃料電池スタック（２１）が直列に接続されてなる燃料電池システム（１０）であって、システム（１０）の起動が要求されると、前記複数の燃料電池スタック（２１）にそれぞれ前記燃料ガスと前記酸化剤ガスとを供給して前記燃焼部（２２）で燃焼させることにより該複数の燃料電池スタック（２１）の暖機運転を開始し、前記複数の燃料電池スタック（２１）の全てが発電可能状態に至った場合に、電流掃引を開始して前記複数の燃料電池スタック（２１）の発電を開始させる起動制御部（９０，１００）と、を備えることを要旨とする。

[0069] この本開示の燃料電池システムでは、直列に接続された複数の燃料電池スタックの全てが発電可能状態に至ったときに電流掃引を開始して当該複数の燃料電池スタックを同時に発電させる。これにより、一部の低温の燃料電池スタックから電流掃引がなされないようにして、当該燃料電池スタックの劣化を抑制することができる。

[0070] こうした本開示の燃料電池システム（１０）において、前記複数の燃料電

池スタック（２１）が同時期に発電可能状態に至るように該複数の燃料電池スタック（２１）の暖機運転の開始タイミングを調整する暖機開始タイミング調整部（１００）を備えてもよい。

[0071] 複数の燃料電池スタックにおいて発電可能状態に至る時期がずれると、先に発電可能状態に至った燃料電池スタックで発電可能状態を維持するための無駄な燃料消費が発生する。本開示の燃料電池システムでは、複数の燃料電池スタックの暖機運転の開始タイミングを調整することで、複数の燃料電池スタックが同時期に発電可能状態に至るようにし、無駄な燃料消費の発生を抑制することができる。

[0072] 暖機開始タイミング調整部（１００）を備える本開示の燃料電池システム（１０）において、前記複数の燃料電池スタック（２１）がそれぞれ発電可能状態に至るのに要した所要時間を記憶する記憶部（１０４）を備え、前記暖機開始タイミング調整部（１００）は、前記記憶部（１０４）に記憶された過去の所要時間に基づいて、次回以降にシステム（１０）を起動するときに前記複数の燃料電池スタック（２１）が同時期に発電可能状態に至るように該複数の燃料電池スタック（２１）における暖機運転の開始タイミングを調整してもよい。

[0073] こうすれば、より確実に、複数の燃料電池スタックを同時期に発電可能状態に至らせることができる。

[0074] また、暖機開始タイミング調整部（１００）を備える本開示の燃料電池システム（１０）において、前記燃料電池スタック（２１）毎に暖機運転の開始タイミングを予め記憶する記憶部（１０４）を備え、前記暖機開始タイミング調整部（１００）は、前記記憶部（１０４）に記憶された開始タイミングに従って、前記複数の燃料電池スタック（２１）における暖機運転の開始タイミングを調整してもよい。

[0075] 例えば予め実験的に求めた開始タイミングを記憶部に記憶しておくことで、複数の燃料電池スタックを同時期に発電可能状態に至らせることができる。

[0076] さらに、本開示の燃料電池システム（１０）において、前記複数の燃料電池スタック（２１）における暖機運転の進行状況を監視し、暖機運転の進行状況に基づいて前記複数の燃料電池スタック（２１）に対するそれぞれの前記燃料ガスの供給量を調整する燃料供給量調整部（９０）を備えてもよい。

[0077] こうすれば、無駄な燃料消費をより確実に抑制することができる。

[0078] 燃料供給量調整部（９０）を備える本開示の燃料電池システム（１０）において、前記燃料供給量調整部（９０）は、前記複数の燃料電池スタック（２１）のうち、他よりも先に暖機運転が完了した燃料電池スタック（２１）に対する前記燃料ガスの供給量を、該燃料電池スタック（２１）に対する暖機運転中の前記燃料ガスの供給量よりも減量してもよいし、前記燃料供給量調整部（９０）は、前記複数の燃料電池スタック（２１）のうち、暖機運転の進行が進んでいる燃料電池スタック（２１）に対する前記燃料ガスの供給量を、暖機運転の進行が遅れている燃料電池スタック（２１）に対する前記燃料ガスの供給量よりも減量してもよいし、前記燃料供給量調整部（９０）は、前記複数の燃料電池スタック（２１）の温度がそれぞれの目標勾配に基づいて上昇するように該複数の燃料電池スタッ（２１）クに対するそれぞれの前記燃料ガスの供給量を調整してもよい。

[0079] また、本開示の燃料電池システム（１０）において、前記複数の発電ユニット（１１）のうち対応する発電ユニット（１１）をそれぞれ制御する複数の個別制御部（９０）と、前記複数の個別制御部を統合制御する統合制御部（１００）と、を備え、前記複数の個別制御部（９０）は、起動処理に際して暖機運転の開始が指示されると、それぞれ対応する前記燃料電池スタック（２１）が暖機されるように制御し、対応する前記燃料電池スタック（２１）の暖機が完了すると、発電可能である旨の情報を前記統合制御部（１００）に送信し、前記統合制御部（１００）は、前記複数の個別制御部（９０）の全てから対応する前記燃料電池スタック（２１）の発電可能である旨の情報を受信したことに基づいて、前記複数の燃料電池スタック（２１）からの電流掃引を開始してもよい。

[0080] 複数の発電ユニット間で各燃料電池スタックが直列に接続されたものにおいて、複数の個別制御部は、起動処理に際して暖機運転の開始が指示されると、それぞれ対応する燃料電池スタックが暖機されるように制御し、対応する燃料電池スタックの暖機が完了すると、発電可能である旨の情報を統合制御部に送信する。統合制御部は、複数の個別制御部の全てから対応する燃料電池スタックの暖機が完了した旨の情報を受信したことに基づいて、複数の燃料電池スタックからの電流掃引を開始することとしている。これにより、電流掃引を開始する際に、低温の燃料電池スタックに過大な電流が流れるのを回避して、燃料電池スタックが劣化するのをより確実に抑制することができる。

[0081] 複数の個別制御部（９０）と統合制御部（１００）とを備える本開示の燃料電池システム（１０）において、前記複数の個別制御部（９０）は、起動処理に際して対応する前記燃料電池スタック（２１）の暖機運転に先立って、対応する前記発電ユニット（１１）が運転可能であることを確認し、確認の結果を前記統合制御部（１００）へ送信し、前記統合制御部（１００）は、前記複数の個別制御部（９０）の全てから対応する前記発電ユニット（１１）が運転可能である旨の情報を受信したことに基づいて、前記複数の個別制御部（９０）に対して対応する前記燃料電池スタック（２１）の暖機運転の開始を指示してもよい。

[0082] こうすれば、直列に接続された複数の燃料電池スタックのうち運転可能な状態にない燃料電池スタックに対して暖機運転が開始されるのを回避することができる。

[0083] また、複数の個別制御部（９０）と統合制御部（１００）とを備える本開示の燃料電池システム（１０）において、前記複数の個別制御部（９０）は、対応する前記燃料電池スタック（２１）の暖機運転に際して、対応する前記燃料電池スタックの温度が所定温度以上であることに基づいて対応する前記燃料電池スタック（２１）が発電可能である旨の情報を前記統合制御部（１００）に送信し、前記統合制御部（１００）は、前記複数の個別制御部（

９０）のうちのいずれかの個別制御部（９０）から、前記暖機運転が開始されてからの経過時間が所定時間に達するまでに発電可能である旨の情報を受信しなかった場合に、前記複数の個別制御部（９０）に対して対応する前記燃料電池スタック（２１）の停止運転の開始を指示してもよい。

[0084] こうすれば、直列に接続された複数の燃料電池スタックのうち暖機運転が完了していない低温の燃料電池スタックから電流掃引がなされるのを回避し、当該燃料電池スタックの劣化を抑制することができる。ここで、「発電可能である旨の情報を受信しなかった場合」には、いずれかの個別制御部から発電可能である旨の情報を統合制御部が受信しないまま経過時間が所定時間に達した場合や、いずれかの個別制御部から経過時間が所定時間に達して発電可能でない旨の情報を統合制御部が受信した場合が含まれる。

[0085] また、複数の個別制御部（９０）と統合制御部（１００）とを備える本開示の燃料電池システム（１０）において、前記複数の個別制御部（９０）は、対応する前記燃料電池スタック（２１）の暖機運転に際して、対応する前記燃料電池スタック（２１）の温度が所定温度以上で且つ対応する前記燃料電池スタック（２１）の開回路電圧が所定電圧以上であることに基づいて対応する前記燃料電池スタック（２１）が発電可能である旨の情報を前記統合制御部（１００）に送信し、対応する前記燃料電池スタック（２１）の温度が前記所定温度以上となる前に前記暖機運転が開始されてからの経過時間が所定時間に達した場合に、対応する前記燃料電池スタック（２１）が劣化したと判定して発電可能でない旨の情報を前記統合制御部（１００）に送信し、前記開回路電圧が所定電圧以上となる前に前記暖機運転が開始されてからの経過時間が前記所定時間に達した場合に、システム故障と判定して発電可能でない旨の情報を前記統合制御部（１００）に送信し、前記統合制御部（１００）は、前記複数の個別制御部（９０）のうちのいずれかの個別制御部（９０）から発電可能でない旨の情報を受信したことに基づいて、前記複数の個別制御部（９０）に対して前記停止運転の開始を指示してもよい。

[0086] こうすれば、暖機運転によっても燃料電池スタックが発電可能な状態に至

らなかった場合に異常の原因を特定することが可能となり、メンテナンス性を向上させることができる。

[0087] また、複数の個別制御部（９０）と統合制御部（１００）とを備える本開示の燃料電池システム（１０）において、前記複数の個別制御部（９０）は、停止処理に際して、対応する前記燃料電池スタック（２１）に燃焼下限界以下の範囲で前記燃料ガスと前記酸化剤ガスとを供給する停止運転を行ない、対応する前記燃料電池スタック（２１）の温度が所定温度未満となったことに基づいて前記燃料ガスと前記酸化剤ガスの供給を停止して停止運転が完了した旨の情報を前記統合制御部（１００）に送信し、前記統合制御部（１００）は、前記複数の個別制御部（９０）のうちのいずれかの個別制御部（９０）から、前記停止運転を開始してからの経過時間が所定時間に達するまでに前記停止運転が完了した旨の情報を受信しなかった場合に、該当する個別制御部（９０）に対して前記燃料ガスと前記酸化剤ガスの供給を即時停止する即時停止運転を指示してもよい。

[0088] こうすれば、複数の燃料電池スタックのいずれかで停止運転を完了できない場合にも適切に対応することができる。ここで、「停止運転が完了した旨の情報を受信しなかった場合」には、いずれかの個別制御部から停止運転が完了した旨の情報を統合制御部が受信しないまま経過時間が所定時間に達した場合や、いずれかの個別制御部から経過時間が所定時間に達して停止運転が完了しなかった旨の情報を統合制御部が受信した場合が含まれる。

[0089] 以上、本開示を実施するための形態について実施形態を用いて説明したが、本開示はこうした実施形態に何等限定されるものではなく、本開示の要旨を逸脱しない範囲内において、種々なる形態で実施し得ることは勿論である。

[0090] なお、本明細書では、出願当初の請求項５において、「請求項１に記載の燃料電池システム」を「請求項１ないし４のいずれか１項に記載の燃料電池システム」に変更した技術的思想も開示されている。また、本明細書では、出願当初の請求項１３において、「請求項９に記載の燃料電池システム」を

「請求項９ないし１２のいずれか１項に記載の燃料電池システム」に変更した技術的思想も開示されている。

産業上の利用可能性

[0091] 本開示は、燃料電池システムの製造産業などに利用可能である。

符号の説明

[0092] １０，１０Ｂ 燃料電池システム、２１ 燃料電池スタック、１１ 発電ユニット、２２ 燃焼器（燃焼部）、２９ モジュールケース（ケース）、４０ 燃料供給系、５０ エア供給系（酸化剤ガス供給系）、９０ モジュール制御装置（個別制御部、起動制御部、燃料供給量調整部）、１００ 統合制御装置（統合制御部、起動制御部、暖機開始タイミング調整部）、１０４ ＥＥＰＲＯＭ（記憶部）。

請求の範囲

[請求項1] 燃料ガスと酸化剤ガスとの反応により発電する１つ以上の燃料電池スタックと、前記燃料電池スタックからの残余燃料ガスと残余酸化剤ガスとの混合ガスを燃焼させる燃焼部と、前記燃料電池スタックと前記燃焼部とを収容する断熱性のケースと、前記燃料電池スタックに前記燃料ガスを供給する燃料供給系と、前記燃料電池スタックに前記酸化剤ガスを供給する酸化剤ガス供給系と、をそれぞれ含む複数の発電ユニットを備え、前記複数の発電ユニット間で各燃料電池スタックが直列に接続されてなる燃料電池システムであって、

システムの起動が要求されると、前記複数の燃料電池スタックにそれぞれ前記燃料ガスと前記酸化剤ガスとを供給して前記燃焼部で燃焼させることにより該複数の燃料電池スタックの暖機運転を開始し、前記複数の燃料電池スタックの全てが発電可能状態に至った場合に、電流掃引を開始して前記複数の燃料電池スタックの発電を開始させる起動制御部と、

を備える燃料電池システム。

[請求項2] 請求項１に記載の燃料電池システムであって、

前記複数の燃料電池スタックが同時期に発電可能状態に至るように該複数の燃料電池スタックの暖機運転の開始タイミングを調整する暖機開始タイミング調整部を備える、

燃料電池システム。

[請求項3] 請求項２に記載の燃料電池システムであって、

前記複数の燃料電池スタックがそれぞれ発電可能状態に至るのに要した所要時間を記憶する記憶部を備え、

前記暖機開始タイミング調整部は、前記記憶部に記憶された過去の所要時間に基づいて、次回以降にシステムを起動するときに前記複数の燃料電池スタックが同時期に発電可能状態に至るように該複数の燃料電池スタックにおける暖機運転の開始タイミングを調整する、

燃料電池システム。

[請求項4] 請求項２に記載の燃料電池システムであって、

前記燃料電池スタック毎に暖機運転の開始タイミングを予め記憶する記憶部を備え、

前記暖機開始タイミング調整部は、前記記憶部に記憶された開始タイミングに従って、前記複数の燃料電池スタックにおける暖機運転の開始タイミングを調整する、

燃料電池システム。

[請求項5] 請求項１に記載の燃料電池システムであって、

前記複数の燃料電池スタックにおける暖機運転の進行状況を監視し、暖機運転の進行状況に基づいて前記複数の燃料電池スタックに対するそれぞれの前記燃料ガスの供給量を調整する燃料供給量調整部を備える、

燃料電池システム。

[請求項6] 請求項５に記載の燃料電池システムであって、

前記燃料供給量調整部は、前記複数の燃料電池スタックのうち、他よりも先に暖機運転が完了した燃料電池スタックに対する前記燃料ガスの供給量を、該燃料電池スタックに対する暖機運転中の前記燃料ガスの供給量よりも減量する、

燃料電池システム。

[請求項7] 請求項５に記載の燃料電池システムであって、

前記燃料供給量調整部は、前記複数の燃料電池スタックのうち、暖機運転の進行が進んでいる燃料電池スタックに対する前記燃料ガスの供給量を、暖機運転の進行が遅れている燃料電池スタックに対する前記燃料ガスの供給量よりも減量する、

燃料電池システム。

[請求項8] 請求項５に記載の燃料電池システムであって、

前記燃料供給量調整部は、前記複数の燃料電池スタックの温度がそ

れぞれの目標勾配に基づいて上昇するように該複数の燃料電池スタックに対するそれぞれの前記燃料ガスの供給量を調整する、

燃料電池システム。

[請求項9] 請求項１ないし８いずれか１項に記載の燃料電池システムであって、

前記複数の発電ユニットのうち対応する発電ユニットをそれぞれ制御する複数の個別制御部と、

前記複数の個別制御部を統合制御する統合制御部と、

を備え、

前記複数の個別制御部は、起動処理に際して暖機運転の開始が指示されると、それぞれ対応する前記燃料電池スタックが暖機されるように制御し、対応する前記燃料電池スタックの暖機が完了すると、発電可能である旨の情報を前記統合制御部に送信し、

前記統合制御部は、前記複数の個別制御部の全てから対応する前記燃料電池スタックの発電可能である旨の情報を受信したことに基づいて、前記複数の燃料電池スタックからの電流掃引を開始する、

燃料電池システム。

[請求項10] 請求項９に記載の燃料電池システムであって、

前記複数の個別制御部は、起動処理に際して対応する前記燃料電池スタックの暖機運転に先立って、対応する前記発電ユニットが運転可能であることを確認し、確認の結果を前記統合制御部へ送信し、

前記統合制御部は、前記複数の個別制御部の全てから対応する前記発電ユニットが運転可能である旨の情報を受信したことに基づいて、前記複数の個別制御部に対して対応する前記燃料電池スタックの暖機運転の開始を指示する、

燃料電池システム。

[請求項11] 請求項９に記載の燃料電池システムであって、

前記複数の個別制御部は、対応する前記燃料電池スタックの暖機運

転に際して、対応する前記燃料電池スタックの温度が所定温度以上であることに基づいて対応する前記燃料電池スタックが発電可能である旨の情報を前記統合制御部に送信し、

前記統合制御部は、前記複数の個別制御部のうちのいずれかの個別制御部から、前記暖機運転が開始されてからの経過時間が所定時間に達するまでに発電可能である旨の情報を受信しなかった場合に、前記複数の個別制御部に対して対応する前記燃料電池スタックの停止運転の開始を指示する、

燃料電池システム。

[請求項12] 請求項１１に記載の燃料電池システムであって、

前記複数の個別制御部は、対応する前記燃料電池スタックの暖機運転に際して、対応する前記燃料電池スタックの温度が所定温度以上で且つ対応する前記燃料電池スタックの開回路電圧が所定電圧以上であることに基づいて対応する前記燃料電池スタックが発電可能である旨の情報を前記統合制御部に送信し、対応する前記燃料電池スタックの温度が前記所定温度以上となる前に前記暖機運転が開始されてからの経過時間が所定時間に達した場合に、対応する前記燃料電池スタックが劣化したと判定して発電可能でない旨の情報を前記統合制御部に送信し、前記開回路電圧が所定電圧以上となる前に前記暖機運転が開始されてからの経過時間が前記所定時間に達した場合に、システム故障と判定して発電可能でない旨の情報を前記統合制御部に送信し、

前記統合制御部は、前記複数の個別制御部のうちのいずれかの個別制御部から発電可能

でない旨の情報を受信したことに基づいて、前記複数の個別制御部に対して前記停止運転の開始を指示する、

燃料電池システム。

[請求項13] 請求項９に記載の燃料電池システムであって、

前記複数の個別制御部は、停止処理に際して、対応する前記燃料電

池スタックに燃焼下限界以下の範囲で前記燃料ガスと前記酸化剤ガスとを供給する停止運転を行ない、対応する前記燃料電池スタックの温度が所定温度未満となったことに基づいて前記燃料ガスと前記酸化剤ガスの供給を停止して停止運転が完了した旨の情報を前記統合制御部に送信し、

前記統合制御部は、前記複数の個別制御部のうちのいずれかの個別制御部から、前記停止運転を開始してからの経過時間が所定時間に達するまでに前記停止運転が完了した旨の情報を受信しなかった場合に、該当する個別制御部に対して前記燃料ガスと前記酸化剤ガスの供給を即時停止する即時停止運転を指示する、

燃料電池システム。

[図1]

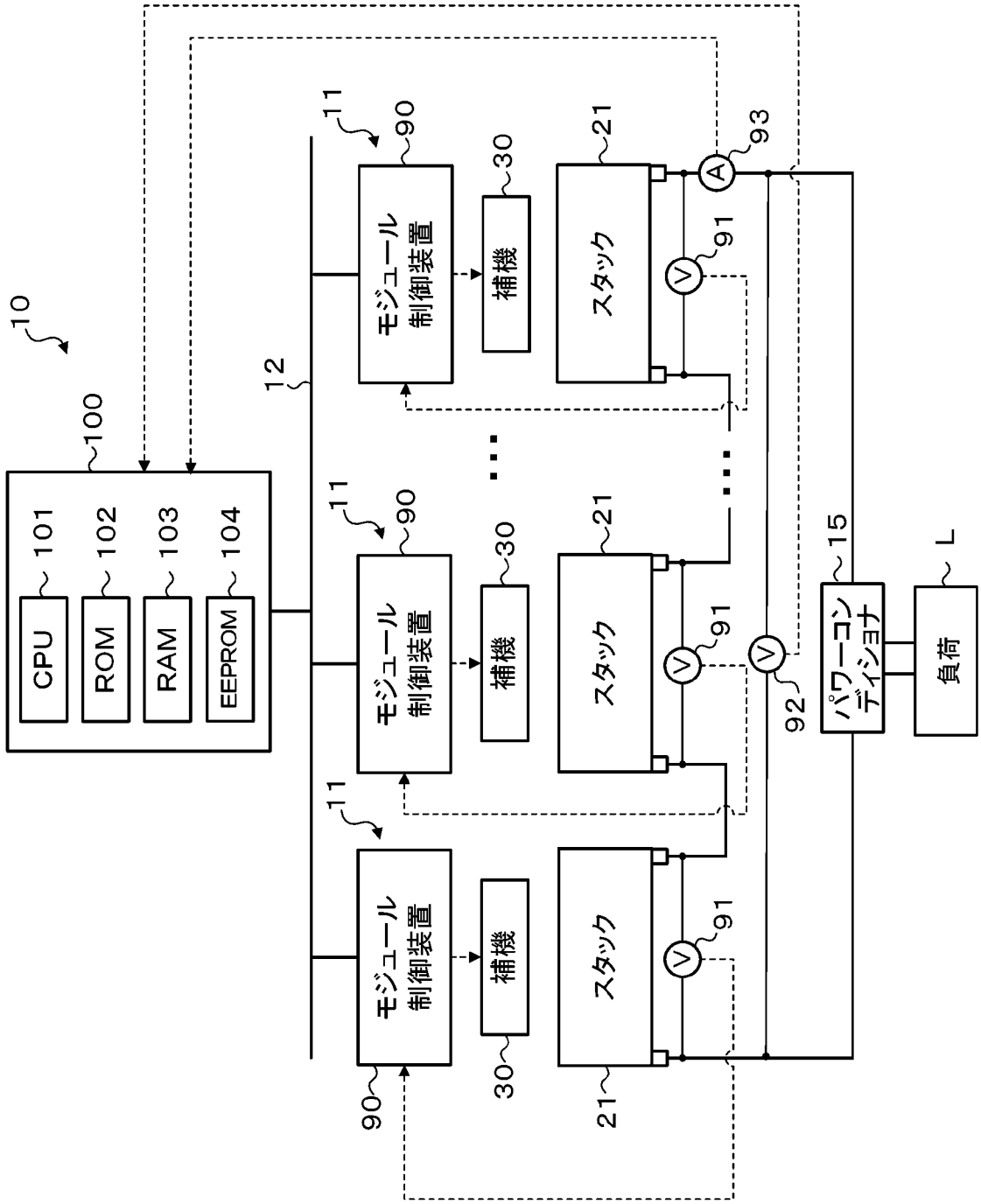

10
100
101
CPU
102
ROM
103
RAM
104
EEPROM
12
11
90
モジュール制御装置
30
補機
21
スタック
91
93
92
15
パワーコンディショナ
L
負荷

FIG. 1

[図2]

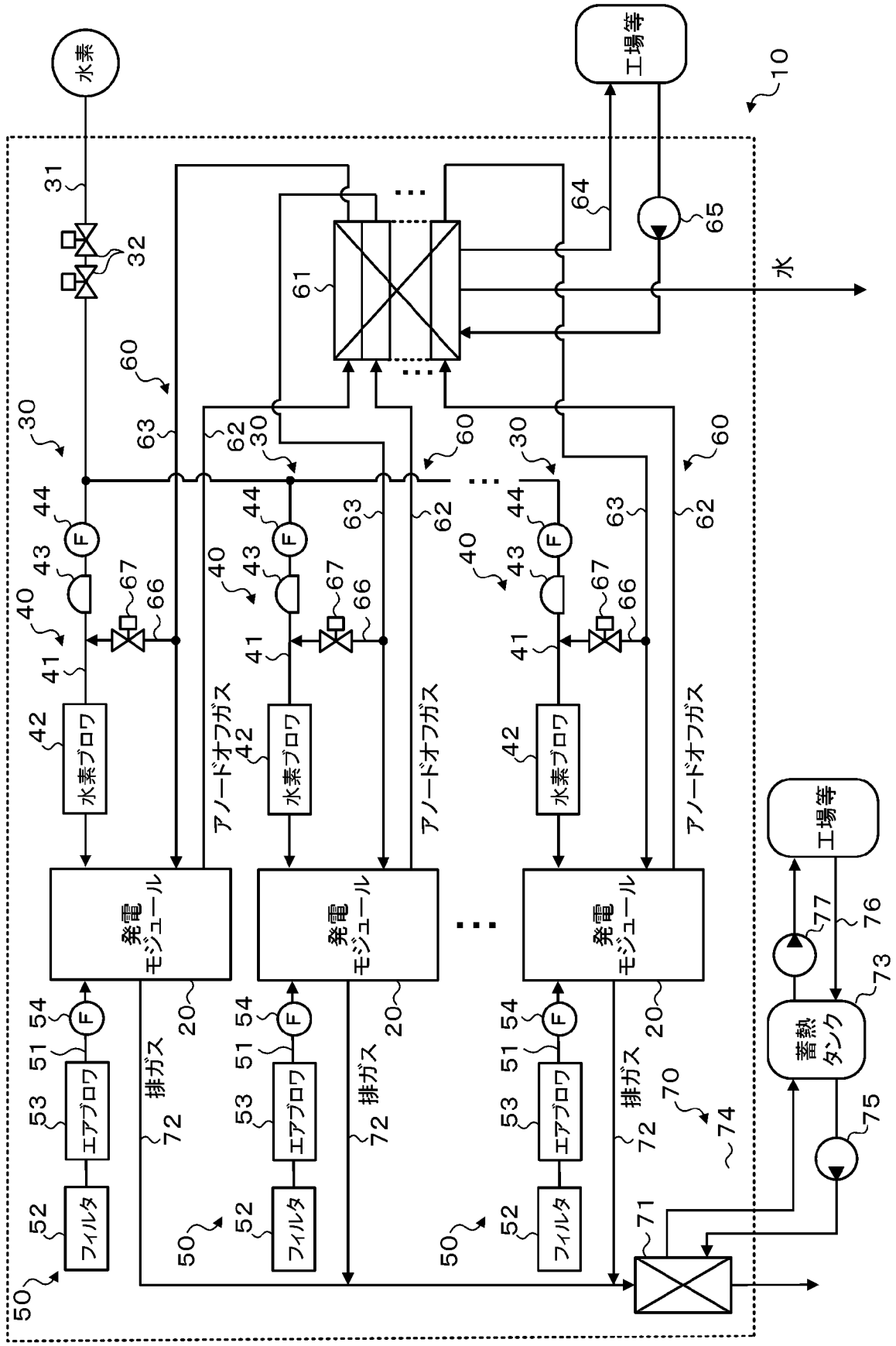

水素
工場等
10
水
31
32
60
61
63
62
64
65
30
40
41
42
43
44
66
67
水素ブロワ
アノードオフガス
発電
モジュール
20
排ガス
72
50
51
52
53
54
エアブロワ
フィルタ
70
71
74
73
蓄熱
タンク
75
76
77

FIG. 2

[図3]

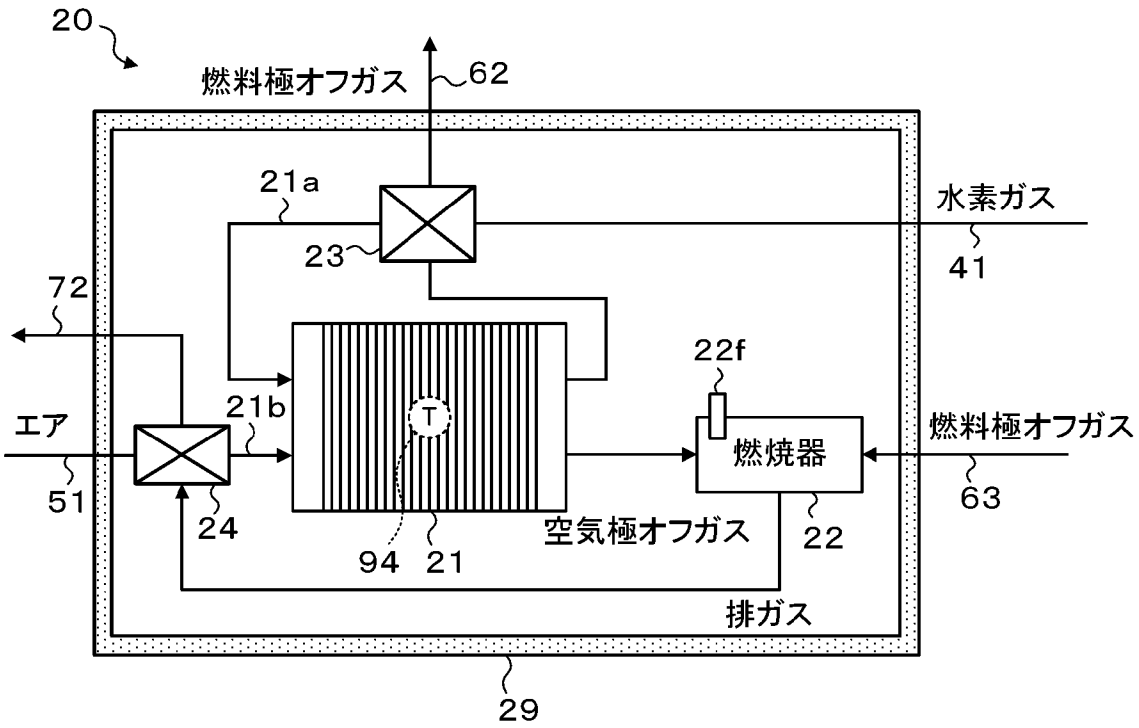

20
燃料極オフガス
62
21a
23
水素ガス
41
72
22f
エア
21b
T
燃焼器
燃料極オフガス
51
24
空気極オフガス
22
63
94
21
排ガス
29

FIG. 3

[図4]

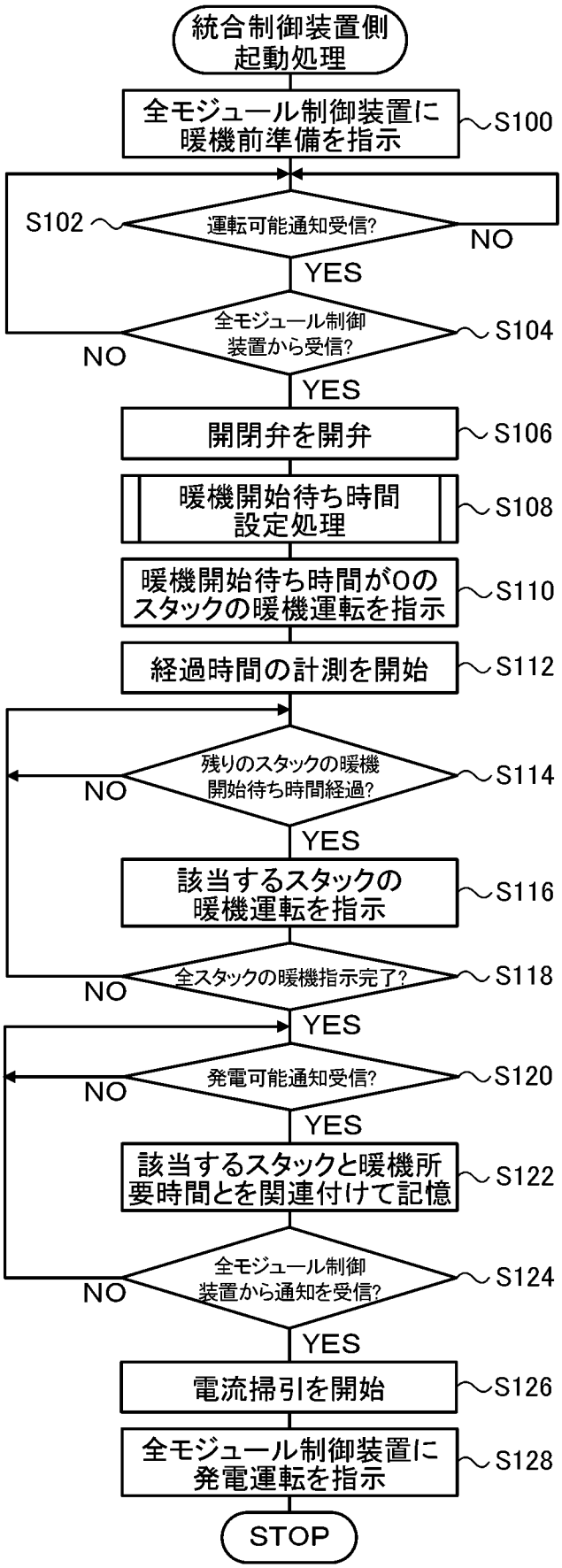

統合制御装置側
起動処理
全モジュール制御装置に
暖機前準備を指示
S100
S102
運転可能通知受信?
NO
YES
全モジュール制御
装置から受信?
S104
NO
YES
開閉弁を開弁
S106
暖機開始待ち時間
設定処理
S108
暖機開始待ち時間が0の
スタックの暖機運転を指示
S110
経過時間の計測を開始
S112
残りのスタックの暖機
開始待ち時間経過?
S114
NO
YES
該当するスタックの
暖機運転を指示
S116
全スタックの暖機指示完了?
S118
NO
YES
発電可能通知受信?
S120
NO
YES
該当するスタックと暖機所
要時間とを関連付けて記憶
S122
全モジュール制御
装置から通知を受信?
S124
NO
YES
電流掃引を開始
S126
全モジュール制御装置に
発電運転を指示
S128
STOP

FIG. 4

[図5]

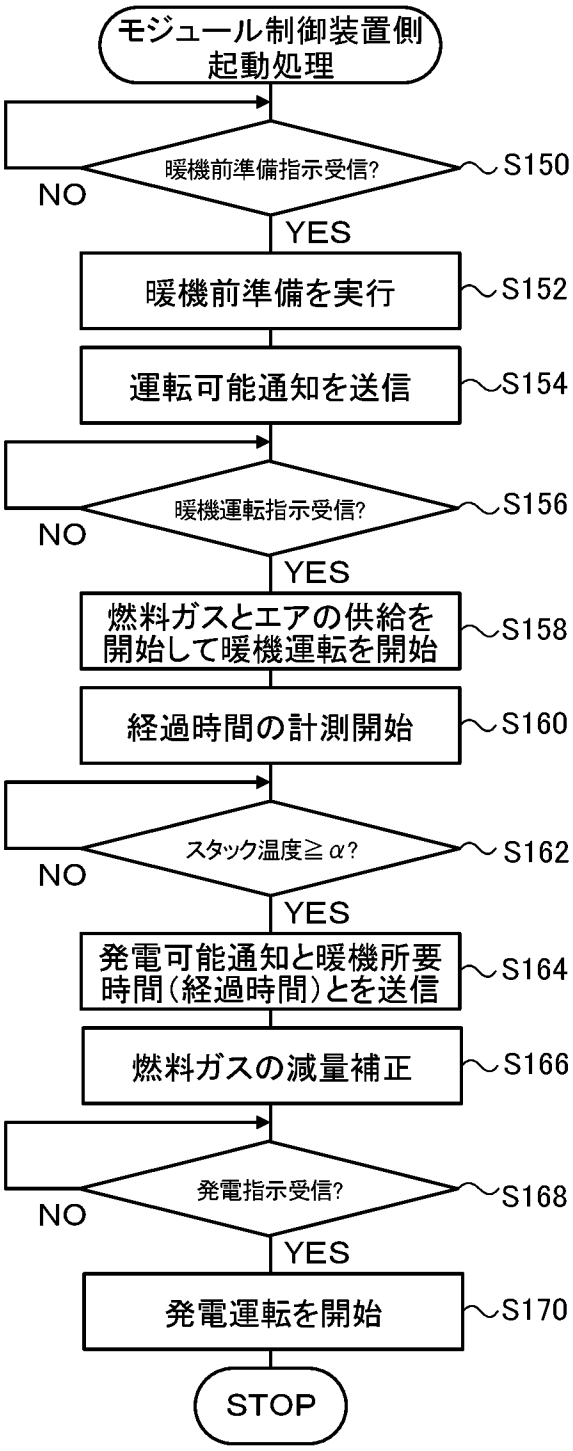

モジュール制御装置側
起動処理
暖機前準備指示受信?
S150
NO
YES
暖機前準備を実行
S152
運転可能通知を送信
S154
暖機運転指示受信?
S156
NO
YES
燃料ガスとエアの供給を
開始して暖機運転を開始
S158
経過時間の計測開始
S160
スタック温度≧α?
S162
NO
YES
発電可能通知と暖機所要
時間(経過時間)とを送信
S164
燃料ガスの減量補正
S166
発電指示受信?
S168
NO
YES
発電運転を開始
S170
STOP

FIG. 5

[図6]

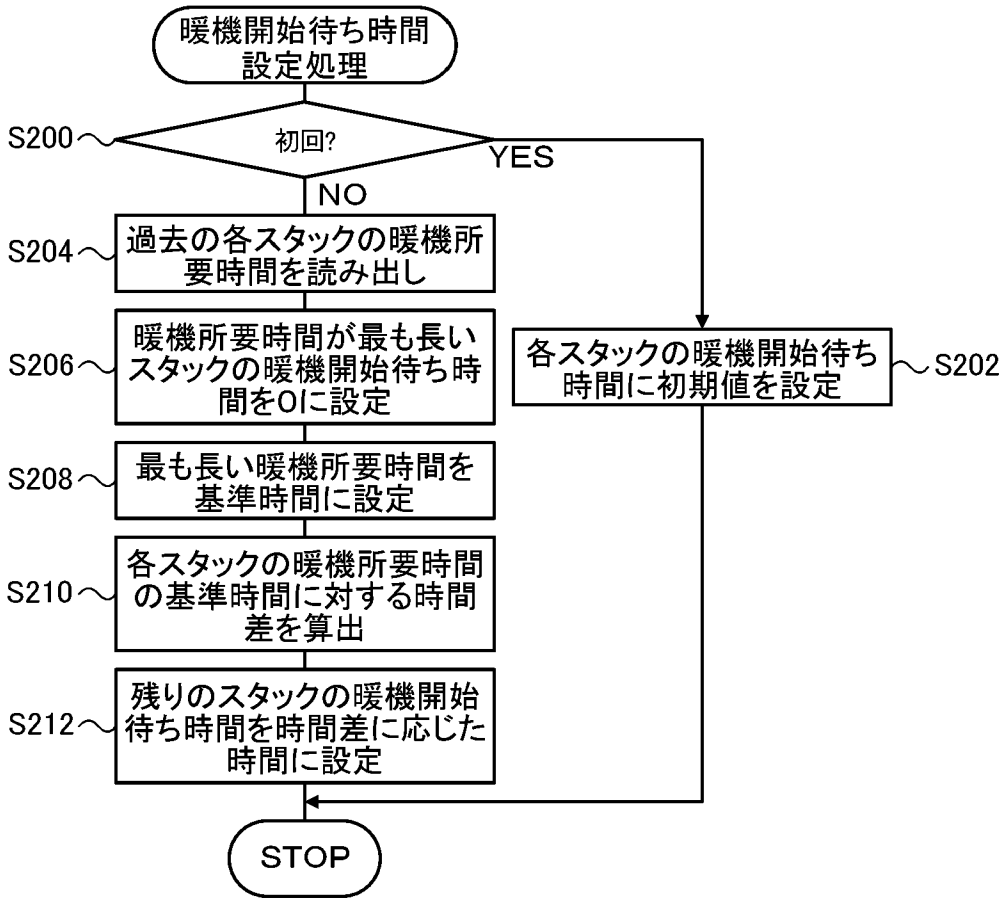

暖機開始待ち時間
設定処理
S200
初回?
YES
NO
S204
過去の各スタックの暖機所
要時間を読み出し
S206
暖機所要時間が最も長い
スタックの暖機開始待ち時
間を0に設定
S208
最も長い暖機所要時間を
基準時間に設定
S210
各スタックの暖機所要時間
の基準時間に対する時間
差を算出
S212
残りのスタックの暖機開始
待ち時間を時間差に応じた
時間に設定
各スタックの暖機開始待ち
時間に初期値を設定
S202
STOP

FIG. 6

[図7]

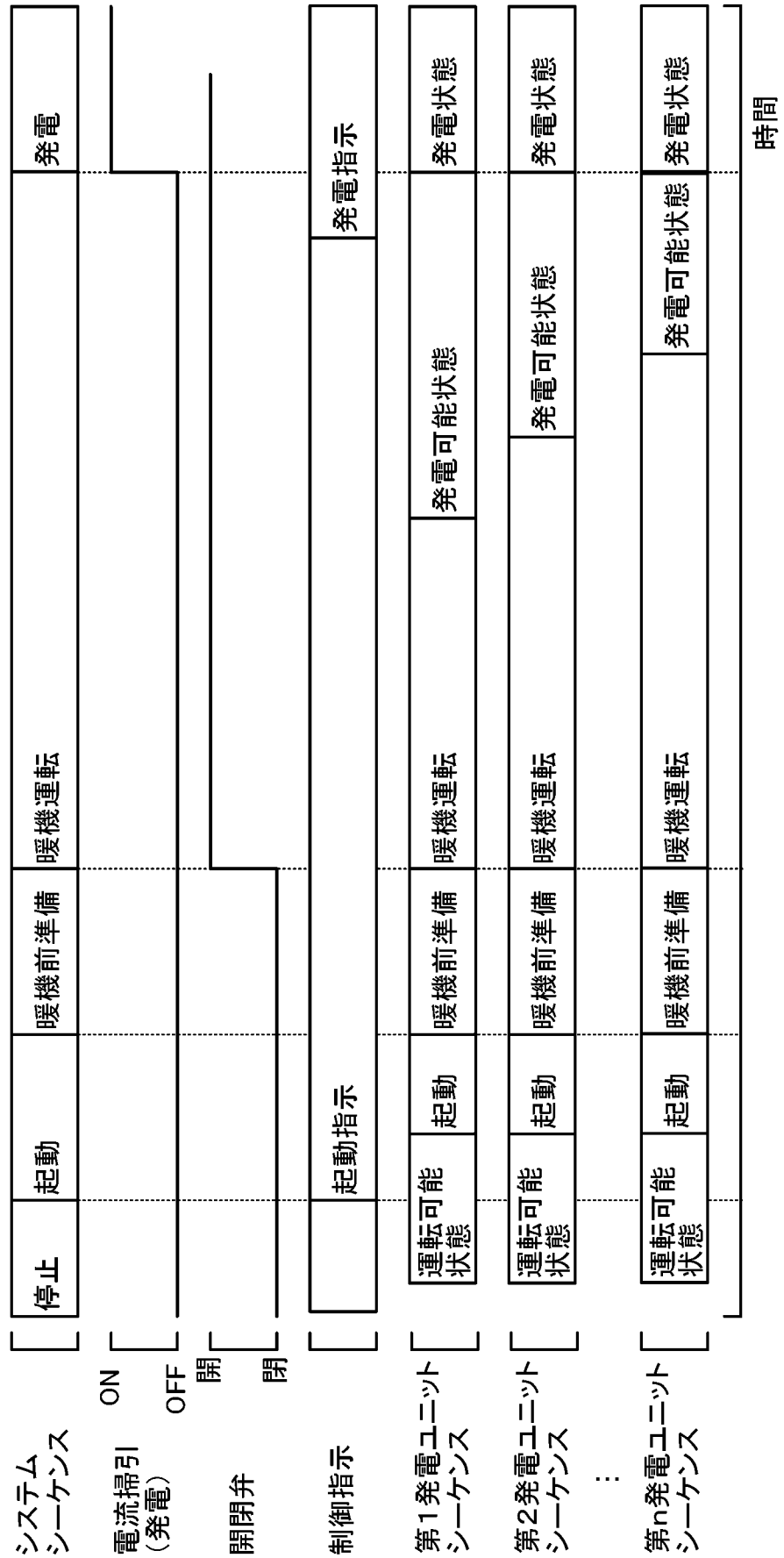

システム
シーケンス
停止
起動
暖機前準備
暖機運転
発電
電流掃引
（発電）
ON
OFF
開閉弁
開
閉
制御指示
起動指示
発電指示
第1発電ユニット
シーケンス
運転可能
状態
起動
暖機前準備
暖機運転
発電可能状態
発電状態
第2発電ユニット
シーケンス
運転可能
状態
起動
暖機前準備
暖機運転
発電可能状態
発電状態
：
第n発電ユニット
シーケンス
運転可能
状態
起動
暖機前準備
暖機運転
発電可能状態
発電状態
時間

FIG. 7

[図8]

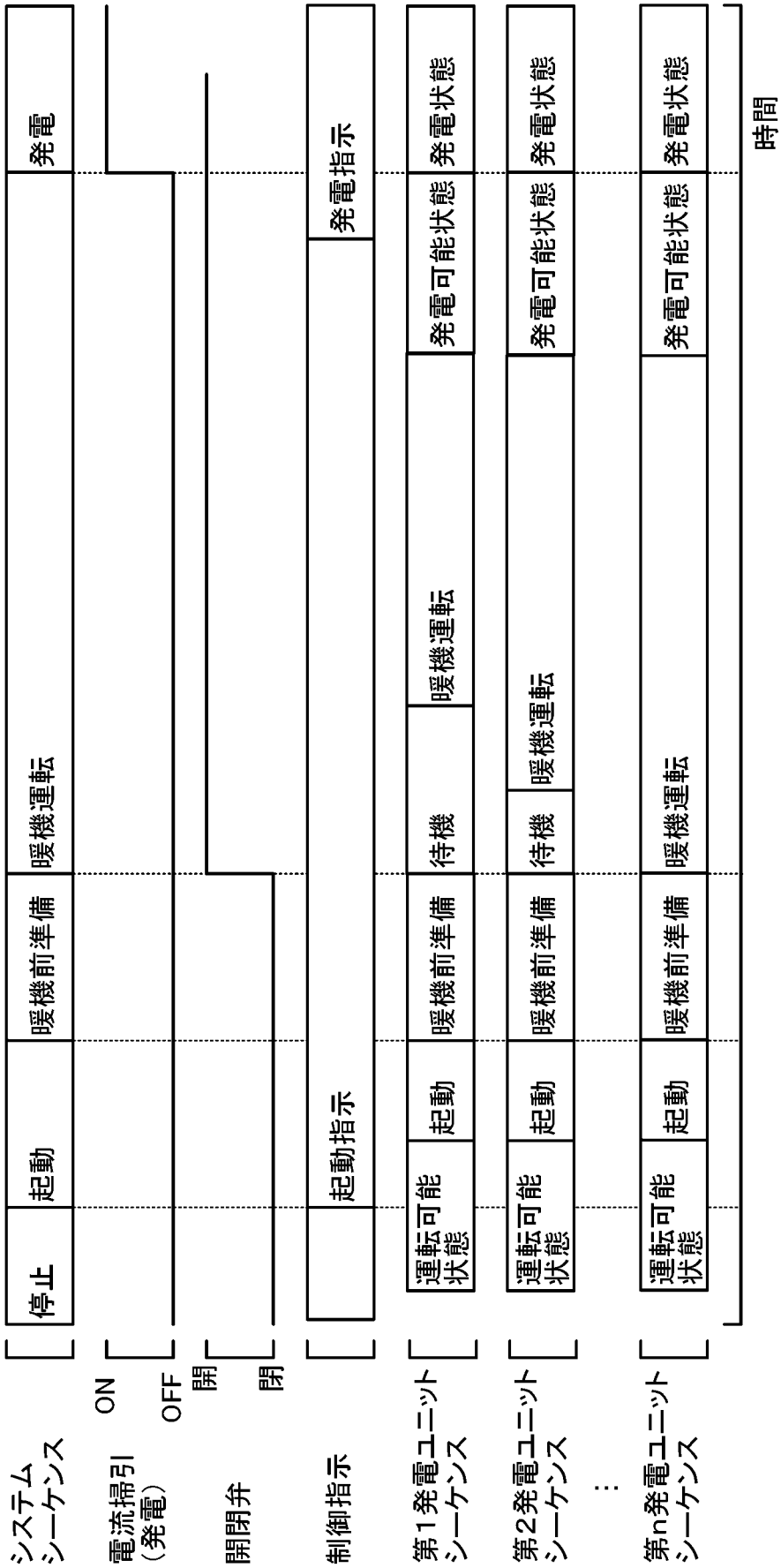

システム シーケンス
停止
起動
暖機前準備
暖機運転
発電
電流掃引（発電）
ON
OFF
開閉弁
開
閉
制御指示
起動指示
発電指示
第1発電ユニット シーケンス
運転可能状態
起動
暖機前準備
待機
暖機運転
発電可能状態
発電状態
第2発電ユニット シーケンス
運転可能状態
起動
暖機前準備
待機
暖機運転
発電可能状態
発電状態
：
第n発電ユニット シーケンス
運転可能状態
起動
暖機前準備
暖機運転
発電可能状態
発電状態
時間

FIG. 8

[図9]

(a)第1発電ユニット

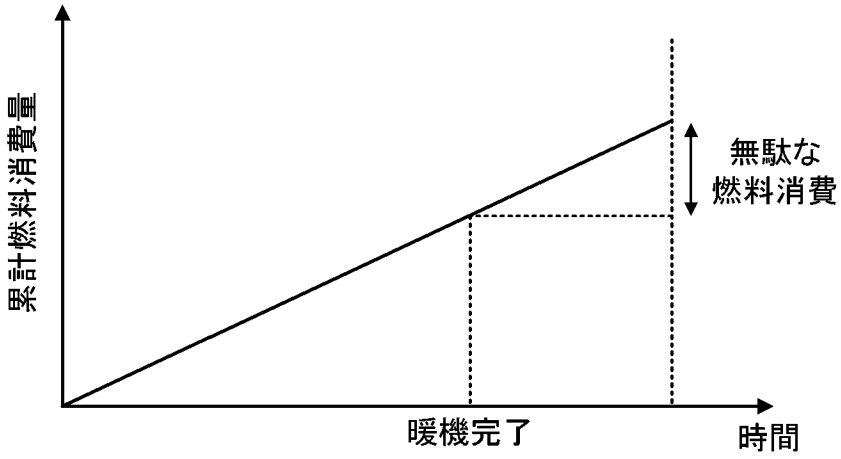


FIG. 9A

(b)第2発電ユニット

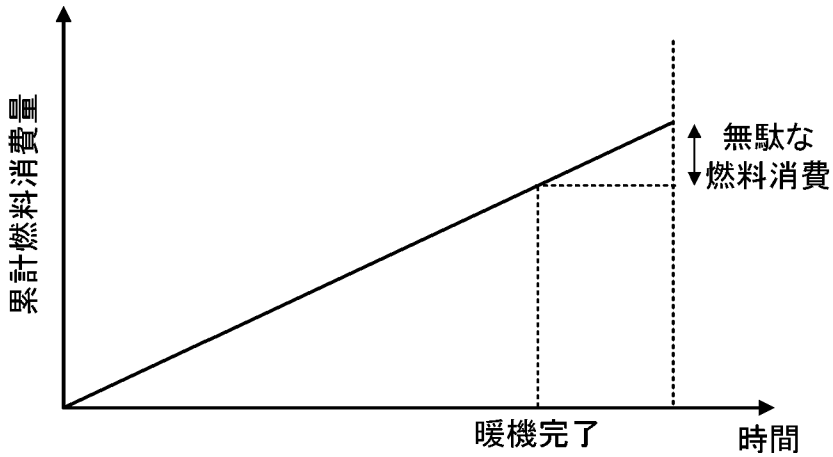


FIG. 9B

(c)第n発電ユニット

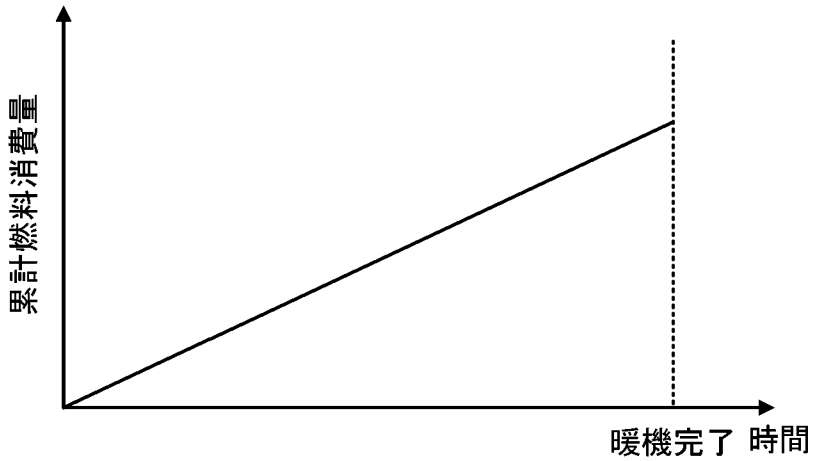


FIG. 9C

[図10]

(a)第1発電ユニット

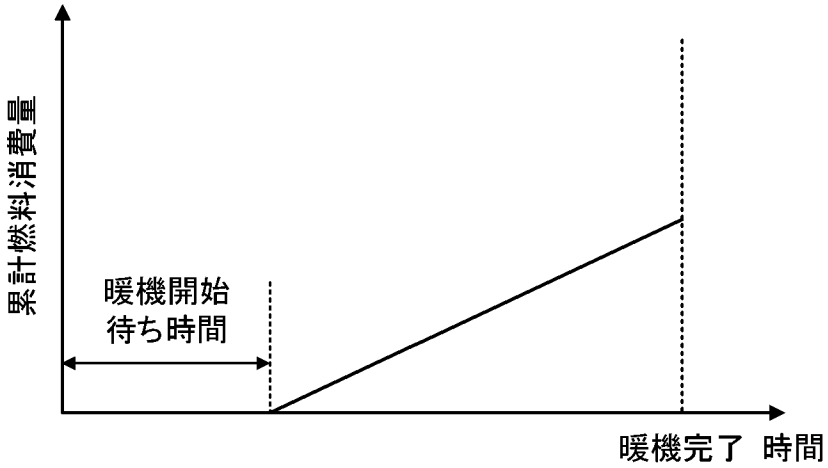


FIG. 10A

(b)第2発電ユニット

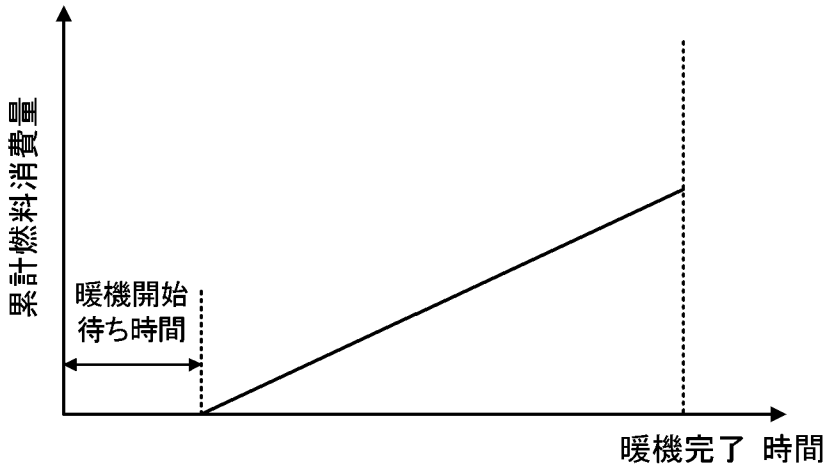


FIG. 10B

(c)第n発電ユニット

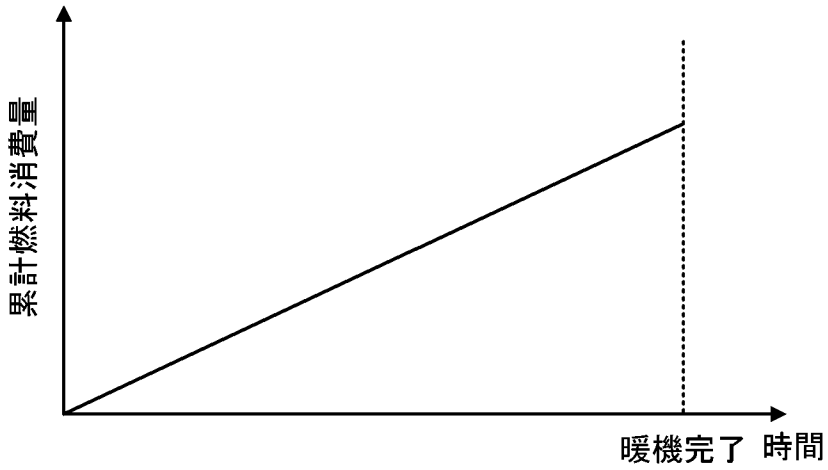


FIG. 10C

[図11]

(a)第1発電ユニット

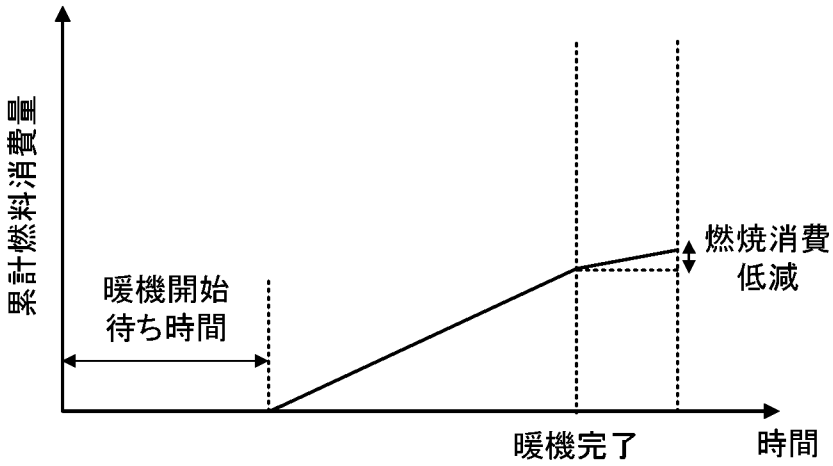


FIG. 11A

(b)第2発電ユニット

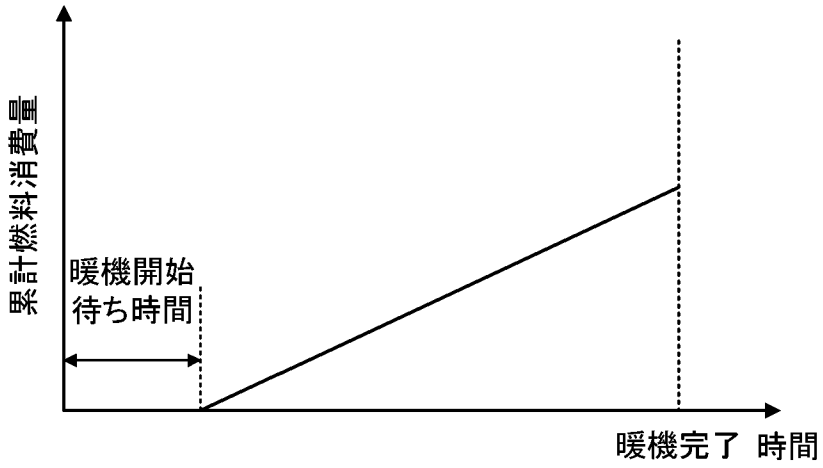


FIG. 11B

(c)第n発電ユニット

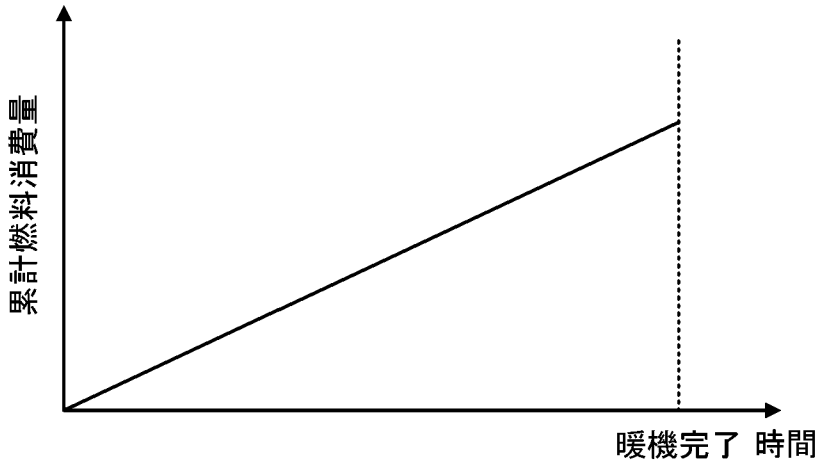


FIG. 11C

[図12]

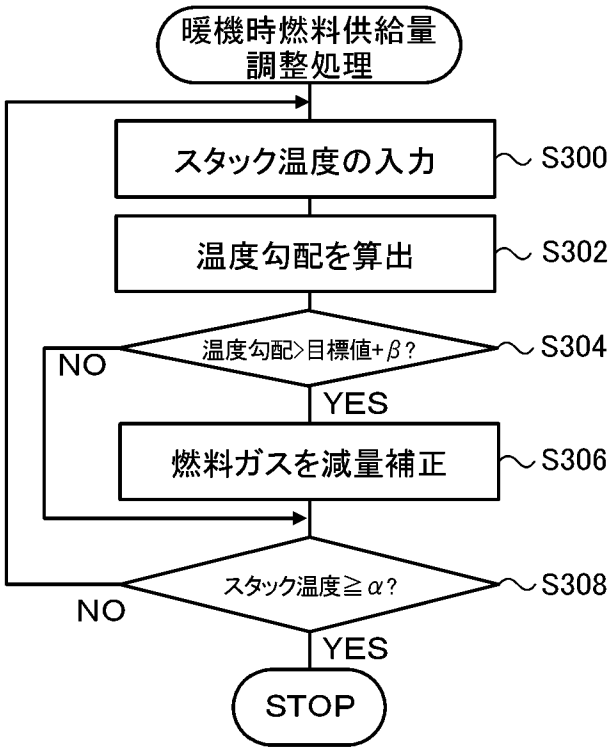

暖機時燃料供給量
調整処理
スタック温度の入力
S300
温度勾配を算出
S302
温度勾配>目標値+β？
S304
NO
YES
燃料ガスを減量補正
S306
スタック温度≧α？
S308
NO
YES
STOP

FIG. 12

[図13]

(a)第1発電ユニット

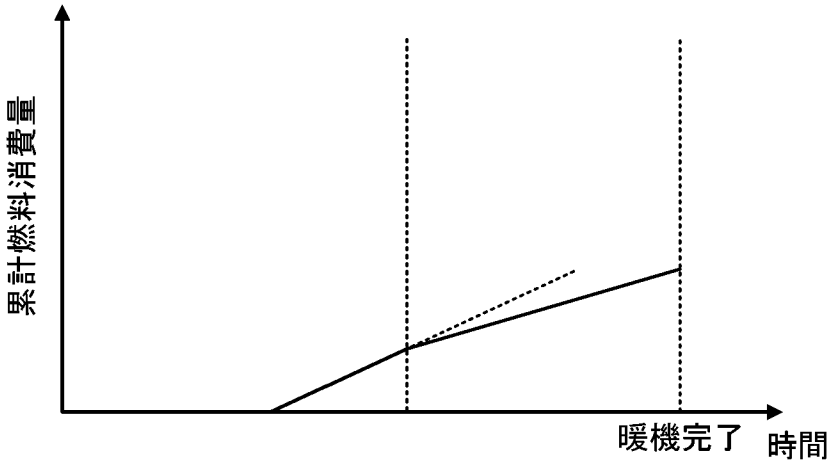


FIG. 13A

(b)第2発電ユニット

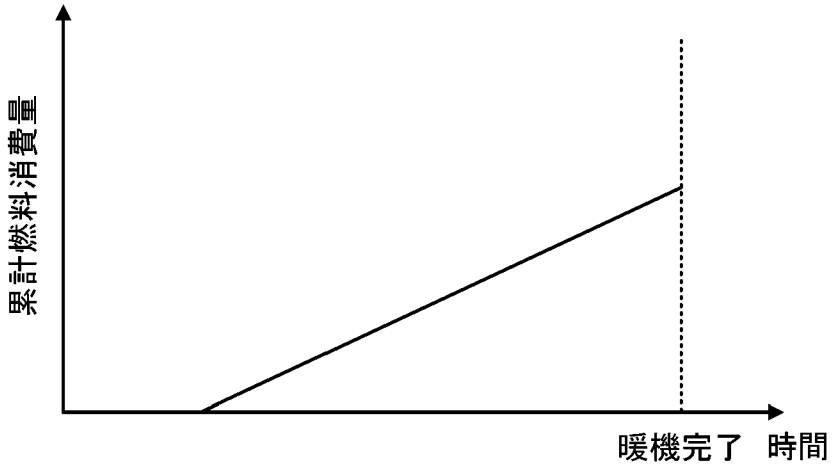


FIG. 13B

(c)第n発電ユニット

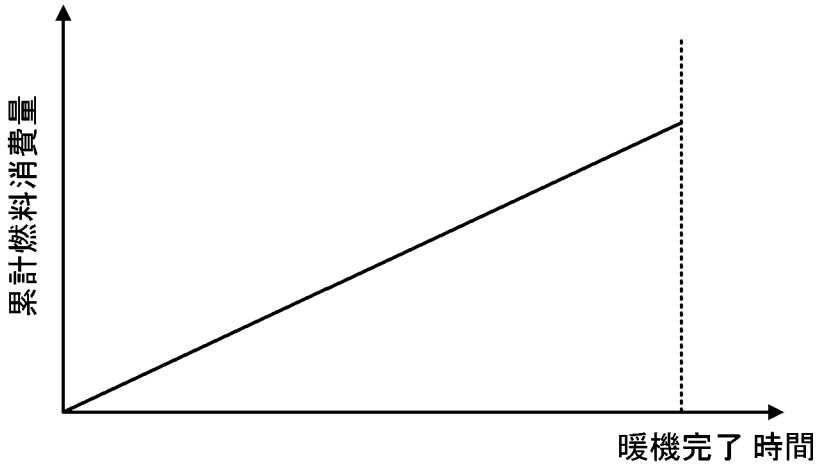


FIG. 13C

[図14]

(a)第1発電ユニット

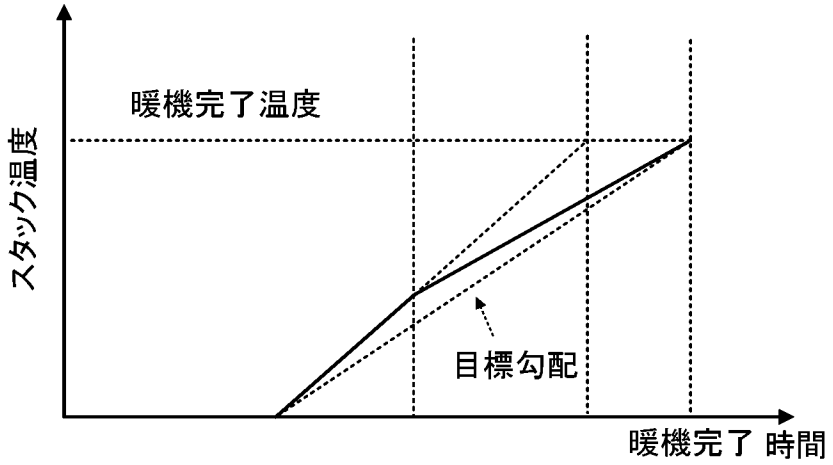


FIG. 14A

(b)第2発電ユニット

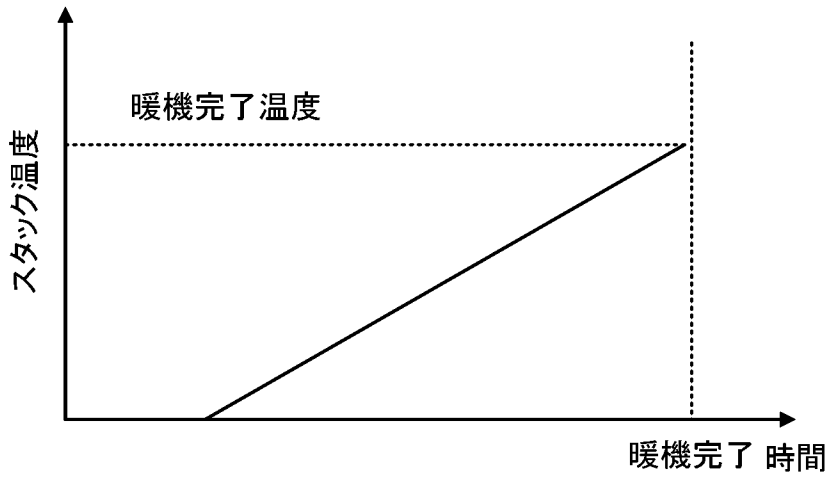


FIG. 14B

(c)第n発電ユニット

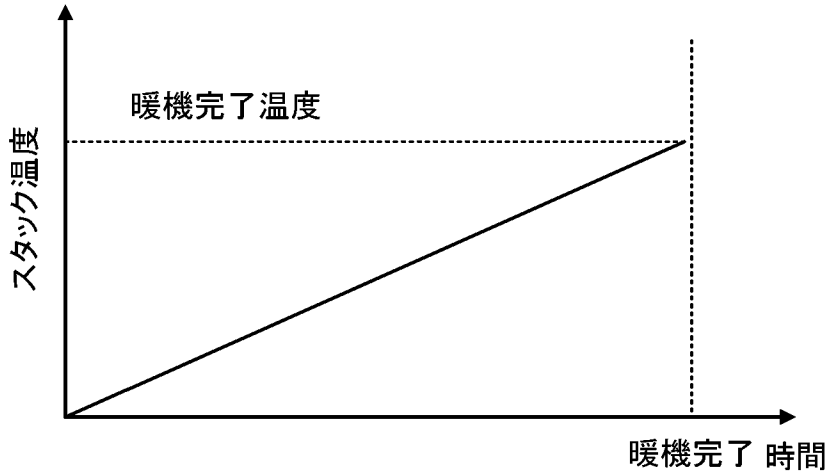


FIG. 14C

[図15]

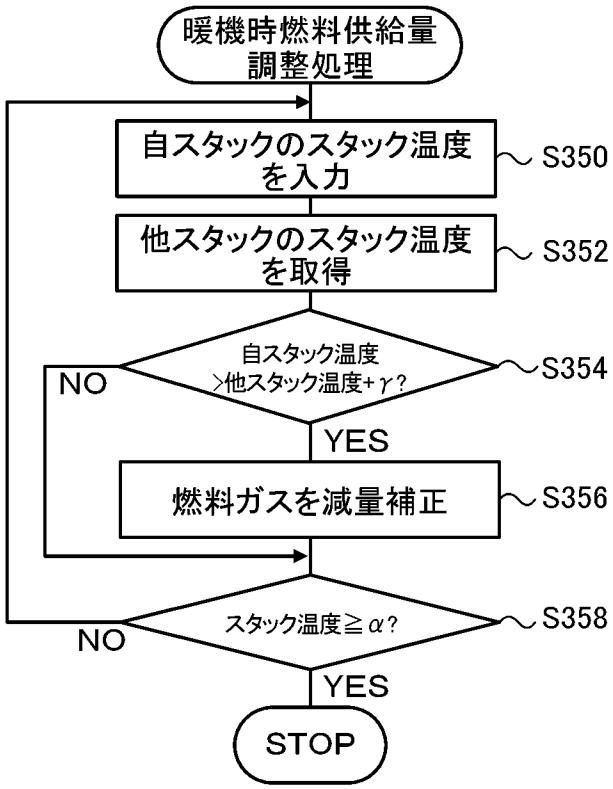

暖機時燃料供給量
調整処理
自スタックのスタック温度
を入力
S350
他スタックのスタック温度
を取得
S352
自スタック温度
>他スタック温度+γ?
S354
NO
YES
燃料ガスを減量補正
S356
スタック温度≧α?
S358
NO
YES
STOP

FIG. 15

[図16]

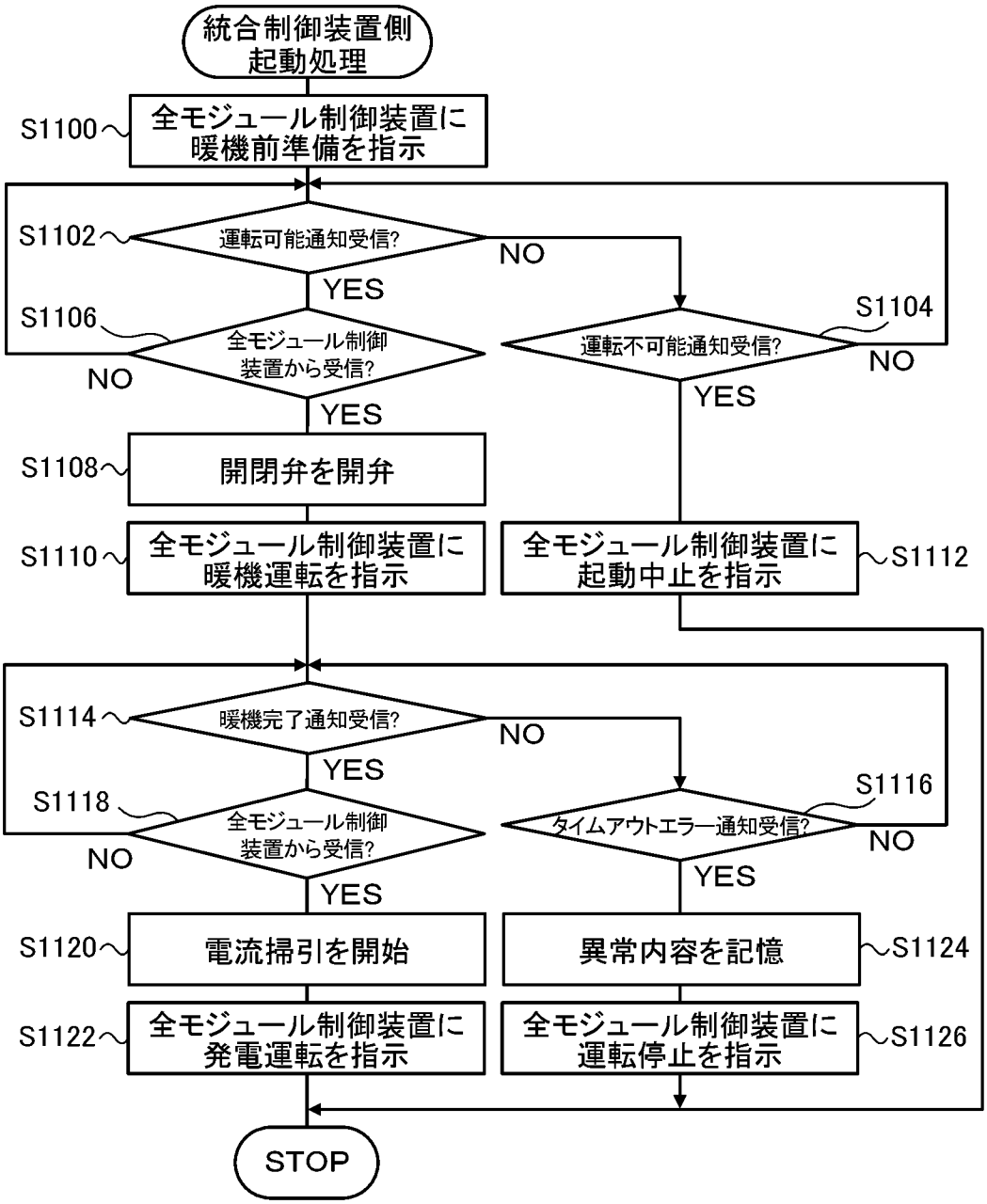

統合制御装置側
起動処理
S1100
全モジュール制御装置に
暖機前準備を指示
S1102
運転可能通知受信?
NO
YES
S1106
全モジュール制御
装置から受信?
NO
YES
S1104
運転不可能通知受信?
NO
YES
S1108
開閉弁を開弁
S1110
全モジュール制御装置に
暖機運転を指示
全モジュール制御装置に
起動中止を指示
S1112
S1114
暖機完了通知受信?
NO
YES
S1118
全モジュール制御
装置から受信?
NO
YES
S1116
タイムアウトエラー通知受信?
NO
YES
S1120
電流掃引を開始
異常内容を記憶
S1124
S1122
全モジュール制御装置に
発電運転を指示
全モジュール制御装置に
運転停止を指示
S1126
STOP

FIG. 16

[図17]

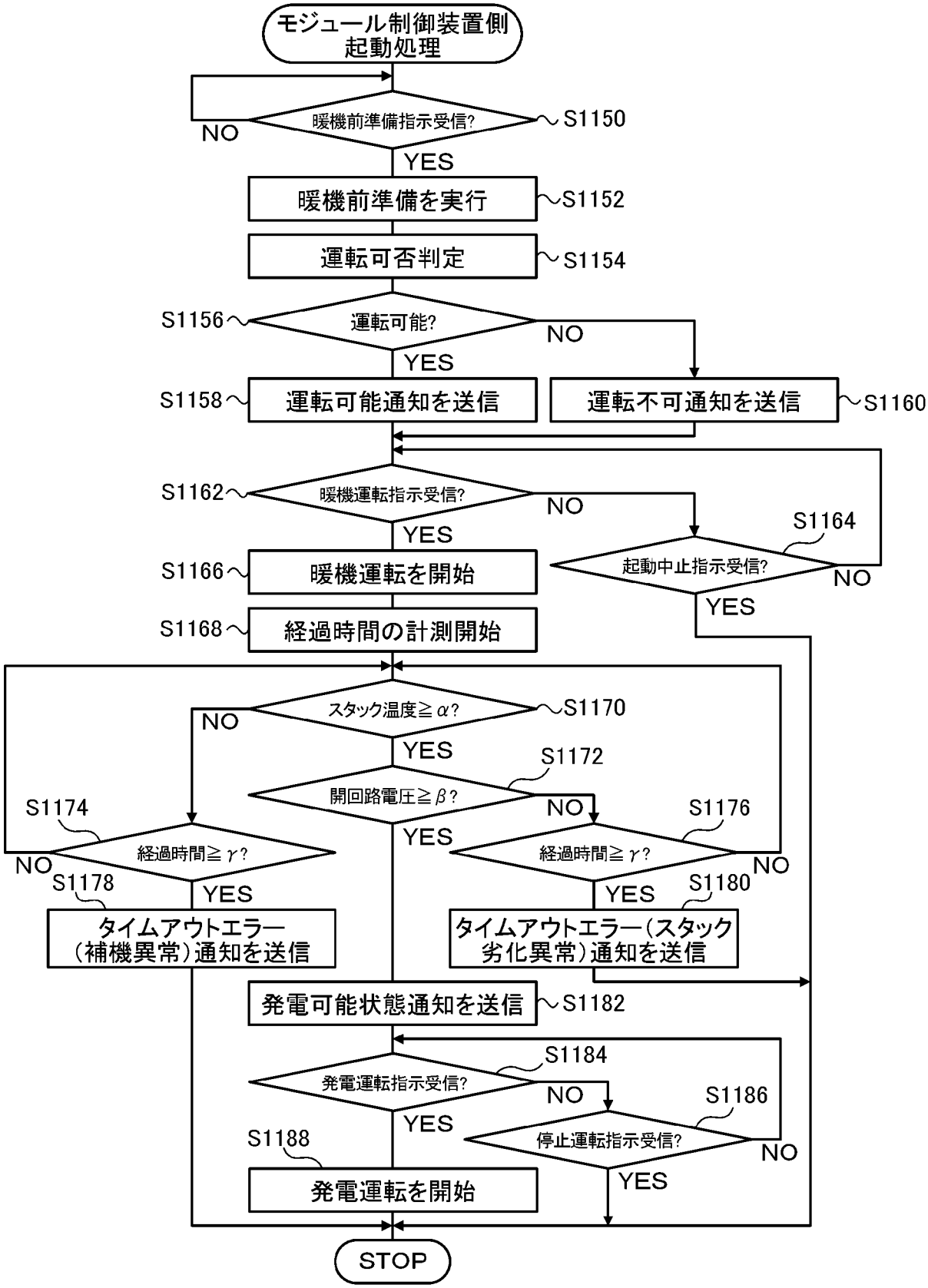

モジュール制御装置側
起動処理
暖機前準備指示受信?
S1150
NO
YES
暖機前準備を実行
S1152
運転可否判定
S1154
S1156
運転可能?
NO
YES
S1158
運転可能通知を送信
運転不可通知を送信
S1160
S1162
暖機運転指示受信?
NO
YES
S1164
起動中止指示受信?
NO
YES
S1166
暖機運転を開始
S1168
経過時間の計測開始
スタック温度≧α?
S1170
NO
YES
S1172
開回路電圧≧β?
NO
YES
S1174
経過時間≧γ?
NO
YES
S1176
経過時間≧γ?
NO
YES
S1178
タイムアウトエラー
(補機異常)通知を送信
S1180
タイムアウトエラー(スタック
劣化異常)通知を送信
発電可能状態通知を送信
S1182
S1184
発電運転指示受信?
NO
YES
S1186
停止運転指示受信?
NO
YES
S1188
発電運転を開始
STOP

FIG. 17

[図18]

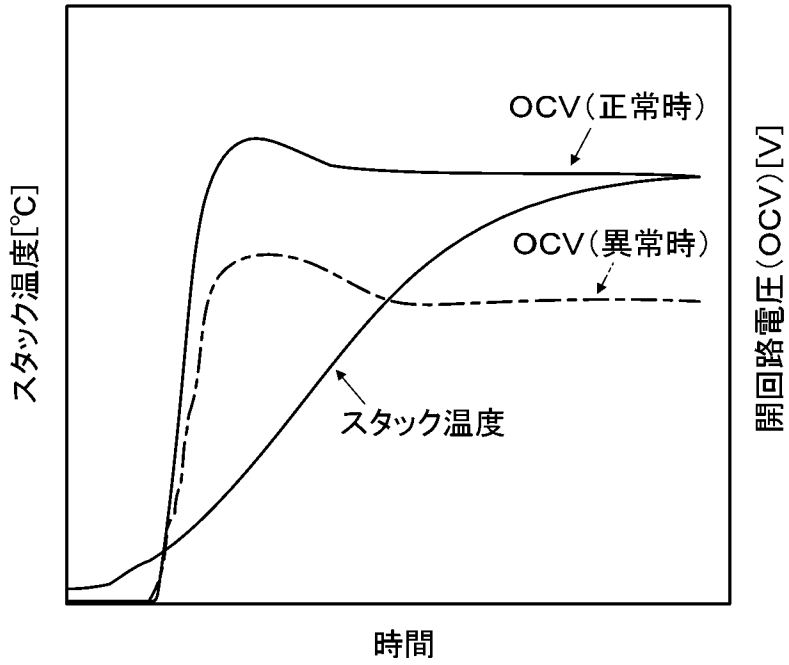


FIG. 18

[図19]

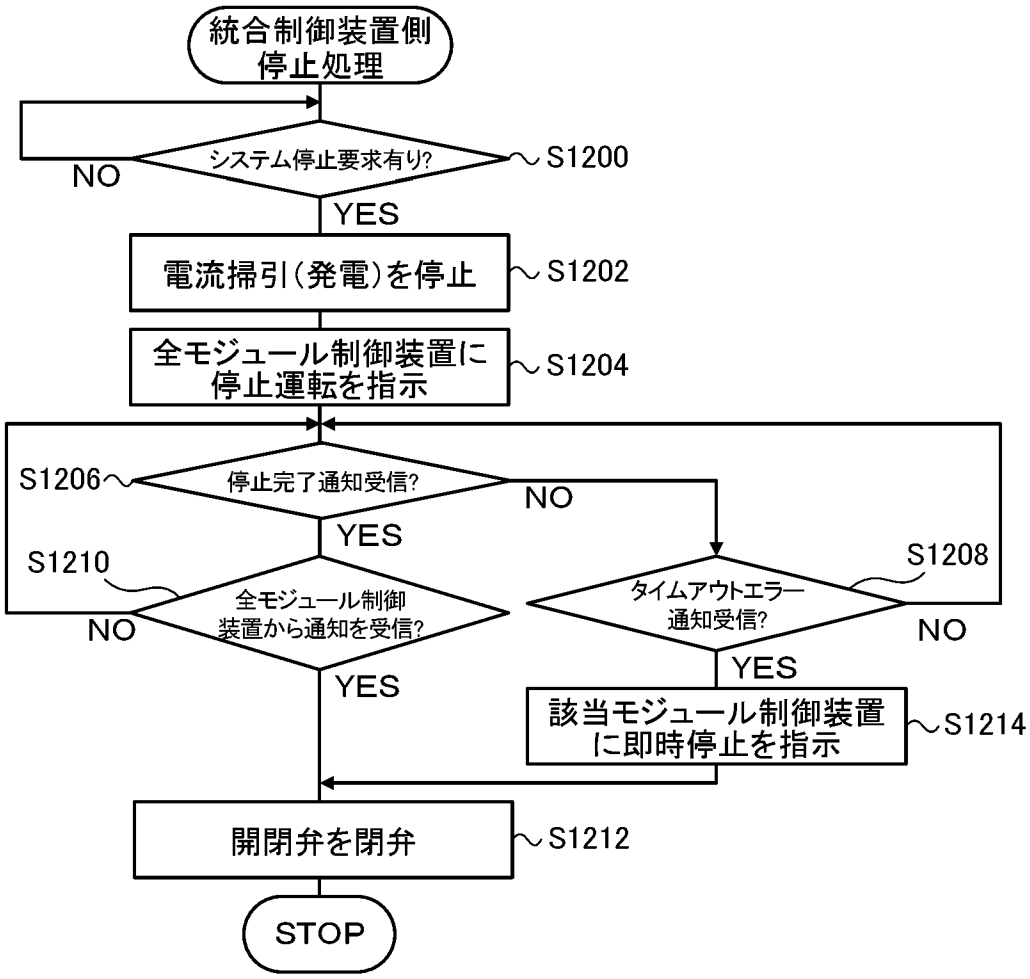

統合制御装置側
停止処理
システム停止要求有り?
S1200
NO
YES
電流掃引(発電)を停止
S1202
全モジュール制御装置に
停止運転を指示
S1204
S1206
停止完了通知受信?
NO
YES
S1210
全モジュール制御
装置から通知を受信?
NO
YES
S1208
タイムアウトエラー
通知受信?
NO
YES
該当モジュール制御装置
に即時停止を指示
S1214
開閉弁を閉弁
S1212
STOP

FIG. 19

[図20]

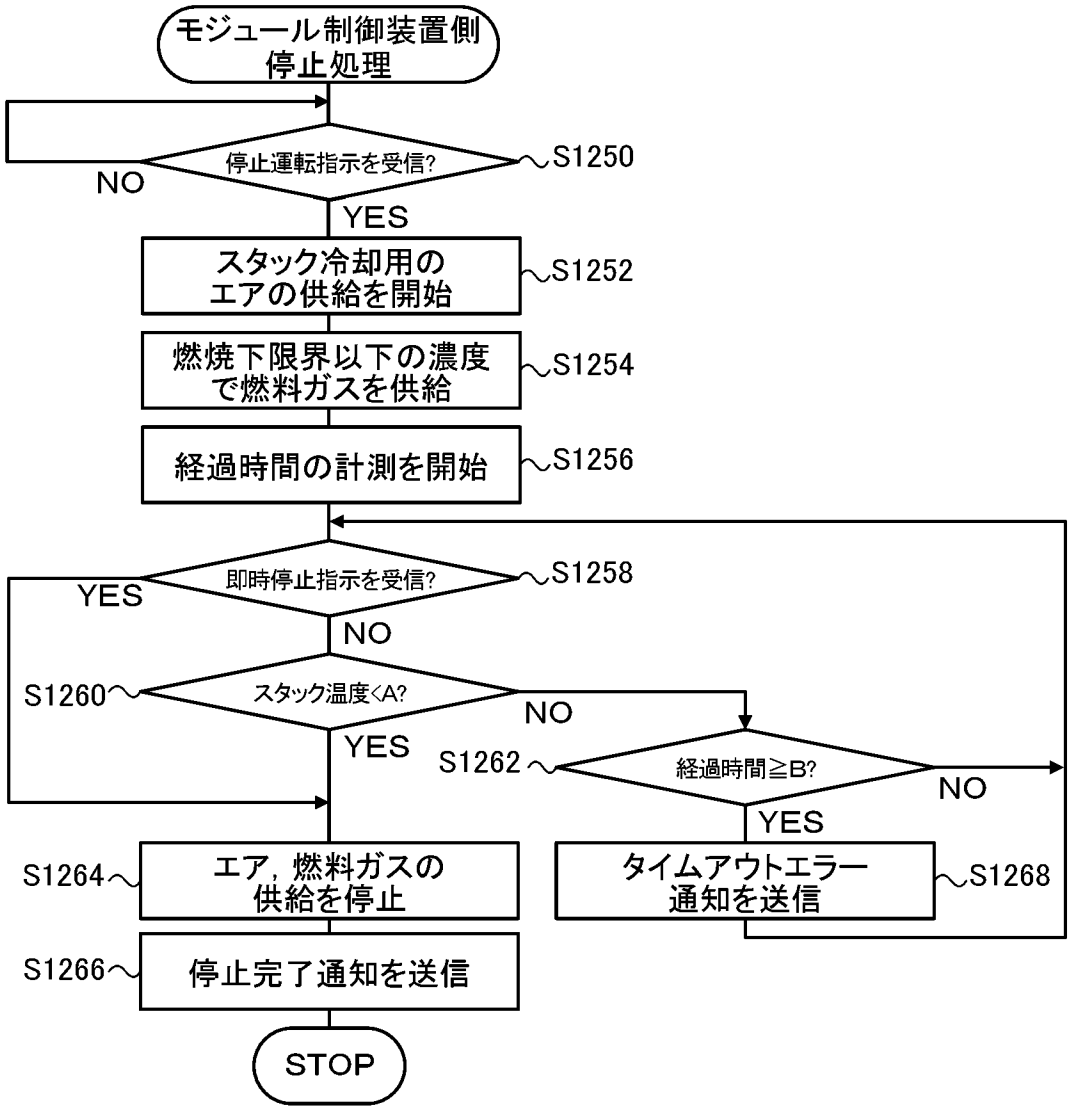

モジュール制御装置側
停止処理
停止運転指示を受信?
S1250
NO
YES
スタック冷却用の
エアの供給を開始
S1252
燃焼下限界以下の濃度
で燃料ガスを供給
S1254
経過時間の計測を開始
S1256
即時停止指示を受信?
S1258
YES
NO
S1260
スタック温度<A?
NO
YES
S1262
経過時間≧B?
NO
YES
S1264
エア，燃料ガスの
供給を停止
タイムアウトエラー
通知を送信
S1268
S1266
停止完了通知を送信
STOP

FIG. 20

[図21]

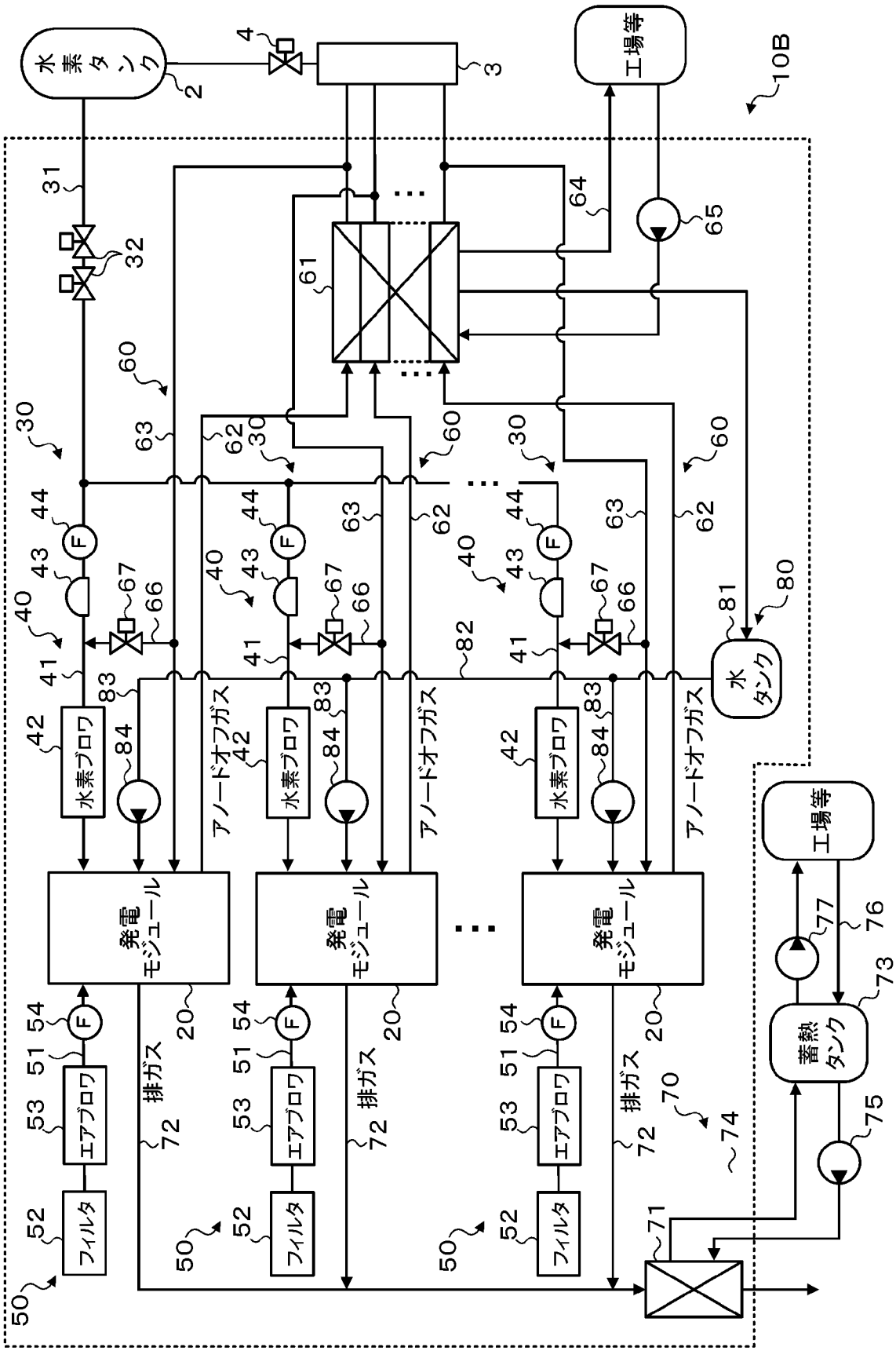

水素タンク
工場等
10B
発電モジュール
水素ブロワ
エアブロワ
フィルタ
アノードオフガス
排ガス
水タンク
蓄熱タンク

FIG. 21

[図22]

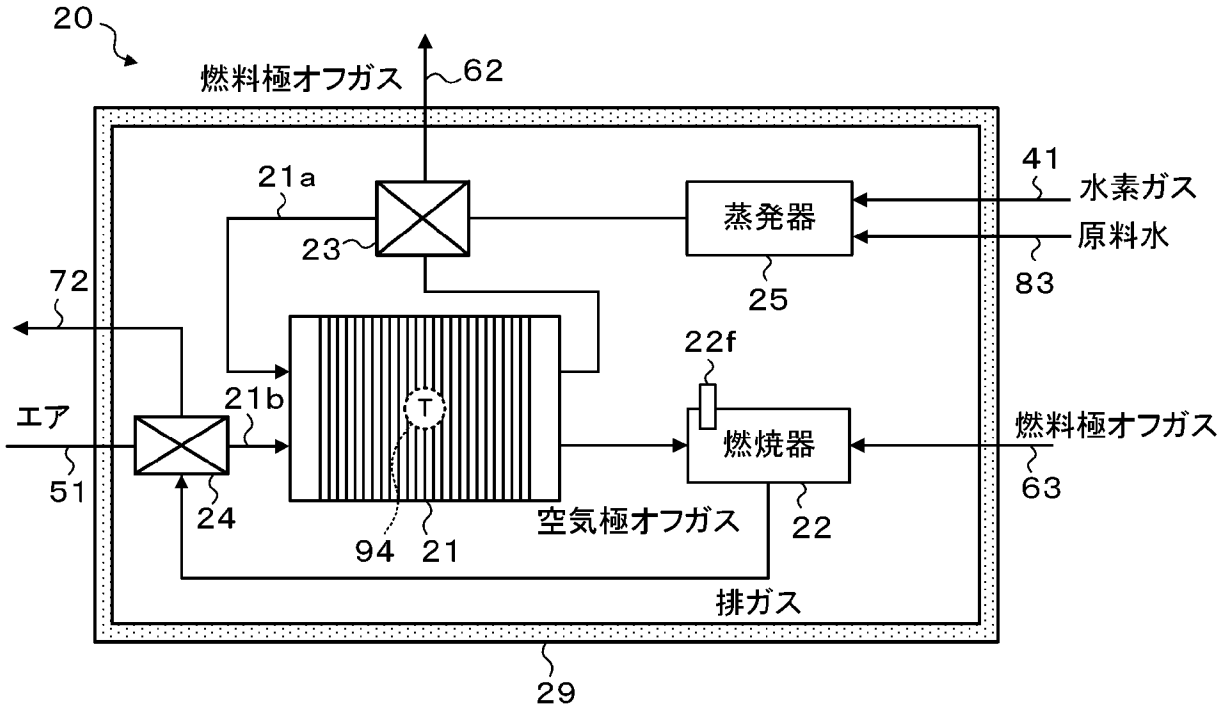

20
燃料極オフガス
62
21a
23
蒸発器
41
水素ガス
原料水
83
25
72
22f
21b
T
エア
51
24
燃焼器
燃料極オフガス
63
94
21
空気極オフガス
22
排ガス
29

FIG. 22

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2024/009386

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01M 8/04858(2016.01)i; ***H01M 8/04***(2016.01)i; ***H01M 8/12***(2016.01)i; ***H01M 8/043***(2016.01)i; ***H01M 8/249***(2016.01)i; ***H01M 8/0432***(2016.01)i; ***H01M 8/2475***(2016.01)i; ***H01M 8/04225***(2016.01)i; ***H01M 8/04228***(2016.01)i; ***H01M 8/04302***(2016.01)i; ***H01M 8/04303***(2016.01)i; ***H01M 8/04313***(2016.01)i; ***H01M 8/04537***(2016.01)i; ***H01M 8/04664***(2016.01)i; ***H01M 8/04701***(2016.01)i; ***H01M 8/04746***(2016.01)i; ***H01M 8/04955***(2016.01)i

FI: H01M8/04858; H01M8/249; H01M8/2475; H01M8/04701; H01M8/04 Z; H01M8/04746; H01M8/12 101; H01M8/12 102A; H01M8/04225; H01M8/04302; H01M8/04313; H01M8/0432; H01M8/04228; H01M8/04303; H01M8/04537; H01M8/04664; H01M8/04955; H01M8/043

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)

H01M8/04858; H01M8/04; H01M8/12; H01M8/043; H01M8/249; H01M8/0432; H01M8/2475; H01M8/04225; H01M8/04228; H01M8/04302; H01M8/04303; H01M8/04313; H01M8/04537; H01M8/04664; H01M8/04701; H01M8/04746; H01M8/04955

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 1971-2024
Registered utility model specifications of Japan 1996-2024
Published registered utility model applications of Japan 1994-2024

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 2015-069736 A (TOTO LTD.) 13 April 2015 (2015-04-13) entire text, all drawings	1-13
A	JP 2007-184111 A (EQUOS RESEARCH CO., LTD.) 19 July 2007 (2007-07-19) entire text, all drawings	1-13
A	JP 2014-022231 A (TOTO LTD.) 03 February 2014 (2014-02-03) entire text, all drawings	1-13
A	JP 2006-302746 A (TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA) 02 November 2006 (2006-11-02) entire text, all drawings	1-13

☐ 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
"D" document cited by the applicant in the international application
"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	Date of mailing of the international search report
10 May 2024	**28 May 2024**

Name and mailing address of the ISA/JP	Authorized officer
Japan Patent Office (ISA/JP) **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2024/009386

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2015-069736 A	13 April 2015	(Family: none)	
JP 2007-184111 A	19 July 2007	(Family: none)	
JP 2014-022231 A	03 February 2014	US 2014/0023947 A1 entire text, all drawings EP 2687480 A2 CN 103579655 A	
JP 2006-302746 A	02 November 2006	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2024/009386

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

H01M 8/04858(2016.01)i; H01M 8/04(2016.01)i; H01M 8/12(2016.01)i; H01M 8/043(2016.01)i; H01M 8/249(2016.01)i; H01M 8/0432(2016.01)i; H01M 8/2475(2016.01)i; H01M 8/04225(2016.01)i; H01M 8/04228(2016.01)i; H01M 8/04302(2016.01)i; H01M 8/04303(2016.01)i; H01M 8/04313(2016.01)i; H01M 8/04537(2016.01)i; H01M 8/04664(2016.01)i; H01M 8/04701(2016.01)i; H01M 8/04746(2016.01)i; H01M 8/04955(2016.01)i

FI: H01M8/04858; H01M8/249; H01M8/2475; H01M8/04701; H01M8/04 Z; H01M8/04746; H01M8/12 101; H01M8/12 102A; H01M8/04225; H01M8/04302; H01M8/04313; H01M8/0432; H01M8/04228; H01M8/04303; H01M8/04537; H01M8/04664; H01M8/04955; H01M8/043

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））

H01M8/04858; H01M8/04; H01M8/12; H01M8/043; H01M8/249; H01M8/0432; H01M8/2475; H01M8/04225; H01M8/04228; H01M8/04302; H01M8/04303; H01M8/04313; H01M8/04537; H01M8/04664; H01M8/04701; H01M8/04746; H01M8/04955

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	１９７１－２０２４年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２４年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２４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 2015-069736 A (ＴＯＴＯ株式会社) 13.04.2015 (2015-04-13) 全文、全図	1-13
A	JP 2007-184111 A (株式会社エクォス・リサーチ) 19.07.2007 (2007-07-19) 全文、全図	1-13
A	JP 2014-022231 A (ＴＯＴＯ株式会社) 03.02.2014 (2014-02-03) 全文、全図	1-13
A	JP 2006-302746 A (トヨタ自動車株式会社) 02.11.2006 (2006-11-02) 全文、全図	1-13

☐ 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
“D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献
“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抵触するものではなく、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	国際調査報告の発送日
10.05.2024	28.05.2024

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
橋本　敏行 3H 3927
電話番号 03-3581-1101 内線 3316

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2024/009386

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2015-069736 A	13.04.2015	（ファミリーなし）	
JP 2007-184111 A	19.07.2007	（ファミリーなし）	
JP 2014-022231 A	03.02.2014	US 2014/0023947 A1 全文、全図 EP 2687480 A2 CN 103579655 A	
JP 2006-302746 A	02.11.2006	（ファミリーなし）	