

(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



(10) 国際公開番号

WO 2010/114040 A1

PCT

(43) 国際公開日
2010 年 10 月 7 日(07.10.2010)

- (51) 国際特許分類:
H01M 8/04 (2006.01) H01M 8/06 (2006.01)
C01B 3/38 (2006.01) H01M 8/12 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/055907
- (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 2009-087414 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): 渡邊 直樹 (WATANABE Naoki) [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). 赤木 陽祐(AKAGI Yousuke) [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). 西願 修一郎(SAIGAN Shuichiro) [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). 井坂 暢夫(ISAKA Nobuo) [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).

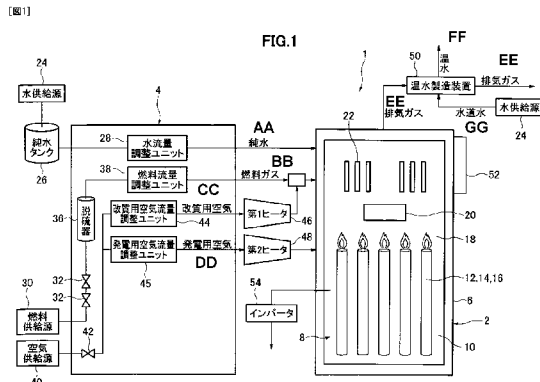
(74) 代理人: 辻居 幸一, 外(TSUJII Koichi et al.); 〒1008355 東京都千代田区丸の内 3 丁目 3 番 1 号 新東京ビル 中村合同特許法律事務所 Tokyo (JP).

(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



- AA Pure Water
BB Fuel Gas
CC Air for Reformation
DD Air for Power Generation
EE Exhaust Gas
FF Hot Water
GG Tap Water
24 Water Supply Source
26 Pure Water Tank
28 Water Flow Adjusting Unit
30 Fuel Supply Source
36 Desulfurizer
38 Fuel Flow Adjusting Unit
40 Air Supply Source
44 Flow Adjusting Unit for Air used in Reformation
45 Flow Adjusting Unit for Air used in Power Generation
46 First Heater
48 Second Heater
50 Hot Water Production Unit
54 Inverter

(57) Abstract: Provided is a solid electrolyte fuel cell having multiple cells (84) disposed within a fuel cell module (2), a reformer (20), a reformer temperature sensor (148) that detects the temperature of the reformer, and a control unit (110) that controls the operation of the fuel cell module. When a fuel cell module that has been shut down is restarted, even if the reformation state temperature (T_r , T_s) is within the POX temperature range (W_2) for normal startup, the control unit skips POX, which is used during normal startup, and restarts the module using ATR at least in the high temperature region of the POX temperature range.

(57) 要約: 本発明は、燃料電池モジュール 2 内に配置された燃料電池セル 8 4 と、改質器 2 0 と、この改質器の温度を検出する改質器温度センサ 1 4 8 と、燃料電池モジュールの運転を制御する制御部 1 1 0 を有し、この制御部は、燃料電池モジュールの運転の停止が実行されている状態で運転の再起動が実行された場合には、改質状態温度 (T_r , T_s) が通常起動時の POX 温度帯域 W_2 内にあっても、少なくとも POX 温度帯域内の高温領域においては通常起動時の POX をスキップして ATR によって再起動を実行する。

WO 2010/114040 A1



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係わり、特に、燃料ガスと酸化剤ガスを電気化学的に反応させることにより発電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及び酸化剤等に伝達され、これらの温度上昇に使用される。

[0004] 従来のS O F Cにおいては、運転中に燃料ガスの供給システムのマイコンメータが異常を検知したり、地震等に伴う異常が発生した際、或いは補機類のメンテナンスなどを行う際には、運転を一時的に停止させる必要がある。そして、これらの異常などの一時的な要因が解消した後、或いは、メンテナンスが終了した後には、安定した発電に向けて、できるだけ短い時間での迅速な運転の再起動が要求される。

そこで、燃料電池システムにおける運転の再起動の迅速化を図るために、従来のS O F Cにおいては、例えば、特許文献1に記載されているように、燃料電池システムの所定の制御処理中に再起動要求がなされた場合には、燃料電池システムの停止処理ルーチンをすべて実行した後に最初の起動処理ルーチンから起動処理を実行するのではなく、起動処理を再起動要求がなされ

た時点の制御処理と同条件の時点に移行して実行するようにしたものが提案されている。

[0005] 一方、例えば、特許文献2に記載されている従来のSOFCでは、燃料電池セルスタックを収容している収容容器内に配置することによって熱効率を高めると共に、余剰ガスを収容容器内で燃焼させることによって従来よりも高温の燃焼ガスで加熱でき、低負荷運転時にも水蒸気改質に必要な熱量を得ることができるものが提案されている。この従来のSOFCにおいては、迅速な起動を行うために、起動時に燃料改質器の温度が部分酸化反応開始温度未満の場合には燃焼ガスによる燃焼熱によって燃料改質器を加熱する加熱運転を行い、燃料改質器の温度が部分酸化反応開始温度以上で水蒸気改質可能温度未満の温度帯域内の温度まで上昇すると、部分酸化反応の反応熱と燃焼ガスによる燃焼熱によって燃料改質器を加熱して部分酸化改質反応（以下「POX」と呼ぶ）を行うようになっている。さらに、燃料改質器の温度が水蒸気改質可能温度以上で定常温度未満の温度帯域まで上昇すると、部分酸化反応の反応熱と燃焼ガスによる燃焼熱と水蒸気改質反応の吸熱を制御して燃料改質器を加熱し、部分酸化改質と水蒸気改質とを併用したオートサーマル改質反応（以下「ATR」と呼ぶ）を行い、燃料改質器の温度が定常状態になると、燃焼ガスによる燃焼熱により燃料改質器を加熱し、水蒸気改質反応（以下「SR」と呼ぶ）を行うようになっている。すなわち、このような従来のSOFCにおいては、起動時の燃料改質器の温度上昇に伴ってPOX、ATR、SRという順序を踏まえて燃料の改質を行いながら起動を実行するため、安定した迅速な起動ができるようになっている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2006-269196号公報

特許文献2：特開2004-319420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、上述した特許文献 1 及び特許文献 2 の S O F C においては、運転の再起動時には、停止中の燃料電池セルやスタックに残存している余熱も考慮すると燃料電池セルやスタックの一部が高温状態になっていることが少なくない。

これに関し、本発明者らは、このような燃料電池セルやスタックが高温状態にあるときに、特に P O X によって再起動を行うとセルに大きな負担を与えてしまうという重要な新たな課題を見出した。

より具体的には、制御上の改質器温度は P O X 運転が可能な状態に見えても、停止運転制御中からの再起動では燃料電池セルやスタックの一部が高温状態となっていることがあるため、燃料改質器の温度が部分酸化反応開始温度以上で水蒸気改質可能温度未満の温度帯域内にあるとして P O X を行ってしまうと、P O X は空気を投入して部分酸化を伴う発熱反応であるため、セルに酸化影響を与えたり、異常な高温状態になることがあり、これがセル自身の耐久性や発電能力を除々に低下させてしまうという重要な課題を見出した。この課題を解決し、さらに再起動に要する時間をも大幅に短縮させることをも実現すべくなされたものである。

[0008] 一方、上述した特許文献 1 及び特許文献 2 においては、再起動時にセルを保護しつつ、再起動の更なる迅速化を図るために通常起動時であれば P O X の運転を行う温度帯域であるとしても P O X をスキップして A T R を実行するという思想について何ら開示も示唆もされておらず、上述した新たな課題を解決するものではない。

[0009] そこで、本発明は、上述した新たな課題を解決するためになされたものであり、高温からの温度低下を伴った停止時にあつては、通常起動時の P O X をスキップさせる代わりに、A T R による再起動を実行することにより、セルへの負担を軽減して耐久性を向上させると共に、セルへの影響を防止しつつ、安定した温度回復ならびに起動時間の短縮を図ることができる固体電解質型燃料電池（S O F C）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

[0010] 上記の目的を達成するために、本発明は、燃料ガスと酸化剤ガスを電気化学的に反応させることにより発電する固体電解質型燃料電池であって、固体電解質型の燃料電池モジュール内に配置された固体電解質型の燃料電池セルと、燃料ガスを改質して上記燃料電池セルに供給する改質器であって、所定の温度帯域に応じて燃料ガスと酸化剤ガスを化学反応させることにより燃料ガスを部分酸化改質する改質反応である POX 、及び、燃料ガスと水蒸気を化学反応させることにより燃料ガスを水蒸気改質する改質反応である SR 、及び、上記 POX と上記 SR とを併用させることにより燃料ガスをオートサーマル改質する改質反応である ATR のいずれかの改質反応によって燃料ガスを水素に改質する上記改質器と、上記改質器による改質状態を変更するための改質状態温度を検出する改質状態温度検出器と、上記燃料電池モジュールの運転を制御する制御装置と、を有し、上記制御装置は、上記燃料電池モジュールの運転の起動を制御する起動制御装置と、上記燃料電池モジュールの運転の停止を制御する停止制御装置と、を備え、上記起動制御装置は、燃料ガスを着火して燃焼させた後、上記改質状態温度検出器が検出した上記改質状態温度が上記 POX が開始する POX 開始温度よりも低い場合には、燃料ガスの燃焼熱によって上記改質器を昇温させる燃焼運転制御を実行し、上記改質状態温度が上記 POX 開始温度以上であり且つ上記水蒸気改質が可能な温度未満の POX 温度帯域内にある場合には、上記改質器を昇温させるために通常起動時の POX を実行し、上記改質状態温度が上記水蒸気改質が可能な温度以上であり且つ所定の定常温度未満の ATR 温度帯域内にある場合には、上記改質器を昇温させるために通常起動時の ATR を実行し、上記改質状態温度が、上記所定の定常温度以上である場合には、上記改質器を昇温させるために通常起動時の SR を実行し、上記起動制御装置は、更に、上記燃料電池モジュールが高温状態からの停止に伴って上記停止制御装置による停止処理が実行され、上記改質状態温度が上記 POX 温度帯域内にあるときに運転の再起動が実行された場合には、上記通常起動時の POX をスキップ

してA T Rによって再起動制御を実行することを特徴としている。

このように構成された本発明においては、改質器の高温状態からの停止に伴って停止制御装置による停止処理が実行されている状態でP O X温度帯域内で運転の再起動が行われた際には、通常起動時のP O Xをスキップして燃料電池セルや改質器に残存している余熱を積極的に利用したA T Rの実行による再起動を行うように構成されている。この結果、通常起動時のP O Xを行わないことによって、見かけ上の温度が低くても大きな余熱を持つことに起因して発生する燃料電池セルに酸化の影響を与えることを防止できるとともに、予期しない高温状態にしてしまうことによるセルへの負担を軽減することができ、セルの耐久性を向上させることができる。また、燃料電池セルや改質器に残存している余熱を積極的に利用した再起動制御を実行するように工夫したことにより、起動時間を大幅に短縮することができる。さらに、起動からの失火に基づいて再起動を行った場合には、改質状態温度が通常起動時のP O X温度帯域内にあっても、燃料電池セルや改質器などの燃料電池モジュールの余熱を利用できる可能性が低いため、通常起動時のP O Xとは異なる再起動制御を禁止することにより燃料電池セルへのダメージを抑制することができる。

[0011] 本発明において、好ましくは、上記再起動制御は、上記改質状態温度が上記通常起動時のP O X温度帯域内の所定温度未満である場合にはP O Xによる再起動を実行し、上記改質状態温度が上記P O X温度帯域内の所定温度以上である場合にはA T Rによる再起動を実行する。

このように構成された本発明においては、P O X温度帯域内の所定温度未満では酸化影響がないことからP O Xを実行することでP O Xによる発熱反応により酸化を防止しながら効率よく改質器等の燃料電池モジュールの温度回復が図れ、一方で非常に微小な水の制御が必要となるA T Rを用いないことで制御が容易でまた水の供給に伴う改質器等の温度降下を招くことなく最適な状態で安定した温度の回復を図ることができる。

[0012] 本発明において、好ましくは、上記再起動制御は、上記改質状態温度が少

なくとも上記 P O X 温度帯域内において通常起動時の P O X の代わりに A T R による再起動を実行し、この再起動制御で行われる A T R の少なくとも一部は、通常起動時の A T R とは異なるように構成されていることを特徴とする。

このように構成された本発明においては、再起動時に燃料電池セルや改質器に残存している余熱を積極的に利用した通常起動時の A T R とは異なる A T R を実行することにより、水供給に伴って改質器等の温度降下を抑制でき温度回復を一層適切に行うことができる。

[0013] 本発明において、好ましくは、上記再起動制御で行われる A T R は、上記通常起動時の A T R よりも燃料ガスの供給量を多くするように構成されている。

このように構成された本発明においては、通常起動時の A T R よりも燃料ガスの供給量を多くした A T R による再起動制御を実行することにより、燃焼温度を高く保った A T R の実行によって比較的低い温度帯域での水供給であっても改質器等の温度降下を抑制し、迅速な温度回復を図ることができる。

[0014] 本発明において、好ましくは、上記再起動制御で行われる A T R は、上記通常起動時の A T R よりも酸化剤ガスの供給量を多くするように構成されている。

このように構成された本発明においては、通常起動時の A T R よりも酸化剤ガスの供給量を多くした A T R による再起動制御を実行することにより、部分酸化反応による発熱反応が多くなり、さらに迅速に改質器温度及びセル温度の上昇を図ることができる。

[0015] 本発明において、好ましくは、上記再起動制御で行われる A T R は、上記通常起動時の A T R より水の供給量を少なくするように構成されている。

このように構成された本発明においては、通常起動時の A T R よりも水の供給量を少なくした A T R による再起動制御を実行することにより、改質器等の温度低下を抑制できると共に比較的低い温度の帯域であって

も余熱も手伝ってA T Rを実行することが可能となり安定した昇温を図ることができる。

- [0016] 本発明において、好ましくは、上記再起動制御で行われるA T Rは、上記改質状態温度が予め決定された所定温度以上上昇した時点で通常起動時のA T Rに変更される。

このように構成された本発明においては、再起動制御で行われるA T Rにおいて、改質器等への負担を抑えたA T Rを実行すると共に、改質状態温度の期待された温度上昇が図れた時点で通常起動時のA T Rに変更され、積極的なA T Rを実行するため、改質器等の温度低下を招くことなく迅速で安定した昇温を図ることができる。

- [0017] 本発明において、好ましくは、上記再起動制御は、予め決定された燃料ガスの供給量、酸化剤ガスの供給量、及び、水の供給量を変更させることなく一定量を維持してA T Rによる再起動を実行する。

このように構成された本発明においては、予め決定された燃料ガスの量、酸化剤ガスの量、及び、水量を変更させることなく一定量を維持したA T Rによる再起動を実行することにより、温度が低い不安定な温度帯域中であっても、改質状態を変化させる要因を防止するようにしたこと改質器等の温度回復を安定的に行うことができる。

- [0018] 本発明において、好ましくは、上記再起動制御は、通常起動時のP O X温度帯域内において第1のA T Rによる再起動を実行し、通常起動時のA T R温度帯域内において第2のA T Rによる再起動を実行し、上記再起動制御で行われる第1のA T Rは、上記第2のA T Rより水の供給量を少なくするように構成されている。

このように構成された本発明においては、通常起動時のP O X温度帯域内を再起動用として水の供給量の少ない第1のA T Rによって実行し、通常起動時のA T R温度帯域内において第2のA T Rを実行することにより、P O X温度帯域の比較的低い温度域でもA T Rの実行が可能となり、これによって改質器等の温度低下を抑制して余熱を利用しつつ安定的に温度の回復を図

ることができる。

- [0019] 本発明において、好ましくは、上記再起動制御で行われるATRは、その初期の酸化剤ガスの供給量が後期の酸化剤ガスの供給量よりも多くなるように構成されている。

このように構成された本発明においては、再起動時の初期における比較的溫度が低い領域で空気量を多くすることによって部分酸化改質反応を水蒸気改質反応より多くなるようにすることで改質器の溫度低下を抑えつつ安定的に燃料電池モジュールの溫度を高めることができる。

- [0020] 本発明は、好ましくは、更に、上記酸化剤ガス供給装置から上記改質器に供給する酸化剤ガスを加熱する酸化剤ガス加熱装置を有し、上記再起動制御は、上記酸化剤ガス加熱装置で酸化剤ガスを加熱する加熱溫度を上記通常起動時のATRよりも高く設定してATRによる再起動を実行する。

このように構成された本発明においては、酸化剤ガス加熱装置で酸化剤ガスを加熱する加熱溫度を通常起動時のATRよりも高く設定してATRによる再起動を実行することにより、再起動時のATRにおける水の供給に伴う溫度低下を抑制し、安定した状態で早期に溫度回復を図ることができる。

- [0021] 本発明は、好ましくは、更に、純水を生成して上記改質器に供給する水供給装置を有し、この水供給装置は、上記改質器に水を導入する水配管と、この水配管を保温する保温装置と、を備えている。

このように構成された本発明においては、水供給装置の保温装置が水配管を保温することにより、再起動時に水供給装置の水配管から改質器に供給される水の溫度を高く維持することができるため、POX溫度帯域という比較的低温の狀態下においてもATRによる再起動を確実に行うことが可能となる。

- [0022] 本発明は、好ましくは、更に、複数の燃料電池セルを備えたセル集合体の下部を支持すると共に燃料ガスと酸化剤ガスとの燃焼によって生成された排気ガスが排出される排気ガス室を形成するセル集合体支持装置を有し、上記保温装置は、上記水配管を上記排気ガス室内に經由させるように配置するこ

とにより、改質器に供給される水の温度低下を抑制するように構成されている。

このように構成された本発明においては、セル集合体支持装置の排気ガス室内における排気ガスの熱を利用し、再起動時に水供給装置の水配管から改質器に供給される水の温度を高く維持することができるため、再起動時のA T Rにおける水の供給に伴う改質器やセルの温度低下を特段の加熱手段を用いることなく的確に抑制することができる。

[0023] 本発明は、好ましくは、更に、上記セル集合体を収容するハウジング部材を備え、このハウジング部材を形成する対向する一対の側面には上記排気ガス室に連通する排気ガス通路が配置され、他の側面には、上記水配管の通路が配置されている。

このように構成された本発明においては、水配管をハウジングに対して排気ガス通路と分離させたためハウジングからの熱交換を他の側面では水のみとできるため、再起動時に水供給装置の水配管から改質器に供給される水の温度を高く維持することができる。よって、再起動時のA T Rにおける水の供給に伴う改質器等の温度低下を抑制することができる。

[0024] また、本発明は、燃料ガスと酸化剤ガスを電気化学的に反応させることにより発電する固体電解質型燃料電池であって、固体電解質型の燃料電池モジュール内に配置された固体電解質型の燃料電池セルと、燃料ガスを改質して上記燃料電池セルに供給する改質手段であって、所定の温度帯域に応じて燃料ガスと酸化剤ガスを化学反応させることにより燃料ガスを部分酸化改質する改質反応であるP O X、及び、燃料ガスと水蒸気を化学反応させることにより燃料ガスを水蒸気改質する改質反応であるS R、及び、上記P O Xと上記S Rとを併用させることにより燃料ガスをオートサーマル改質する改質反応であるA T Rのいずれかの改質反応によって燃料ガスを水素に改質する上記改質手段と、上記改質手段による改質状態を変更するための改質状態温度を検出する改質状態温度検出手段と、上記燃料電池モジュールの運転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運転

の起動を制御する起動制御手段と、上記燃料電池モジュールの運転の停止を制御する停止制御手段と、を備え、上記起動制御手段は、燃料ガスを着火して燃焼させた後、上記改質状態温度検出手段が検出した上記改質状態温度が上記 P O X が開始する P O X 開始温度よりも低い場合には、燃料ガスの燃焼熱によって上記改質手段を昇温させる燃焼運転制御を実行し、上記改質状態温度が上記 P O X 開始温度以上であり且つ上記水蒸気改質が可能な温度未満の P O X 温度帯域内にある場合には、上記改質手段を昇温させるために通常起動時の P O X を実行し、上記改質状態温度が上記水蒸気改質が可能な温度以上であり且つ所定の定常温度未満の A T R 温度帯域内にある場合には、上記改質手段を昇温させるために通常起動時の A T R を実行し、上記改質状態温度が、上記所定の定常温度以上である場合には、上記改質手段を昇温させるために通常起動時の S R を実行し、上記起動制御手段は、更に、上記燃料電池モジュールが高温状態からの停止に伴って上記停止制御手段による停止処理が実行され、上記改質状態温度が上記 P O X 温度帯域内にあるときに運転の再起動が実行された場合には、上記通常起動時の P O X をスキップして A T R によって再起動制御を実行することを特徴としている。

発明の効果

- [0025] 本発明の固体電解質型燃料電池（S O F C）によれば、高温状態からの停止時における再起動時にあつては、通常起動時の P O X をスキップさせる代わりに、A T R による再起動を実行することにより、セルへの負担を軽減して耐久性を向上させることができる共に、再起動時に余熱を積極的に利用した運転によって再起動時の起動時間を大幅に短縮することができる。

図面の簡単な説明

- [0026] [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線に沿った断面図である。

[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）の燃料電池セルユニット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(A)]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）の通常起動時と再起動時の動作の各運転状態における燃料流量、改質用空気流量、発電用空気流量、水流量、及び、改質器及びスタックの移行温度条件を示すデータテーブルである。

[図9(B)]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）の通常起動時と再起動時の動作の各運転状態における燃料流量、改質用空気流量、発電用空気流量、水流量、及び、改質器及びスタックの移行温度条件を示すデータテーブルである。

[図10]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）において再起動を行うための再起動制御フローの第1例を示すフローチャートである。

[図11]図10に示す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）の再起動制御フローの第1例に基づいて再起動を実行した場合の動作を示すタイムチャートについて、通常起動時の動作を示すタイムチャートと比較した図である。

[図12]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）において再起動を行うための再起動制御フローの第2例を示すフローチャートである。

[図13] 図 1 2 に示す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）の再起動制御フローの第 2 例に基づいて再起動を実行した場合の動作を示すタイムチャートについて、通常起動時の動作を示すタイムチャートと比較した図である。

[図14] 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）において再起動を行うための再起動制御フローの第 3 例を示すフローチャートである。

[図15] 図 1 4 に示す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）の再起動制御フローの第 3 例に基づいて再起動を実行した場合の動作を示すタイムチャートについて、通常起動時の動作を示すタイムチャートと比較した図である。

[図16] 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）において再起動を行うための再起動制御フローの第 4 例を示すフローチャートである。

[図17] 図 1 6 に示す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）の再起動制御フローの第 4 例に基づいて再起動を実行した場合の動作を示すタイムチャートについて、通常起動時の動作を示すタイムチャートと比較した図である。

[図18] 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）において再起動を行うための再起動制御フローの第 5 例を示すフローチャートである。

[図19] 図 1 8 に示す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）の再起動制御フローの第 5 例に基づいて再起動を実行した場合の動作を示すタイムチャートについて、通常起動時の動作を示すタイムチャートと比較した図である。

[図20] 本発明の他の実施形態による固体電解質型燃料電池（S O F C）の燃料電池モジュールを示す正面断面図である。

[図21] 図 2 0 の X X I - X X I 線に沿った断面図である。

[図22]本発明の他の実施形態による固体電解質型燃料電池（S O F C）の燃料電池モジュールのセル集合体支持ユニットを斜め上方から見た斜視図である。

発明を実施するための形態

[0027] 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。

[0028] 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。

[0029] 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。

[0030] 次に、補機ユニット４は、水道等の水供給源２４からの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。

[0031] 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。

[0032] 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（ＳＯＦＣ）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。

[0033] 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。

[0034] 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。

[0035] 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。

[0036] 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 7 0 内の空気が各組の空気流路管 7 4 からそれぞれの空気分配室 7 2 へ流入する。

[0037] 空気用熱交換器 2 2 の 6 個の空気流路管 7 4 内を流れる空気は、燃焼室 1

8で燃焼して上昇する排気ガスにより予熱される。

空気分配室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。

[0038] 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。

[0039] 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。

[0040] 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8

6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。

[0041] 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ブ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ブ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ブ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。

[0042] 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ブしたジルコニア、希土類元素から選ばれる少なくとも一種をドーブしたセリア、Sr、Mgから選ばれる少なくとも一種をドーブ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。

[0043] 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ブ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ブ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ブ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。

[0044] 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 8 6 が貫通可能な貫通穴 6 8 a 及び 1 0 0 a がそれぞれ形成されている。

[0045] さらに、燃料電池セルユニット 1 6 には、集電体 1 0 2 及び外部端子 1 0 4 が取り付けられている。この集電体 1 0 2 は、燃料極である内側電極層 9 0 に取り付けられた内側電極端子 8 6 と電氣的に接続される燃料極用接続部 1 0 2 a と、空気極である外側電極層 9 2 の外周面全体と電氣的に接続される空気極用接続部 1 0 2 b とにより一体的に形成されている。空気極用接続部 1 0 2 b は、外側電極層 9 2 の表面を上下方向に延びる鉛直部 1 0 2 c と、この鉛直部 1 0 2 c から外側電極層 9 2 の表面に沿って水平方向に延びる多数の水平部 1 0 2 d とから形成されている。また、燃料極用接続部 1 0 2 a は、空気極用接続部 1 0 2 b の鉛直部 1 0 2 c から燃料電池セルユニット 1 6 の上下方向に位置する内側電極端子 8 6 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。

[0046] さらに、燃料電池セルスタック 1 4 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 1 6 の上側端及び下側端の内側電極端子 8 6 には、それぞれ外部端子 1 0 4 が接続されている。これらの外部端子 1 0 4 は、隣接する燃料電池セルスタック 1 4 の端にある燃料電池セルユニット 1 6 の外部端子 1 0 4（図示せず）に接続され、上述したように、1 6 0 本の燃料電池セルユニット 1 6 の全てが直列接続されるようになっている。

[0047] 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（S O F C）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（S O F C）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 1 1 0 を備え、この制御部 1 1 0 には、使用者が操作するための「O N」や「O F F」等の操作ボタンを備えた操作装置 1 1 2、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 1 1 4、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 1 1 6 が接続されている。なお、この報知装置 1 1 6 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。

[0048] 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。

[0049] 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。

[0050] 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。

[0051] 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。

[0052] 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。

[0053] 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。

[0054] 先ず、改質用空気流量調整ユニット 44 から改質用空気を第 1 ヒータ 46 を経由して燃料電池モジュール 2 の改質器 20 へ供給する。また、同時に、発電用空気流量調整ユニット 45 から発電用空気を第 2 ヒータ 48 を経由して燃料電池モジュール 2 の空気用熱交換器 22 へ供給し、この発電用空気が

、発電室 10 及び燃焼室 18 に到達する。

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

[0055] 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。

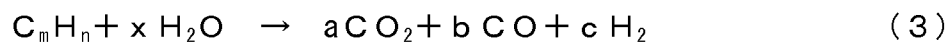
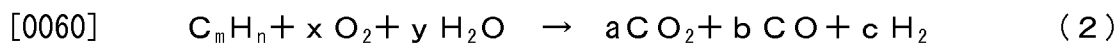
[0056] このとき、燃料流量調整ユニット 38 及び改質用空気流量調整ユニット 44 により、改質用空気が混合された燃料ガスが改質器 20 に供給されているので、改質器 20 において、式（1）に示す部分酸化改質反応 POX が進行する。この部分酸化改質反応 POX は、発熱反応であるので、起動性が良好となる。また、この昇温した燃料ガスが燃料ガス供給管 64 により燃料電池セルスタック 14 の下方に供給され、これにより、燃料電池セルスタック 14 が下方から加熱され、また、燃焼室 18 も燃料ガスと空気が燃焼して昇温されているので、燃料電池セルスタック 14 は、上方からも加熱され、この結果、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。

[0057]
$$C_m H_n + x O_2 \rightarrow a CO_2 + b CO + c H_2 \quad (1)$$

[0058] 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。

[0059] 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。



[0061] 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。

[0062] 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 POX、オートサーマル改質反応 ATR、水蒸気改質反応 SR 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。

[0063] 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SRで発電が進行する。

[0064] 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（SOFC）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（SOFC）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。

[0065] 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SR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。

[0066] 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。

[0067] 次に、図 9 ～ 図 19 を参照して、本実施形態による固体電解質型燃料電池（S O F C）による再起動時の動作を説明する。図 9（A）及び図 9（B）は、本実施形態による固体電解質型燃料電池（S O F C）の通常起動時と再起動時の動作の各運転状態における燃料流量、改質用空気流量、発電用空気流量、水流量、及び、改質器及びスタックの移行温度条件を示すデータテーブルである。

[0068] まず、図 9（A）及び図 9（B）に示すように、本実施形態による固体電解質型燃料電池（S O F C）は、上述した図 7 に示す本実施形態による固体電解質型燃料電池（S O F C）の起動時の動作と同一の動作を運転の通常起動時の動作として実行する制御モード（以下「通常起動モード 1」）と、この通常起動モード 1 とは異なる通常起動モードに基づいて運転の通常起動を実行する変形例としての「通常起動モード 2」を開示している。

[0069] また、本実施形態による固体電解質型燃料電池（S O F C）は、図 8 に示す本実施形態による固体電解質型燃料電池（S O F C）の停止動作が実行されている状態で運転の起動（いわゆる「再起動」）が要求された場合にこの運転の再起動を実行する再起動制御モードとして 5 つの実施形態（以下「再起動モード 1 ～ 5」）を開示しており、これらの再起動モード 1 ～ 5 のそれぞれは、対応する再起動制御フローの第 1 例～第 5 例（詳細は後述する）としてそれぞれ開示し、それぞれに対応するフローに基いて実行されるようになっている。

なお、図 9（A）及び図 9（B）における各通常起動モード及び各再起動モードの詳細については後述する。

[0070] つぎに、図 10 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）の再起動制御フローの第 1 例を具体的に説明する。図 10 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）において再起動を行うための再起動制御フローの第 1 例（再起動制御フロー 1）を示すフローチャ

ートである。図10において、Sは各ステップを示している。

まず、S1において、燃料電池モジュール2が停止運転中か否かを判定し、停止運転中である場合には、S2に進み、再起動を要求するか否かを判定する。

S2において、再起動を要求すると判定した場合には、S3に進み、改質器20による改質状態を変更するための改質状態温度を検出する改質状態温度検出手段の一部である改質器温度センサ148により改質器20の温度（以下「改質器温度 T_r 」）を測定した後、S4に進み、改質器20による改質状態を変更するための改質状態温度を検出する改質状態温度検出手段の一部である発電室温度センサ142により燃料電池セルスタック14（即ち燃料電池セル84自体）の近傍の温度であるスタック温度 T_s を測定する。

つぎに、S5に進み、改質器温度 T_r が400℃以上であるか否かを判定する。

[0071] S5において、改質器温度 T_r が400℃以上でないと判定した場合には、S6に進み、改質器温度 T_r が200℃未満であるか否かを判定する。

S6において、改質器温度 T_r が200℃未満でない、すなわち、改質器温度 T_r が200℃以上400℃未満であると判定した場合には、S7に進み、改質器温度 T_r が200℃以上250℃未満であるか否かを判定する。

[0072] S7において、改質器温度 T_r が200℃以上250℃未満でない、すなわち、改質器温度 T_r が250℃以上400℃未満であると判定した場合には、S8に進み、図9（A）に示すデータテーブル中の「再起動モード1」による「再起動ATR」を実行する。

一方、S7において、改質器温度 T_r が200℃以上250℃未満であると判定した場合には、S9に進み、図9（A）に示すデータテーブル中の「再起動モード1」による「再起動POX」を実行する。

[0073] また、S5において、改質器温度 T_r が400℃以上であると判定した場合には、S10に進み、改質器温度 T_r が600℃以上であるか否かを判定する。

S 1 0において、改質器温度 T_r が 600°C 以上でない、すなわち、改質器温度 T_r が 400°C 以上 600°C 未満であると判定した場合には、S 1 1に進み、図9（A）に示すデータテーブル中の「再起動モード1」による「通常起動ATR」を実行する。

[0074] 一方、S 1 0において、改質器温度 T_r が 600°C 以上であると判定した場合には、S 1 2に進み、発電室温度センサ142により測定されたスタック温度 T_s が 600°C 以上であるか否かを判定する。

S 1 2において、スタック温度 T_s が 600°C 以上であると判定した場合には、S 1 3に進み、図9（A）に示すデータテーブル中の「再起動モード1」による「通常起動SR」を実行する。一方、S 1 2において、スタック温度 T_s が 600°C 以上でない、すなわち、改質器温度 T_r が 600°C 以上であるにもかかわらず、スタック温度 T_s が 600°C 未満であると判定した場合には、S 1 1に進み、図9（A）に示すデータテーブル中の「再起動モード1」による「通常起動ATR」を実行する。

[0075] つぎに、S 1 において、燃料電池モジュール2が停止運転中か否かを判定し、停止運転中でない場合には、S 1 4に進み、起動中における失火に基づく再起動の要求であるか否かを判定する。

S 1 4において、失火に基づく再起動を要求があると判定した場合、及び、S 6において、改質器温度 T_r が 200°C 未満であると判定した場合には、温度センサーの値は見かけ上高くても燃料電池モジュール全てが長時間高温状態になっているわけではないので満遍なく蓄熱されている状況にないことから余熱に基く再起動制御が実行できる状況にはないのでS 1 5に進み、図9（A）に示すデータテーブル中の「通常起動モード1」に基いて再起動を実行する。

[0076] つぎに、図9～図11を参照しながら、図10に示す本実施形態による固体電解質型燃料電池（SOFC）の再起動制御フローの第1例に基づいて再起動を実行した場合の動作をより具体的に説明する。

図11は、図10に示す本実施形態による固体電解質型燃料電池（SOFC

C) の再起動制御フローの第 1 例に基づいて再起動を実行した場合の動作を示すタイムチャートについて、通常起動時の動作を示すタイムチャートと比較した図である。

なお、図 11 の上段のタイムチャートは、図 9 (A) に示すデータテーブル中の「通常起動モード 1」を実行した場合における固体電解質型燃料電池 (S O F C) の通常起動の動作を示すタイムチャートであり、図 11 の下段のタイムチャートは、図 9 (A) に示すデータテーブル中の「再起動モード 1」を実行した場合における固体電解質型燃料電池 (S O F C) の再起動の動作を示すタイムチャートである。

[0077] また、以下の本実施形態による固体電解質型燃料電池 (S O F C) の再起動制御フローの第 1 例 (再起動フロー 1) に基づく再起動の動作の説明については、図 9 (A) に示す「通常起動モード 1」と「再起動モード 1」に関するデータテーブルを参照すると共に、図 11 に示す本実施形態の固体電解質型燃料電池 (S O F C) の「再起動モード 1」による再起動時の動作について、「通常起動モード 1」による通常起動時の動作と比較しながら説明する。

[0078] まず、図 9 (A) に示す「通常起動モード 1」のデータテーブルの見方について説明する。

図 9 (A) に示す「通常起動モード 1」の「状態」という欄は、上段から下段に向かって時系列順に通常起動時の各運転状態をそれぞれ表したものであり、各運転状態について、「着火時」、「燃焼運転」、「通常起動 P O X」、「通常起動 A T R」、「通常起動 S R」と略記して区別している。

ちなみに、図 11 における「通常起動モード 1」のタイムチャートの横軸である時間 t については、「着火時」の時間を t_1 とし、順次「通常起動 P O X」、「通常起動 A T R」、及び、「通常起動 S R」へと移行するときの時間をそれぞれ t_2 、 t_3 、及び、 t_4 とし、時間 t において改質器温度センサ 148 が検出した改質器 20 の温度を $T_r(t)$ とし、時間 t において発電室温度センサ 142 により測定されたスタック温度を $T_s(t)$ とする

- 。
- [0079] 図9 (A) に示す「通常起動モード1」の「着火時」という運転状態は、点火装置83を点火し、燃料ガスが着火して燃焼を開始した状態であり、この着火時 ($t = t_1$) に改質器温度センサ148が検出した改質器20の温度を「着火時温度 $T_r(t_1)$ 」とすると、この着火時温度 $T_r(t_1)$ は、POXが開始するとき ($t = t_2$) の改質器20の温度 (以下「POX開始温度 $T_r(t_2)$ 」) ($= 300^\circ\text{C}$) よりも低くなっている。
- [0080] つぎに、「通常起動モード1」の「燃焼運転」という運転状態は、燃料ガスの着火後に燃焼を開始してから、この燃料ガスの燃焼熱によって改質器20を加熱して燃焼運転を実行する制御帯域 (以下「燃焼運転制御帯域B1」) で起動を制御しており、改質器温度センサ148が検出した改質器20の温度が着火時温度 $T_r(t_1)$ からPOX開始温度 $T_r(t_2)$ ($= 300^\circ\text{C}$) 未満までの温度帯域 $W1$ ($T_r < 300^\circ\text{C}$) で実行されるものである。
- [0081] つぎに、「通常起動モード1」の「通常起動POX」という運転状態は、改質器温度センサ148が検出した改質器20の温度 $T_r(t)$ がPOX開始温度 $T_r(t_2)$ ($= 300^\circ\text{C}$) 以上であり且つSRが可能なSR可能温度 (以下「SR可能温度 $T_r(t_3)$ 」) ($= 600^\circ\text{C}$) 未満までの温度帯域 (以下「通常起動POX温度帯域 $W2$ 」) ($300^\circ\text{C} \leq T_r(t) < 600^\circ\text{C}$ 、 $T_s < 250^\circ\text{C}$) 内にあるとき、POXによる反応熱と燃料ガスの燃焼熱によって改質器20を加熱してPOXを実行する制御帯域 (以下「通常起動モードPOX制御帯域B2」) で起動を制御している。
- [0082] つぎに、「通常起動モード1」の「通常起動ATR」という運転状態は、改質器温度センサ148が検出した改質器20の温度 $T_r(t)$ がSR可能温度 $T_r(t_3)$ ($= 600^\circ\text{C}$) 以上であり且つ所定の定常温度 $T_r(t_4)$ ($= 650^\circ\text{C}$) 未満までの温度帯域 (以下「通常起動ATR温度帯域 $W3$ 」) ($600^\circ\text{C} \leq T_r(t) < 650^\circ\text{C}$) にあり、且つ、発電室温度センサ142により測定されたスタック温度 T_s が 250°C 以上 600°C 未満までの温度帯域 ($250^\circ\text{C} \leq T_s < 600^\circ\text{C}$) にあるとき、POXによる反応熱

と燃料ガスの燃焼熱とSRによる吸熱を制御して改質器20を加熱し、ATRを実行する制御帯域（以下「通常起動モードATR制御帯域B3」）で起動を制御している。

[0083] つぎに、「通常起動モード1」の「通常起動SR」という運転状態は、改質器温度センサ148が検出した改質器20の温度 $T_r(t)$ が 650°C 以上の所定の定常温度 $T_r(t_4)$ であり、且つ、発電室温度センサ142により測定されたスタック温度 T_s が 600°C 以上にある場合にSRを実行する制御帯域（以下「通常起動モードSR制御帯域B4」）で起動を制御している。

[0084] なお、図9（A）及び図9（B）に示す「燃料流量」という欄は、補機ユニット4の燃料ガス供給手段である燃料流量調整ユニット38から改質器20に供給される燃料ガスの流量 $[\text{L}/\text{min}]$ を示している。

また、図9（A）及び図9（B）に示す「改質用空気流量」という欄は、各運転状態において、補機ユニット4の酸化剤ガス供給手段である改質用空気流量調整ユニット44から、酸化剤ガス加熱手段である第1ヒータ46を経て改質器20に供給される酸化剤ガス（改質用空気）の流量 $[\text{L}/\text{min}]$ を示している。

[0085] さらに、図9（A）及び図9（B）に示す「発電用空気流量」という欄は、各運転状態において、補機ユニット4の発電用空気流量調整ユニット45から第2ヒータ48を経て発電室10に供給される発電用空気の流量 $[\text{L}/\text{min}]$ を示している。

また、図9（A）及び図9（B）に示す「水流量」という欄は、各運転状態において、補機ユニット4の純水を生成して改質器20に供給する水供給手段である水流量調整ユニット28から改質器20に供給される純水の流量 $[\text{cc}/\text{min}]$ を示している。

[0086] さらに、図9（A）及び図9（B）に示す「移行温度条件」の「改質器温度」及び「スタック温度」という欄については、運転状態が次の運転状態に移行する際の改質器20の温度及び燃料電池セルスタック14の温度を示し

ている。

より具体的に説明すると、例えば、「通常起動モード１」の「燃焼運転」の状態欄における「移行温度条件」の「改質器温度」は「 300°C 以上」と示されているが、このことは、改質器温度センサ１４８が検出した改質器２０の温度 $T_r(t)$ が 300°C 以上になると、「燃焼運転」の運転状態が「通常起動 POX 」の運転状態へ移行されることを意味している。

同様に、「通常起動モード１」の「通常起動 POX 」の状態欄における「移行温度条件」の「改質器温度」は「 600°C 以上」と示されており、「スタック温度」は「 250°C 以上」と示されているが、このことは、改質器温度センサ１４８が検出した改質器２０の温度 $T_r(t)$ が 600°C 以上になり、発電室温度センサ１４２により測定されたスタック温度 T_s が 250°C 以上になると、「通常起動 POX 」の運転状態から「通常起動 ATR 」の運転状態へ移行されることを意味している。

[0087] つぎに、図９（Ａ）に示す「再起動モード１」のデータテーブルの見方について説明するが、上述した「通常起動モード１」のデータテーブルの見方と基本的には同様であるため、「通常起動モード１」のデータテーブルとの相違点や特徴的な点に着目して説明する。

まず、図９（Ａ）に示す「再起動モード１」の「状態」という欄は、上段から下段に向かって時系列順に再起動時の各運転状態をそれぞれ表したものであり、各運転状態について、「着火時」、「再起動 POX 」、「再起動 ATR 」、「通常起動 ATR 」、「通常起動 SR 」と略記している。

ちなみに、図１１における「再起動モード１」のタイムチャートの横軸である時間 t については、「着火時」の時間を t_{11} とし、順次「再起動 POX 」、「再起動 ATR 」、「通常起動 ATR 」、及び、「通常起動 SR 」へと移行するときの時間をそれぞれ t_{12} 、 t_{13a} 、 t_{13b} 、及び、 t_{14} とする。

[0088] つぎに、図９（Ａ）に示す「再起動モード１」の「着火時」という運転状態は、燃料電池モジュール２の停止運転中に再起動が要求された場合に、改

質器温度センサ 148 が検出した改質器 20 の温度 $T_r(t)$ が、上述した「通常起動モード 1」の通常起動モード P O X 制御帯域 B 2 の P O X 開始温度 $T_r(t_2)$ ($= 300^{\circ}\text{C}$) よりも低い所定温度 $T_r(t_{11})$ ($= 200^{\circ}\text{C}$) 未満である場合には、「通常起動モード 1」に基づく通常起動が「通常起動モード 1」の着火後の「燃焼運転」から実行されるようになっている (図 10 の S 6 及び S 15 参照)。

一方、改質器 20 の温度 $T_r(t_{11})$ が所定温度 ($= 200^{\circ}\text{C}$) 以上である場合には、点火装置 83 を点火し、燃料ガスの着火後、直ちに「再起動モード 1」の「再起動 P O X」の運転状態に移行される (図 10 の S 7 及び S 8 参照)。

なお、図 9 (A) に示す「再起動モード 1」の「着火時」の「燃料流量」は $5.5 [\text{L}/\text{min}]$ であり、「通常起動モード 1」の「着火時」の「燃料流量」 ($6.0 [\text{L}/\text{min}]$) よりも少なくなっている。

[0089] つぎに、図 9 (A) 及び図 10 の S 9 に示す「再起動モード 1」の「再起動 P O X」という運転状態は、改質器温度センサ 148 が検出した改質器 20 の温度 $T_r(t_{11})$ が所定温度 ($= 200^{\circ}\text{C}$) 以上である場合に、点火装置 83 を点火し、燃料ガスの着火後、直ちに移行して P O X を実行する制御帯域 (以下「再起動モード P O X 制御帯域 B 12」) で再起動を制御している。

この「再起動モード 1」の再起動モード P O X 制御帯域 B 12 で実行される「再起動 P O X」の運転状態は、「通常起動モード 1」の通常起動モード P O X 制御帯域 B 2 で実行される「通常起動 P O X」とは異なる運転状態となっている。

[0090] より具体的に説明すると、「再起動モード 1」の再起動モード P O X 制御帯域 B 12 で「再起動 P O X」が実行される温度帯域 (以下「再起動 P O X 温度帯域 W 12」) は、「通常起動モード 1」の通常起動モード P O X 制御帯域 B 2 で「通常起動 P O X」が実行される通常起動 P O X 温度帯域 W 2 ($300^{\circ}\text{C} \leq T_r(t) < 600^{\circ}\text{C}$ 、 $T_s < 250^{\circ}\text{C}$) よりも低温側の温度帯

域 ($200^{\circ}\text{C} \leq T_r(t) < 250^{\circ}\text{C}$) となっている。

また、「再起動モード1」の「再起動POX」の運転状態における「燃料流量」は5.5 [L/min] であり、「通常起動モード1」の「着火時」及び「燃焼運転」の運転状態における「燃料流量」(6.0 [L/min]) よりは少ないが、「通常起動モード1」の「通常起動POX」の運転状態における「燃料流量」(5.0 [L/min]) よりは多くなっている。

[0091] さらに、「再起動モード1」の「再起動POX」の運転状態における「改質用空気流量」は17.0 [L/min] であり、「通常起動モード1」の「通常起動POX」の運転状態における「改質用空気流量」(18.0 [L/min]) よりは少なくなっている。

[0092] つぎに、図9 (A) 及び図10のS8に示す「再起動モード1」の「再起動ATR」という運転状態は、「通常起動モード1」の「通常起動POX」や「通常起動ATR」とは異なるATRを実行する制御帯域(以下「再起動モードATR制御帯域B13a」) で再起動を制御している。

より具体的に説明すると、「再起動モード1」の再起動モードATR制御帯域B13aで「再起動ATR」が実行される温度帯域(以下「再起動ATR温度帯域W13a」) は、「再起動モード1」の再起動POX温度帯域W12 ($200^{\circ}\text{C} \leq T_r < 250^{\circ}\text{C}$) よりも高温側にある 250°C 以上 400°C 未満の温度帯域 ($250^{\circ}\text{C} \leq T_r < 400^{\circ}\text{C}$ 、 $T_s < 400^{\circ}\text{C}$) となっている。

[0093] また、「再起動モード1」の再起動モードATR制御帯域B13aにおいては、特に、「再起動モード1」の再起動ATR温度帯域W13a ($250^{\circ}\text{C} \leq T_r < 400^{\circ}\text{C}$ 、 $T_s < 400^{\circ}\text{C}$) が「通常起動モード1」の通常起動POX温度帯域W2 ($300^{\circ}\text{C} \leq T_r(t) < 600^{\circ}\text{C}$ 、 $T_s < 250^{\circ}\text{C}$) の一部分と重複しているにもかかわらず、「通常起動モード1」の「通常起動POX」は実行されない。

[0094] さらに、「再起動モード1」の「再起動ATR」の運転状態における「燃料流量」は5.0 [L/min] であり、「通常起動モード1」の「通常起

動POX」の運転状態における「燃料流量」(5.0 [L/min])と等しく、「通常起動モード1」の「通常起動ATR」の運転状態における「燃料流量」(4.0 [L/min])よりは多くなっている。

[0095] また、「再起動モード1」の「再起動ATR」の運転状態における「改質用空気流量」は8.0 [L/min]であり、「通常起動モード1」の「通常起動POX」の運転状態における「改質用空気流量」(18.0 [L/min])よりは少なく、「通常起動モード1」の「通常起動ATR」の運転状態における「改質用空気流量」(4.0 [L/min])よりは多くなっている。

[0096] さらに、「再起動モード1」の「再起動ATR」の運転状態における「水流量」は2.0 [cc/min]であり、「通常起動モード1」の「通常起動ATR」の運転状態における「水流量」(3.0 [L/min])よりは少なくなっている。

[0097] つぎに、図9(A)及び図10のS11に示す「再起動モード1」の「通常起動ATR」という運転状態は、改質器20の温度 $T_r(t)$ が「通常起動モード1」の通常起動POX温度帯域W2 ($300^{\circ}\text{C} \leq T_r(t) < 600^{\circ}\text{C}$ 、 $T_s < 250^{\circ}\text{C}$)に相当する温度帯域内にあり、且つ「再起動モード1」の再起動ATR温度帯域W13a ($250^{\circ}\text{C} \leq T_r < 400^{\circ}\text{C}$ 、 $T_s < 400^{\circ}\text{C}$)よりも高温側にある温度帯域(以下「通常起動ATR温度帯域W13b」)($400^{\circ}\text{C} \leq T_r < 600^{\circ}\text{C}$ 、 $400^{\circ}\text{C} \leq T_s < 600^{\circ}\text{C}$)内にあるときに、「通常起動モード1」の「通常起動ATR」と同一のATRを実行する制御帯域(以下「再起動モードATR制御帯域B13b」)で再起動を制御している。

[0098] つぎに、図9(A)及び図10のS13に示す「再起動モード1」の「通常起動SR」という運転状態は、「通常起動モード1」の「通常起動SR」の「移行温度条件」と同一の条件によって「通常起動モード1」の「通常起動SR」と同一のSRを実行する制御帯域(以下「再起動モードSR制御帯域B14」)で再起動を制御している。

[0099] つぎに、特に、上述した「再起動モード1」による「再起動POX」から「再起動ATR」を経て「通常起動ATR」を実行する制御帯域（以下「再起動モード1」の再起動モード制御帯域」）に着目し、この再起動モード制御帯域による再起動を「通常起動モード1」による通常起動と比較する。

「再起動モード1」の再起動モード制御帯域においては、燃料電池モジュール2の運転の停止により改質器20の温度 $T_r(t)$ が「通常起動モード1」の通常起動POX温度帯域W2（ $300^{\circ}\text{C} \leq T_r(t) < 600^{\circ}\text{C}$ 、 $T_s < 250^{\circ}\text{C}$ ）に相当する温度帯域の高温側から低下してこの通常起動POX温度帯域W2内にあるときには、燃料電池セルスタック14や改質器20に残存している余熱を積極的に利用することにより、たとえ改質器20の温度 $T_r(t)$ が通常起動POX温度帯域W2内にあっても、「通常起動モード1」による通常起動モードPOX制御帯域B2の「通常起動POX」の実行をスキップする。

そして、このスキップした「通常起動モード1」の「通常起動POX」の代わりに、「再起動モード1」の再起動ATR温度帯域W13aにおいて、「水流量」が「通常起動モード1」の「通常起動ATR」よりも少ない「再起動ATR」を実行し、通常起動ATR温度帯域W13b（ $400^{\circ}\text{C} \leq T_r < 600^{\circ}\text{C}$ 、 $400^{\circ}\text{C} \leq T_s < 600^{\circ}\text{C}$ ）において「通常起動モード1」による通常起動モードATR制御帯域B3を拡大して「通常起動モード1」の「通常起動ATR」と同一の「再起動モード1」の「通常起動ATR」を実行する。

[0100] しかしながら、「再起動モード1」の一連の再起動モード制御帯域においては、POXを完全に禁止するわけではなく、改質器20の温度 $T_r(t)$ が「通常起動モード1」の通常起動POX温度帯域W2（ $300^{\circ}\text{C} \leq T_r(t) < 600^{\circ}\text{C}$ 、 $T_s < 250^{\circ}\text{C}$ ）よりも低温側の温度帯域である再起動POX温度帯域W12（ $200^{\circ}\text{C} \leq T_r(t) < 250^{\circ}\text{C}$ ）内にあるときには、「通常起動モード1」の「通常起動POX」とは異なる「再起動モード1」の「再起動POX」を実行する。

- [0101] 一方、「再起動モード１」の一連の再起動モード制御帯域においては、例えば、起動時の失火に基づいて再起動を行った場合に、改質器２０の温度 $T_r(t)$ が「再起動モード１」の再起動ATR温度帯域 $W13a$ ($250^{\circ}\text{C} \leq T_r < 400^{\circ}\text{C}$ 、 $T_s < 400^{\circ}\text{C}$)の低温側から上昇してこの再起動ATR温度帯域 $W13a$ 又は $W13b$ ($400^{\circ}\text{C} \leq T_r < 600^{\circ}\text{C}$ 、 $400^{\circ}\text{C} \leq T_s < 600^{\circ}\text{C}$)内にあったとしても、燃料電池セルスタック１４や改質器２０に残存している余熱を利用できる可能性が低いため、「再起動モード１」の再起動モード制御帯域における「再起動ATR」及び「通常起動ATR」を禁止して、「通常起動モード１」の着火後の「燃焼運転」から実行する（図１０の $S14$ 及び $S15$ 参照）。
- [0102] また、図１１に示すように、「再起動モード１」の「再起動ATR」から「通常起動ATR」に移行するときの時間 $t13b$ は、「通常起動モード１」の「通常起動POX」から「通常起動ATR」に移行するときの時間 $t3$ よりも少ない時間となっている。
- [0103] さらに、「再起動モード１」の「通常起動ATR」から「通常起動SR」に移行するときの時間 $t14$ についても、「通常起動モード１」の「通常起動ATR」から「通常起動SR」に移行するときの時間 $t4$ よりも少ない時間となっており、再起動による起動時間が通常起動による起動時間に比べて短くなっている。
- [0104] 上述した本実施形態の固体電解質型燃料電池（SOFC）における再起動制御フローの第１例による再起動制御によれば、燃料電池モジュール２の運転の停止により改質器２０の温度 $T_r(t)$ が「通常起動モード１」の通常起動POX温度帯域 $W2$ ($300^{\circ}\text{C} \leq T_r(t) < 600^{\circ}\text{C}$ 、 $T_s < 250^{\circ}\text{C}$)に相当する温度帯域の高温側から低下してこの通常起動POX温度帯域 $W2$ 内にあるときには、燃料電池セルスタック１４や改質器２０に残存している余熱を積極的に利用することにより、たとえ改質器２０の温度 $T_r(t)$ が通常起動POX温度帯域 $W2$ 内にあっても、「通常起動モード１」による通常起動モードPOX制御帯域 $B2$ の「通常起動POX」の実行をスキップ

プすることができる。そして、このスキップした「通常起動モード1」の「通常起動POX」の代わりに、「再起動モード1」の再起動ATR温度帯域W13a ($250^{\circ}\text{C} \leq T_r < 400^{\circ}\text{C}$ 、 $T_s < 400^{\circ}\text{C}$)において、「水流量」が「通常起動モード1」の「通常起動ATR」よりも少ない「再起動ATR」を実行することができ、通常起動ATR温度帯域W13b ($400^{\circ}\text{C} \leq T_r < 600^{\circ}\text{C}$ 、 $400^{\circ}\text{C} \leq T_s < 600^{\circ}\text{C}$)において「通常起動モード1」による通常起動モードATR制御帯域B3を拡大して「通常起動モード1」の「通常起動ATR」と同一の「再起動モード1」の「通常起動ATR」を実行することができる。

この結果、再起動時に「通常起動モード1」による通常起動モードPOX制御帯域B2の通常起動POXの実行をスキップすることなくそのまま通常起動POXを実行した場合に比べて、燃料電池セル84の酸化や異常高温による燃料電池セル84への負担を軽減することができ、燃料電池セル84の耐久性を向上させることができる。

[0105] また、ATRはPOXよりも熱量が多いため、燃料電池セルスタック14や改質器20に残存している余熱を積極的に利用することにより、「通常起動モード1」の「通常起動POX」をスキップして「再起動モード1」を実行することによって「着火時」から「再起動POX」、「再起動ATR」、「通常起動ATR」、及び、「通常起動SR」を順次実行することにより、着火時からATR、SRへの移行を早めることができる。この結果、再起動時に仮に「通常起動モード1」の通常起動POX温度帯域W2 ($300^{\circ}\text{C} \leq T_r(t) < 600^{\circ}\text{C}$ 、 $T_s < 250^{\circ}\text{C}$)に相当する温度領域内で「通常起動モード1」の「通常起動POX」を実行した場合に比べて、再起動に要する起動時間を大幅に短縮させることができる。

一方、例えば、起動時の失火に基づいて再起動を行った場合には、「再起動モード1」の再起動モード制御帯域における「再起動ATR」及び「通常起動ATR」を禁止することができるため、燃料電池セルユニット16のダメージを抑制することができる。

- [0106] さらに、本実施形態の固体電解質型燃料電池（S O F C）における再起動制御フローの第 1 例による再起動制御によれば、再起動時には「再起動モード 1」の「着火時」から改質器 20 の温度上昇に伴って「再起動 P O X」、「再起動 A T R」、「通常起動 A T R」、「通常起動 S R」を順次実行することにより、燃料電池セルユニット 16 の温度降下を招くことなく最適な状態で安定した温度の回復を図ることができる。
- [0107] さらに、本実施形態の固体電解質型燃料電池（S O F C）における再起動制御フローの第 1 例による再起動制御によれば、「再起動モード 1」の「再起動 A T R」に移行する前に実行される「再起動 P O X」が、「通常起動モード 1」の「通常起動 P O X」が実行される通常起動 P O X 温度帯域 W 2（ $300^{\circ}\text{C} \leq T_r(t) < 600^{\circ}\text{C}$ 、 $T_s < 250^{\circ}\text{C}$ ）よりも低温側の温度帯域 W 1 2（ $200^{\circ}\text{C} \leq T_r(t) < 250^{\circ}\text{C}$ ）内で実行され、「通常起動モード 1」の「通常起動 P O X」の「燃料流量」より多く且つ「通常起動モード 1」の「通常起動 P O X」の「改質用空気流量」よりは少ない状態で実行されるため、燃料電池セルスタック 14 の酸化を予防することができると共に、燃料電池セルスタック 14 の昇温の促進を図ることができる。
- [0108] さらに、本実施形態の固体電解質型燃料電池（S O F C）における再起動制御フローの第 1 例による再起動制御によれば、「通常起動モード 1」の「通常起動 P O X」をスキップする代わりに、「通常起動モード 1」の「通常起動 A T R」よりも「燃料流量」が多い「再起動モード 1」の「再起動 A T R」を実行することにより、燃焼温度を高く保った「再起動 A T R」の実行によって比較的低い温度帯域での水供給であっても改質器 20 及び燃料電池セルスタック 14 の温度降下を抑制し、迅速な温度回復を図ることができる。
- [0109] さらに、本実施形態の固体電解質型燃料電池（S O F C）における再起動制御フローの第 1 例による再起動制御によれば、「通常起動モード 1」の「通常起動 P O X」をスキップする代わりに、「通常起動モード 1」の「通常起動 A T R」よりも「改質器用空気流量」が多い「再起動モード 1」の「再

起動ATR」を実行することにより、部分酸化反応による発熱反応が多くなり、改質器20及び燃料電池セルスタック14の温度上昇をさらに迅速に図ることができる。

[0110] さらに、本実施形態の固体電解質型燃料電池（SOFC）における再起動制御フローの第1例による再起動制御によれば、「通常起動モード1」の「通常起動POX」をスキップする代わりに、「通常起動モード1」の「通常起動ATR」よりも「水流量」が少ない「再起動モード1」の「再起動ATR」を実行することにより、改質器20及び燃料電池セルスタック14の温度低下を抑制することができると共に比較的低い温度の帯域であっても余熱も手伝ってATRを実行することが可能となり、安定した昇温を図ることができる。

[0111] つぎに、図12により、本実施形態による固体電解質型燃料電池（SOFC）の再起動制御フローの第2例を具体的に説明する。図12は、本発明の一実施形態による固体電解質型燃料電池（SOFC）において再起動を行うための再起動制御フローの第2例（再起動制御フロー2）を示すフローチャートである。図12において、Sは各ステップを示している。

まず、S101において、燃料電池モジュール2が停止運転中か否かを判定し、停止運転中である場合には、S102に進み、再起動を要求するか否かを判定する。

[0112] S102において、再起動を要求すると判定した場合には、S103に進み、改質器温度センサ148により改質器20の温度 T_r を測定した後、S104に進み、発電室温度センサ142により燃料電池セルスタック14（即ち燃料電池セル84自体）の近傍の温度であるスタック温度 T_s を測定する。

つぎに、S105に進み、改質器温度 $T_r(t)$ が 400°C 以上であるか否かを判定する。

[0113] S105において、改質器温度 $T_r(t)$ が 400°C 以上でないと判定した場合には、S106に進み、改質器温度 $T_r(t)$ が 200°C 未満である

か否かを判定する。

S 1 0 6において、改質器温度 $T_r(t)$ が 200°C 未満でない、すなわち、改質器温度 $T_r(t)$ が 200°C 以上 400°C 未満であると判定した場合には、S 1 0 7に進み、図9 (A)に示すデータテーブル中の「再起動モード2」による「再起動ATR」を実行する。

[0114] また、S 1 0 5において、改質器温度 $T_r(t)$ が 400°C 以上であると判定した場合には、S 1 0 8に進み、改質器温度 $T_r(t)$ が 600°C 以上であるか否かを判定する。S 1 0 8において、改質器温度 $T_r(t)$ が 600°C 以上でない、すなわち、改質器温度 $T_r(t)$ が 400°C 以上 600°C 未満であると判定した場合には、S 1 0 9に進み、図9 (A)に示すデータテーブル中の「再起動モード2」による「通常起動ATR」を実行する。

[0115] 一方、S 1 0 8において、改質器温度 T_r が 600°C 以上であると判定した場合には、S 1 1 0に進み、発電室温度センサ142により測定されたスタック温度 T_s が 600°C 以上であるか否かを判定する。

S 1 1 0において、スタック温度 T_s が 600°C 以上であると判定した場合には、S 1 1 1に進み、図9 (A)に示すデータテーブル中の「再起動モード2」による「通常起動SR」を実行する。一方、S 1 1 0において、スタック温度 T_s が 600°C 以上でない、すなわち、改質器温度 $T_r(t)$ が 600°C 以上であるにもかかわらず、スタック温度 T_s が 600°C 未満であると判定した場合には、S 1 0 9に進み、図9 (A)に示すデータテーブル中の「再起動モード2」による「通常起動ATR」を実行する。

[0116] つぎに、S 1 0 1において、燃料電池モジュール2が停止運転中か否かを判定し、停止運転中でない場合には、S 1 1 2に進み、起動中の失火に基づく再起動の要求があるか否かを判定する。

S 1 1 2において、失火に基づく再起動の要求があると判定した場合、及び、S 1 0 6において、改質器温度 $T_r(t)$ が 200°C 未満であると判定した場合には、第1実施例同様にS 1 1 3に進み、再起動テーブルが使えないので図9 (A)に示すデータテーブル中の「通常起動モード1」に従って

再起動を実行する。

[0117] つぎに、図 9 (A)、図 1 2 及び図 1 3 を参照しながら、図 1 2 に示す本実施形態による固体電解質型燃料電池 (S O F C) の再起動制御フローの第 2 例に基づいて再起動を実行した場合の動作をより具体的に説明する。

図 1 3 は、図 1 2 に示す本実施形態による固体電解質型燃料電池 (S O F C) の再起動制御フローの第 2 例に基づいて再起動を実行した場合の動作を示すタイムチャートについて、通常起動時の動作を示すタイムチャートと比較した図である。

なお、図 1 3 の上段のタイムチャートは、図 9 (A) に示すデータテーブル中の「通常起動モード 1」を実行した場合における固体電解質型燃料電池 (S O F C) の通常起動の動作を示すタイムチャートであり、図 1 3 の下段のタイムチャートは、図 9 (A) に示すデータテーブル中の「再起動モード 2」を実行した場合における固体電解質型燃料電池 (S O F C) の再起動の動作を示すタイムチャートである。

[0118] また、以下の本実施形態による固体電解質型燃料電池 (S O F C) の再起動制御フローの第 2 例 (再起動フロー 2) に基づく再起動の動作の説明については、図 9 (A) に示す「通常起動モード 1」と「再起動モード 2」に関するデータテーブルのみを参照すると共に、図 1 3 に示す本実施形態の固体電解質型燃料電池 (S O F C) の「再起動モード 2」による再起動時の動作について、「通常起動モード 1」による通常起動時の動作と比較しながら説明する。

[0119] まず、図 9 (A) に示すように、「再起動モード 2」による再起動制御は、「着火時」から「再起動 A T R」、「通常起動 A T R」、及び、「通常起動 S R」を順次実行するものである。ここで、図 1 1 における「再起動モード 1」のタイムチャートの横軸である時間 t については、「着火時」の時間を t_{21} とし、順次「再起動 A T R」、「通常起動 A T R」、及び、「通常起動 S R」へと移行するときの時間をそれぞれ t_{23a} 、 t_{23b} 、及び、 t_{24} とする。

- [0120] 図9 (A) に示す「再起動モード2」の「着火時」という運転状態は、燃料電池モジュール2の停止運転中に再起動が要求された場合に、改質器温度センサ148が検出した改質器20の温度 $T_r(t)$ が、上述した「通常起動モード1」の通常起動モードPOX制御帯域B2のPOX開始温度 $T_r(t_2)$ ($=300^{\circ}\text{C}$) よりも低い所定温度 $T_r(t_{21})$ ($=200^{\circ}\text{C}$) 未満である場合には、「通常起動モード1」に基づく通常起動が「通常起動モード1」の着火後の「燃焼運転」から実行されるようになっている (図12のS106及びS113参照)。
- [0121] 一方、改質器20の温度 $T_r(t_{21})$ が所定温度 ($=200^{\circ}\text{C}$) 以上である場合には、点火装置83を点火し、燃料ガスの着火後、直ちに「再起動モード2」の「再起動ATR」の運転状態に移行される (図12のS106及びS107参照)。
- [0122] ここで、図9 (A) 及び図12のS107に示す「再起動モード2」の「再起動ATR」という運転状態は、「通常起動モード1」の「通常起動POX」及び「通常起動ATR」や「再起動モード1」の「再起動ATR」とは異なるATRを実行する制御帯域 (以下「再起動モードATR制御帯域B23a」) で再起動を制御している。
- [0123] より具体的に説明すると、「再起動モード2」の再起動モードATR制御帯域B23aで「再起動ATR」が実行される温度帯域 (以下「再起動ATR温度帯域W23a」) については、「通常起動モード1」の通常起動モードPOX制御帯域B2で「通常起動POX」が実行される通常起動POX温度帯域W2 ($300^{\circ}\text{C} \leq T_r < 600^{\circ}\text{C}$ 、 $T_s < 250^{\circ}\text{C}$) の一部分と重複する温度帯域 ($200^{\circ}\text{C} \leq T_r < 400^{\circ}\text{C}$ 、 $T_s < 400^{\circ}\text{C}$) となっているが、この重複している温度帯域では「通常起動モード1」の「通常起動POX」は実行されない。
- [0124] さらに、「再起動モード2」の「再起動ATR」の運転状態における「燃料流量」は $5.5 [\text{L}/\text{min}]$ であり、「通常起動モード1」の「通常起動POX」の運転状態における「燃料流量」 ($5.0 [\text{L}/\text{min}]$) 及び

「通常起動モード1」の「通常起動ATR」の運転状態における「燃料流量」(4.0 [L/min]) よりも多くなっている。

[0125] また、「再起動モード2」の「再起動ATR」の運転状態における「改質用空気流量」は12.0 [L/min] であり、「通常起動モード1」の「通常起動POX」の運転状態における「改質用空気流量」(18.0 [L/min]) よりも少なく、「通常起動モード1」の「通常起動ATR」の運転状態における「改質用空気流量」(4.0 [L/min]) よりも多くなっている。

[0126] さらに、「再起動モード2」の「再起動ATR」の運転状態における「水流量」は1.0 [cc/min] であり、「通常起動モード1」の「通常起動ATR」の運転状態における「水流量」(3.0 [L/min]) よりも少なくなっている。

[0127] つぎに、図9 (A) 及び図12のS109に示す「再起動モード1」の「通常起動ATR」という運転状態は、改質器20の温度 $T_r(t)$ が「通常起動モード1」の通常起動POX温度帯域W2 ($300^{\circ}\text{C} \leq T_r(t) < 600^{\circ}\text{C}$ 、 $T_s < 250^{\circ}\text{C}$) に相当する温度帯域内にあり、且つ「再起動モード2」の再起動ATR温度帯域W23a ($200^{\circ}\text{C} \leq T_r < 400^{\circ}\text{C}$ 、 $T_s < 400^{\circ}\text{C}$) よりも高温側にある温度帯域(以下「通常起動ATR温度帯域W23b」) ($400^{\circ}\text{C} \leq T_r < 600^{\circ}\text{C}$ 、 $400^{\circ}\text{C} \leq T_s < 600^{\circ}\text{C}$) 内にあるときに、「通常起動モード1」の「通常起動ATR」と同一のATRを実行する制御帯域(以下「再起動モードATR制御帯域B23b」) で再起動を制御している。

[0128] つぎに、図9 (A) 及び図12のS111に示す「再起動モード2」の「通常起動SR」という運転状態は、「通常起動モード1」の「通常起動SR」の「移行温度条件」と同一の条件によって「通常起動モード1」の「通常起動SR」と同一のSRを実行する制御帯域(以下「再起動モードSR制御帯域B24」) で再起動を制御している。

[0129] つぎに、特に、上述した「再起動モード2」による「再起動ATR」及び

「通常起動ATR」を実行する制御帯域（以下「再起動モード2」の再起動モード制御帯域」）に着目し、この再起動モード制御帯域による再起動を「通常起動モード1」による通常起動と比較する。

「再起動モード2」の再起動モード制御帯域においては、燃料電池モジュール2の運転の停止により改質器20の温度 $T_r(t)$ が「通常起動モード1」の通常起動POX温度帯域W2（ $300^{\circ}\text{C} \leq T_r < 600^{\circ}\text{C}$ 、 $T_s < 250^{\circ}\text{C}$ ）に相当する温度帯域の高温側から低下してこの通常起動POX温度帯域W2内にあるときには、燃料電池セルスタック14や改質器20に残存している余熱を積極的に利用することにより、たとえ改質器20の温度 $T_r(t)$ が通常起動POX温度帯域W2内にあっても、「通常起動モード1」による通常起動モードPOX制御帯域B2の「通常起動POX」の実行を完全にスキップする。

そして、このスキップした「通常起動モード1」の「通常起動POX」の代わりに、「再起動モード2」の再起動ATR温度帯域W23a（ $200^{\circ}\text{C} \leq T_r < 400^{\circ}\text{C}$ 、 $T_s < 400^{\circ}\text{C}$ ）において、「水流量」が「通常起動モード1」の「通常起動ATR」よりも少ない「再起動ATR」を実行し、通常起動ATR温度帯域W23b（ $400^{\circ}\text{C} \leq T_r < 600^{\circ}\text{C}$ 、 $400^{\circ}\text{C} \leq T_s < 600^{\circ}\text{C}$ ）において「通常起動モード1」による通常起動モードATR制御帯域B3を拡大して「通常起動モード1」の「通常起動ATR」と同一の「再起動モード2」の「通常起動ATR」を実行する。

[0130] 一方、「再起動モード2」の一連の再起動モード制御帯域においては、例えば、起動時の失火に基づいて再起動を行った場合に、改質器20の温度 $T_r(t)$ が「再起動モード2」の再起動ATR温度帯域W23a（ $200^{\circ}\text{C} \leq T_r < 400^{\circ}\text{C}$ 、 $T_s < 400^{\circ}\text{C}$ ）の低温側から上昇してこの再起動ATR温度帯域W23a又はW23b（ $400^{\circ}\text{C} \leq T_r < 600^{\circ}\text{C}$ 、 $400^{\circ}\text{C} \leq T_s < 600^{\circ}\text{C}$ ）内にあったとしても、燃料電池セルスタック14や改質器20に残存している余熱を利用できる可能性が低いため、「再起動モード2」の再起動モード制御帯域における「再起動ATR」及び「通常起動ATR

」を禁止して、「通常起動モード１」の着火後の「燃焼運転」から実行する（図１２のＳ１１２及びＳ１１３参照）。

[0131] また、図１３に示すように、「再起動モード２」の「再起動ＡＴＲ」から「通常起動ＡＴＲ」に移行するときの時間 t_{23b} は、「通常起動モード１」の「通常起動ＰＯＸ」から「通常起動ＡＴＲ」に移行するときの時間 t_3 よりも少ない時間となっている。

[0132] さらに、「再起動モード２」の「通常起動ＡＴＲ」から「通常起動ＳＲ」に移行するときの時間 t_{24} についても、「通常起動モード１」の「通常起動ＡＴＲ」から「通常起動ＳＲ」に移行するときの時間 t_4 よりも少ない時間となっており、再起動による起動時間が通常起動による起動時間に比べて短くなっている。

[0133] 上述した本実施形態の固体電解質型燃料電池（ＳＯＦＣ）における再起動制御フローの第２例による再起動制御によれば、燃料電池モジュール２の運転の停止により改質器２０の温度 $T_r(t)$ が「通常起動モード１」の通常起動ＰＯＸ温度帯域 W_2 ($300^\circ\text{C} \leq T_r < 600^\circ\text{C}$ 、 $T_s < 250^\circ\text{C}$) に相当する温度帯域の高温側から低下してこの通常起動ＰＯＸ温度帯域 W_2 内にあるときには、燃料電池セルスタック１４や改質器２０に残存している余熱を積極的に利用することにより、たとえ改質器２０の温度 $T_r(t)$ が通常起動ＰＯＸ温度帯域 W_2 内にあっても、「通常起動モード１」による通常起動モードＰＯＸ制御帯域 B_2 の「通常起動ＰＯＸ」の実行をスキップし、このスキップした「通常起動モード１」の「通常起動ＰＯＸ」の代わりに、「再起動モード２」の再起動ＡＴＲ温度帯域 W_{23a} ($200^\circ\text{C} \leq T_r < 400^\circ\text{C}$ 、 $T_s < 400^\circ\text{C}$) において、「水流量」が「通常起動モード１」の「通常起動ＡＴＲ」よりも少ない「再起動ＡＴＲ」を実行することができ、通常起動ＡＴＲ温度帯域 W_{23b} ($400^\circ\text{C} \leq T_r < 600^\circ\text{C}$ 、 $400^\circ\text{C} \leq T_s < 600^\circ\text{C}$) において「通常起動モード１」による通常起動モードＡＴＲ制御帯域 B_3 を拡大して「通常起動モード１」の「通常起動ＡＴＲ」と同一の「再起動モード１」の「通常起動ＡＴＲ」を実行することができる。

この結果、再起動時に「通常起動モード1」による通常起動モードPOX制御帯域B2の「通常起動POX」の実行をスキップすることなくそのまま通常起動POXを実行した場合に比べて、燃料電池セル84の酸化や異常高温による燃料電池セル84への負担を軽減することができ、燃料電池セル84の耐久性を向上させることができる。

[0134] また、ATRはPOXよりも熱量が多いため、燃料電池セルスタック14や改質器20に残存している余熱を積極的に利用することにより、「通常起動POX」をスキップして「再起動モード2」を実行することによって「着火時」から「再起動ATR」、「通常起動ATR」、「通常起動SR」を順次実行することにより、着火時からATR、SRへの移行を早めることができる。この結果、再起動時に仮に通常起動POX温度帯域W2 ($300^{\circ}\text{C} \leq T_r < 600^{\circ}\text{C}$ 、 $T_s < 250^{\circ}\text{C}$) に相当する温度領域内で「通常起動モード1」の「通常起動POX」を実行した場合に比べて、再起動に要する起動時間を大幅に短縮させることができる。

一方、例えば、起動時の失火に基づいて再起動を行った場合には、「再起動モード2」の再起動モード制御帯域における「再起動ATR」及び「通常起動ATR」を禁止することができるため、燃料電池セルユニット16のダメージを抑制することができる。

[0135] さらに、本実施形態の固体電解質型燃料電池(SOFC)における再起動制御フローの第2例による再起動制御によれば、再起動時には「再起動モード2」の「着火時」から改質器20の温度上昇に伴って「再起動ATR」、「通常起動ATR」、及び、「通常起動SR」を順次実行することにより、燃料電池セルユニット16の温度降下を招くことなく最適な状態で安定した温度の回復を図ることができる。

[0136] さらに、本実施形態の固体電解質型燃料電池(SOFC)における再起動制御フローの第2例による再起動制御によれば、「通常起動モード1」の「通常起動POX」をスキップする代わりに、「通常起動モード1」の「通常起動ATR」よりも「燃料流量」が多い「再起動モード2」の「再起動ATR

R」を実行することにより、燃焼温度を高く保った「再起動ATR」の実行によって比較的低い温度帯域での水供給であっても改質器20及び燃料電池セルスタック14の温度降下を抑制し、迅速な温度回復を図ることができる。

[0137] さらに、本実施形態の固体電解質型燃料電池（SOFC）における再起動制御フローの第2例による再起動制御によれば、「通常起動モード1」の「通常起動POX」をスキップする代わりに、「通常起動モード1」の「通常起動POX」の運転状態における「改質用空気流量」よりは少なく且つ「通常起動モード1」の「通常起動ATR」の運転状態における「改質用空気流量」（4.0[L/min]）よりは多い「再起動モード2」の「再起動ATR」を実行することにより、部分酸化反応による発熱反応が多くなり、改質器20及び燃料電池セルスタック14の温度上昇をさらに迅速に図ることができる。

[0138] さらに、本実施形態の固体電解質型燃料電池（SOFC）における再起動制御フローの第2例による再起動制御によれば、「通常起動モード1」の「通常起動POX」をスキップする代わりに、「通常起動モード1」の「通常起動ATR」よりも「水流量」が少ない「再起動モード2」の「再起動ATR」を実行することにより、改質器20及び燃料電池セルスタック14の温度低下を抑制することができると共に比較的低い温度の帯域であっても余熱も手伝ってATRを実行することが可能となり、安定した昇温を図ることができる。

[0139] つぎに、図14により、本実施形態による固体電解質型燃料電池（SOFC）の再起動制御フローの第3例を具体的に説明する。図14は、本発明の一実施形態による固体電解質型燃料電池（SOFC）において再起動を行うための再起動制御フローの第3例（再起動制御フロー3）を示すフローチャートである。図14において、Sは各ステップを示している。

まず、S201において、燃料電池モジュール2が停止運転中か否かを判定し、停止運転中である場合には、S202に進み、再起動を要求するか否

かを判定する。

- [0140] S 2 0 2において、再起動を要求すると判定した場合には、S 2 0 3に進み、改質器温度センサ 1 4 8により改質器 2 0の温度 T_r を測定した後、S 2 0 4に進み、発電室温度センサ 1 4 2により燃料電池セルスタック 1 4（即ち燃料電池セル 8 4 自体）の近傍の温度であるスタック温度 T_s を測定する。

つぎに、S 2 0 5に進み、改質器温度 T_r が 400°C 以上であるか否かを判定する。

- [0141] S 2 0 5において、改質器温度 T_r が 400°C 以上でないとして判定した場合には、S 2 0 6に進み、改質器温度 T_r が 200°C 未満であるか否かを判定する。

S 2 0 6において、改質器温度 T_r が 200°C 未満でない、すなわち、改質器温度 T_r が 200°C 以上 400°C 未満であると判定した場合には、S 2 0 7に進み、改質器温度 T_r が 200°C 以上 250°C 未満であるか否かを判定する。

- [0142] S 2 0 7において、改質器温度 T_r が 200°C 以上 250°C 未満でない、すなわち、改質器温度 T_r が 250°C 以上 400°C 未満であると判定した場合には、S 2 0 8に進み、図 9（B）に示すデータテーブル中の「再起動モード 3」による「通常起動 A T R 1」を実行する。

一方、S 2 0 7において、改質器温度 T_r が 200°C 以上 250°C 未満であると判定した場合には、S 2 0 9に進み、改質器温度 T_r が 200°C 以上 250°C 未満の範囲内で 30°C 昇温したか否かを判定する。

- [0143] S 2 0 9において、改質器温度 T_r が 200°C 以上 250°C 未満の範囲内で 30°C 昇温したと判定した場合には、S 2 0 8に進み、「再起動モード 3」による「通常起動 A T R 1」を実行する。

一方、S 2 0 9において、改質器温度 T_r が 200°C 以上 250°C 未満の範囲内で 30°C 昇温していないと判定した場合には、S 2 1 0に進み、「再起動モード 3」による「再起動 A T R」を実行する。

[0144] また、S 2 0 5において、改質器温度 T_r が 400°C 以上であると判定した場合には、S 2 1 1に進み、改質器温度 T_r が 600°C 以上であるか否かを判定する。

S 2 1 1において、改質器温度 T_r が 600°C 以上でない、すなわち、改質器温度 T_r が 400°C 以上 600°C 未満であると判定した場合には、S 2 1 2に進み、図 9 (B) に示すデータテーブル中の「再起動モード 3」による「通常起動 A T R 2」を実行する。

[0145] 一方、S 2 1 1において、改質器温度 T_r が 600°C 以上であると判定した場合には、S 2 1 3に進み、発電室温度センサ 1 4 2により測定されたスタック温度 T_s が 600°C 以上であるか否かを判定する。

S 2 1 3において、スタック温度 T_s が 600°C 以上であると判定した場合には、S 2 1 4に進み、図 9 (B) に示すデータテーブル中の「再起動モード 3」による「通常起動 S R」を実行する。一方、S 2 1 3において、スタック温度 T_s が 600°C 以上でない、すなわち、改質器温度 T_r が 600°C 以上であるにもかかわらず、スタック温度 T_s が 600°C 未満であると判定した場合には、S 2 1 2に進み、図 9 (B) に示すデータテーブル中の「再起動モード 3」による「通常起動 A T R 2」を実行する。

[0146] つぎに、S 2 0 1において、燃料電池モジュール 2 が停止運転中か否かを判定し、停止運転中でない場合には、S 2 1 5に進み、起動中の失火に基づく再起動の要求があるか否かを判定する。

S 2 1 5において、失火に基づく再起動の要求があると判定した場合、及び、S 2 0 6において、改質器温度 T_r が 200°C 未満であると判定した場合には、第 1 実施例同様に S 2 1 6に進み、再起動テーブルが使えないので図 9 (B) に示すデータテーブル中の「通常起動モード 2」に基いて再起動を実行する。

[0147] つぎに、図 9 (B)、図 1 4 及び図 1 5 を参照しながら、図 1 4 に示す本実施形態による固体電解質型燃料電池 (S O F C) の再起動制御フローの第 3 例に基づいて再起動を実行した場合の動作をより具体的に説明する。

図 15 は、図 14 に示す本実施形態による固体電解質型燃料電池（S O F C）の再起動制御フローの第 3 例に基づいて再起動を実行した場合の動作を示すタイムチャートについて、通常起動時の動作を示すタイムチャートと比較した図である。

なお、図 15 の上段のタイムチャートは、図 9（B）に示すデータテーブル中の「通常起動モード 2」を実行した場合における固体電解質型燃料電池（S O F C）の通常起動の動作を示すタイムチャートであり、図 15 の下段のタイムチャートは、図 9（B）に示すデータテーブル中の「再起動モード 3」を実行した場合における固体電解質型燃料電池（S O F C）の再起動の動作を示すタイムチャートである。

[0148] また、以下の本実施形態による固体電解質型燃料電池（S O F C）の再起動制御フローの第 3 例（再起動フロー 3）に基づく再起動の動作の説明については、図 9（B）に示す「通常起動モード 2」と「再起動モード 3」に関するデータテーブルのみを参照すると共に、図 15 に示す本実施形態の固体電解質型燃料電池（S O F C）の「再起動モード 3」による再起動時の動作について、「通常起動モード 2」による通常起動時の動作と比較しながら説明する。

[0149] まず、図 9（B）に示すように、「通常起動モード 2」による通常起動制御は、「着火時」から「燃焼運転」、「通常起動 P O X」、「通常起動 A T R 1」、「通常起動 A T R 2」、及び、「通常起動 S R」を順次実行するものである。ここで、図 15 における「通常起動モード 2」のタイムチャートの横軸である時間 t については、「着火時」の時間を t_{101} とし、順次「燃焼運転」、「通常起動 P O X」、「通常起動 A T R 1」、「通常起動 A T R 2」、及び、「通常起動 S R」へと移行するときの時間をそれぞれ t_{102} 、 t_{103} 、 t_{104} 、及び、 t_{105} とする。

[0150] 図 9（B）に示す「通常起動モード 2」の「着火時」という運転状態は、点火装置 83 を点火し、燃料ガスが着火して燃焼を開始した状態であり、この着火時（ $t = t_{101}$ ）に改質器温度センサ 148 が検出した改質器 20

の温度を「着火時温度 $T_r(t1)$ 」とすると、この着火時温度 $T_r(t101)$ は、POXが開始するとき($t=t102$)の改質器20の温度(以下「POX開始温度 $T_r(t102)$ 」)($=300^{\circ}\text{C}$)よりも低くなっている。

[0151] つぎに、「通常起動モード2」の「燃焼運転」という運転状態は、燃料ガスの着火後に燃焼を開始してから、この燃料ガスの燃焼熱によって改質器20を加熱して燃焼運転を実行する制御帯域(以下「燃焼運転制御帯域 $B101$ 」)で起動を制御しており、改質器温度センサ148が検出した改質器20の温度が着火時温度 $T_r(t101)$ からPOX開始温度 $T_r(t102)$ ($=300^{\circ}\text{C}$)未満までの温度帯域 $W101$ ($T_r < 300^{\circ}\text{C}$)で実行されるものである。

[0152] つぎに、「通常起動モード2」の「通常起動POX」という運転状態は、改質器温度センサ148が検出した改質器20の温度 $T_r(t)$ がPOX開始温度 $T_r(t102)$ ($=300^{\circ}\text{C}$)以上であり且つSRが可能なSR可能温度(以下「SR可能温度 $T_r(t103)$ 」)($=600^{\circ}\text{C}$)未満までの温度帯域(以下「通常起動POX温度帯域 $W102$ 」)($300^{\circ}\text{C} \leq T_r(t) < 600^{\circ}\text{C}$ 、 $T_s < 250^{\circ}\text{C}$)内にあるとき、POXによる反応熱と燃料ガスの燃焼熱によって改質器20を加熱してPOXを実行する制御帯域(以下「通常起動モードPOX制御帯域 $B102$ 」)で起動を制御している。

[0153] つぎに、「通常起動モード2」の「通常起動ATR1」という運転状態は、改質器温度センサ148が検出した改質器20の温度 $T_r(t)$ がSR可能温度 $T_r(t103)$ ($=600^{\circ}\text{C}$)以上であり且つ所定の改質器温度 $T_r(t104)$ 未満までの温度帯域(以下「通常起動ATR1温度帯域 $W103$ 」)にあり、且つ、発電室温度センサ142により測定されたスタック温度 T_s が 250°C 以上 400°C 未満までの温度帯域($250^{\circ}\text{C} \leq T_s < 400^{\circ}\text{C}$)にあるとき($600^{\circ}\text{C} \leq T_r < 650^{\circ}\text{C}$ 、 $250^{\circ}\text{C} \leq T_s < 400^{\circ}\text{C}$)、POXによる反応熱と燃料ガスの燃焼熱とSRによる吸熱を制御して

改質器20を加熱し、ATRを実行する制御帯域（以下「通常起動モードATR1制御帯域B103」）で起動を制御している。

[0154] つぎに、「通常起動モード2」の「通常起動ATR2」という運転状態は、改質器温度センサ148が検出した改質器20の温度 $T_r(t)$ が所定の改質器温度 $T_r(t104)$ 以上であり所定の定常温度 $T_r(t105)$ 未満までの温度帯域（以下「通常起動ATR2温度帯域W104」）にあり、且つ、発電室温度センサ142により測定されたスタック温度 T_s が 400°C 以上 600°C 未満までの温度帯域（ $400^{\circ}\text{C} \leq T_s < 600^{\circ}\text{C}$ ）にあるとき（ $600^{\circ}\text{C} \leq T_r < 650^{\circ}\text{C}$ 、 $400^{\circ}\text{C} \leq T_s < 600^{\circ}\text{C}$ ）、POXによる反応熱と燃料ガスの燃焼熱とSRによる吸熱を制御して改質器20を加熱し、「通常起動モード2」の「通常起動ATR1」とは異なるATRを実行する制御帯域（以下「通常起動モードATR2制御帯域B104」）で起動を制御している。

[0155] ここで、「通常起動モード2」の「通常起動ATR1」と「通常起動ATR2」の相違点については、上述したようにそれぞれの改質器温度 T_r とスタック温度 T_s の移行温度条件が互いに異なり、通常起動ATR1温度帯域W103（ $600^{\circ}\text{C} \leq T_r < 650^{\circ}\text{C}$ 、 $250^{\circ}\text{C} \leq T_s < 400^{\circ}\text{C}$ ）が通常起動ATR2温度帯域W104（ $600^{\circ}\text{C} \leq T_r < 650^{\circ}\text{C}$ 、 $400^{\circ}\text{C} \leq T_s < 600^{\circ}\text{C}$ ）よりも低温側にある点以外にも、「通常起動ATR1」の「燃料流量」及び「改質用空気流量」が「通常起動ATR2」の「燃料流量」及び「改質用空気流量」よりも多く設定されているのに対し、「通常起動ATR1」の「水流量」は「通常起動ATR2」の「水流量」よりも少なく設定されている点が特徴的な相違点である。

[0156] つぎに、「通常起動モード2」の「通常起動SR」という運転状態は、改質器温度センサ148が検出した改質器20の温度 $T_r(t)$ が所定の定常温度 $T_r(t105)$ であり、且つ、発電室温度センサ142により測定されたスタック温度 T_s が 600°C 以上にある場合にSRを実行する制御帯域（以下「通常起動モードSR制御帯域B105」）で起動を制御している。

[0157] つぎに、図9（B）に示すように、「再起動モード3」による再起動制御は、「着火時」から「再起動ATR」、「通常起動ATR1」、「通常起動ATR2」、及び、「通常起動SR」を順次実行するものである。ここで、図15における「再起動モード3」のタイムチャートの横軸である時間 t については、「着火時」の時間を t_{201} とし、順次「再起動ATR」、「通常起動ATR1」、「通常起動ATR2」、及び、「通常起動SR」へと移行するときの時間をそれぞれ t_{203a} 、 t_{203b} 、 t_{204} 、及び、 t_{205} とする。

[0158] 図9（B）に示す「再起動モード3」の「着火時」という運転状態は、燃料電池モジュール2の停止運転中に再起動が要求された場合に、改質器温度センサ148が検出した改質器20の温度 $T_r(t)$ が、上述した「通常起動モード2」の通常起動モードPOX制御帯域B102のPOX開始温度 $T_r(t_{102})$ （ $=300^{\circ}\text{C}$ ）よりも低い所定温度 $T_r(t_{201})$ （ $=200^{\circ}\text{C}$ ）未満である場合には、「通常起動モード2」に基づく通常起動が「通常起動モード2」の着火後の「燃焼運転」から実行されるようになっている（図12のS206及びS216参照）。

[0159] 一方、改質器20の温度 $T_r(t_{201})$ が所定温度（ $=200^{\circ}\text{C}$ ）以上である場合には、点火装置83を点火し、燃料ガスの着火後、直ちに「再起動モード3」の「再起動ATR」の運転状態に移行される（図14のS210参照）。

[0160] ここで、図9（B）及び図14のS210に示す「再起動モード3」の「再起動ATR」という運転状態は、「通常起動モード2」による「通常起動POX」、「通常起動ATR1」、及び、「通常起動ATR2」とは異なるATRを実行する制御帯域（以下「再起動モードATR制御帯域B203a」）で再起動を制御している。

より具体的に説明すると、「再起動モード3」の再起動モードATR制御帯域B203aで「再起動ATR」が実行される温度帯域（以下「再起動ATR温度帯域W203a」）は、「通常起動モード2」の通常起動モードP

OX制御帯域B102で「通常起動POX」が実行される通常起動POX温度帯域W102 ($300^{\circ}\text{C} \leq T_r(t) < 600^{\circ}\text{C}$ 、 $T_s < 250^{\circ}\text{C}$) よりも低温側の温度帯域 ($200^{\circ}\text{C} \leq T_r(t) < 250^{\circ}\text{C}$) となっている。

[0161] また、「再起動モード3」の「再起動ATR」の運転状態における「燃料流量」は5.5 [L/min] であり、「通常起動モード2」の「通常起動POX」の運転状態における「燃料流量」(6.0 [L/min]) よりは少なくなっている。

さらに、「再起動モード3」の「再起動ATR」の運転状態における「改質用空気流量」は12.0 [L/min] であり、「通常起動モード2」の「通常起動POX」の運転状態における「改質用空気流量」(18.0 [L/min]) よりは少なくなっている。

また、「再起動モード3」の「再起動ATR」の運転状態における「水流量」は1.0 [cc/min] であり、「通常起動モード2」の「通常起動ATR1」の運転状態における「水流量」(2.0 [cc/min]) よりは少なくなっている。

[0162] さらに、「再起動モード3」の「再起動ATR」は、改質器温度 T_r が 200°C 以上 250°C 未満の範囲内で 30°C の昇温が確認され次第、「再起動モード3」による「通常起動ATR1」の実行に移行される。

[0163] つぎに、図9 (B) 及び図14のS208に示す「再起動モード3」の「通常起動ATR1」という運転状態は、「通常起動モード2」の「通常起動ATR1」とは異なるATRを実行する制御帯域(以下「再起動モードATR制御帯域B203b」) で再起動を制御している。

より具体的に説明すると、「再起動モード3」の再起動モードATR制御帯域B203bで「通常起動ATR1」が実行される温度帯域(以下「再起動ATR温度帯域W203b」) は、「再起動モード3」の「再起動ATR」が実行される再起動ATR温度帯域W203a ($200^{\circ}\text{C} \leq T_r(t) < 250^{\circ}\text{C}$) よりも高温側にある温度帯域 ($250^{\circ}\text{C} \leq T_r(t) < 400^{\circ}\text{C}$ 、 $T_s < 400^{\circ}\text{C}$) となっている。

[0164] また、「再起動モード3」の再起動モードATR制御帯域B203bにおいては、特に、「再起動モード3」の通常起動ATR1温度帯域W203b ($250^{\circ}\text{C} \leq T_r(t) < 400^{\circ}\text{C}$ 、 $T_s < 400^{\circ}\text{C}$) 内の 300°C 以上 400°C 未満の部分が「通常起動モード2」の通常起動POX温度帯域W102 ($300^{\circ}\text{C} \leq T_r(t) < 600^{\circ}\text{C}$ 、 $T_s < 250^{\circ}\text{C}$) の一部分と重複しているにもかかわらず、「通常起動モード2」の「通常起動POX」を実行することなく、「再起動モード3」の「通常起動ATR1」を実行している。

[0165] さらに、「再起動モード3」の「通常起動ATR1」の運転状態における「改質用空気流量」及び「水流量」は、「通常起動モード2」の「通常起動ATR1」の運転状態における「改質用空気流量」及び「水流量」と等しい。また、「再起動モード3」の「通常起動ATR1」の運転状態における「燃料流量」は $5.0 [\text{L}/\text{min}]$ であり、「通常起動モード2」の「通常起動POX」及び「通常起動ATR1」の運転状態における「燃料流量」($6.0 [\text{L}/\text{min}]$) よりも少なくなっている。

[0166] つぎに、図9(B)及び図14のS212に示す「再起動モード3」の「通常起動ATR2」という運転状態は、「通常起動モード2」の通常起動POX温度帯域W102 ($300^{\circ}\text{C} \leq T_r(t) < 600^{\circ}\text{C}$ 、 $T_s < 250^{\circ}\text{C}$) 内にあり、且つ「再起動モード3」の通常起動ATR1温度帯域W203b ($250^{\circ}\text{C} \leq T_r(t) < 400^{\circ}\text{C}$ 、 $T_s < 400^{\circ}\text{C}$) よりも高温側にある温度帯域（以下「通常起動ATR2温度帯域W204」）($400^{\circ}\text{C} \leq T_r < 600^{\circ}\text{C}$ 、 $400^{\circ}\text{C} \leq T_s < 600^{\circ}\text{C}$) 内にあるときに、「通常起動モード2」の「通常起動ATR2」と同一のATRを実行する制御帯域（以下「再起動モードATR制御帯域B204」）で再起動を制御している。

[0167] つぎに、図9(B)及び図14のS214に示す「再起動モード3」の「通常起動SR」という運転状態は、「通常起動モード2」の「通常起動SR」の「移行温度条件」と同一の条件によって「通常起動モード2」の「通常起動SR」と同一のSRを実行する制御帯域（以下「再起動モードSR制御

帯域B205)で再起動を制御している。

- [0168] つぎに、特に、上述した「再起動モード3」による「再起動ATR」から「通常起動ATR1」を経て「通常起動ATR2」を実行する制御帯域（以下「再起動モード3」の再起動モード制御帯域）に着目し、この再起動モード制御帯域による再起動を「通常起動モード2」による通常起動と比較する。

「再起動モード3」の再起動モード制御帯域においては、燃料電池モジュール2の運転の停止により改質器20の温度 $T_r(t)$ が「通常起動モード2」の通常起動POX温度帯域W102 ($300^{\circ}\text{C} \leq T_r(t) < 600^{\circ}\text{C}$ 、 $T_s < 250^{\circ}\text{C}$)に相当する温度帯域の高温側から低下してこの通常起動POX温度帯域W102内にあるときには、燃料電池セルスタック14や改質器20に残存している余熱を積極的に利用することにより、たとえ改質器20の温度 $T_r(t)$ が通常起動POX温度帯域W102内にあっても、「通常起動モード2」による通常起動モードPOX制御帯域B102の「通常起動POX」の実行をスキップする。

- [0169] そして、このスキップした「通常起動モード2」の「通常起動POX」の代わりに、「再起動モード3」の再起動ATR温度帯域W203a ($200^{\circ}\text{C} \leq T_r(t) < 250^{\circ}\text{C}$)において、「通常起動モード2」の「通常起動POX」よりも「改質用空気流量」が少なく且つ「通常起動モード2」の「通常起動ATR1」よりも「水流量」が少ない「再起動モード3」の「再起動ATR」を実行し、この「再起動モード3」の「再起動ATR」の再起動ATR温度帯域W203a ($200^{\circ}\text{C} \leq T_r < 250^{\circ}\text{C}$)内において 30°C の昇温が確認され次第、「再起動モード3」の「通常起動ATR1」を実行し、その後の昇温に伴って順次「再起動モード3」の「通常起動ATR2」を経て「通常起動SR」を実行する。

- [0170] 一方、「再起動モード3」の一連の再起動モード制御帯域においては、例えば、起動時の失火に基づいて再起動を行った場合に、改質器20の温度 $T_r(t)$ が「再起動モード3」の再起動ATR温度帯域W203a (200

$^{\circ}\text{C} \leq T_r(t) < 250^{\circ}\text{C}$) の低温側から上昇してこの再起動ATR温度帯域W203a又はW203b ($250^{\circ}\text{C} \leq T_r(t) < 400^{\circ}\text{C}$ 、 $T_s < 400^{\circ}\text{C}$) 内にあったとしても、燃料電池セルスタック14や改質器20に残存している余熱を利用できる可能性が低いため、「再起動モード3」の再起動モード制御帯域における「再起動ATR」及び「通常起動ATR1」を禁止して、「通常起動モード2」の着火後の「燃焼運転」から実行する(図14のS215及びS216参照)。

[0171] さらに、「再起動モード3」の「通常起動ATR2」から「通常起動SR」に移行するときの時間t205についても、「通常起動モード2」の「通常起動ATR2」から「通常起動SR」に移行するときの時間t105よりも少ない時間となっており、再起動による起動時間が通常起動による起動時間に比べて短くなっている。

[0172] 上述した本実施形態の固体電解質型燃料電池(SOFC)における再起動制御フローの第3例による再起動制御によれば、燃料電池モジュール2の運転の停止により改質器20の温度 $T_r(t)$ が「通常起動モード2」の通常起動POX温度帯域W102 ($300^{\circ}\text{C} \leq T_r(t) < 600^{\circ}\text{C}$ 、 $T_s < 250^{\circ}\text{C}$) に相当する温度帯域の高温側から低下してこの通常起動POX温度帯域W102内にあるときには、燃料電池セルスタック14や改質器20に残存している余熱を積極的に利用することにより、たとえ改質器20の温度 $T_r(t)$ が通常起動POX温度帯域W102内にあっても、「通常起動モード2」による通常起動モードPOX制御帯域B102の「通常起動POX」の実行をスキップすることができる。そして、このスキップした「通常起動モード2」の「通常起動POX」の代わりに、「再起動モード3」の再起動ATR温度帯域W203a ($200^{\circ}\text{C} \leq T_r(t) < 250^{\circ}\text{C}$) において、「水流量」が「通常起動モード2」の「通常起動ATR1」よりも少ない「再起動ATR」を実行することができ、通常起動ATR1温度帯域W203b ($250^{\circ}\text{C} \leq T_r(t) < 400^{\circ}\text{C}$ 、 $T_s < 400^{\circ}\text{C}$) において、「通常起動モード2」による通常起動モードATR制御帯域B103を拡大して

「通常起動モード2」の「通常起動ATR2」よりも「水流量」が少ない「再起動モード3」の「通常起動ATR1」を実行することができる。

この結果、再起動時に「通常起動モード2」による通常起動モードPOX制御帯域B102の「通常起動POX」の実行をスキップすることなくそのまま通常起動POXを実行した場合に比べて、燃料電池セル84の酸化や異常高温による燃料電池セル84への負担を軽減することができ、燃料電池セル84の耐久性を向上させることができる。

[0173] また、ATRはPOXよりも熱量が多いため、燃料電池セルスタック14や改質器20に残存している余熱を積極的に利用することにより、「通常起動モード2」の「通常起動POX」をスキップして「再起動モード3」を実行することによって「着火時」から「再起動ATR」、「通常起動ATR1」、「通常起動ATR2」、及び、「通常起動SR」を順次実行することにより、着火時からATR、SRへの移行を早めることができる。この結果、再起動時に仮に「通常起動モード2」の通常起動POX温度帯域W102 ($300^{\circ}\text{C} \leq T_r(t) < 600^{\circ}\text{C}$ 、 $T_s < 250^{\circ}\text{C}$) に相当する温度領域内で「通常起動モード2」の「通常起動POX」を実行した場合に比べて、再起動に要する起動時間を大幅に短縮させることができる。

一方、例えば、起動時の失火に基づいて再起動を行った場合には、「再起動モード3」の再起動モード制御帯域における「再起動ATR」及び「通常起動ATR1」を禁止することができるため、燃料電池セルユニット16のダメージを抑制することができる。

[0174] さらに、本実施形態の固体電解質型燃料電池(SOFC)における再起動制御フローの第3例による再起動制御によれば、再起動時には「再起動モード3」の「着火時」から改質器20の温度上昇に伴って「再起動ATR」、「通常起動ATR1」、「通常起動ATR2」、及び、「通常起動SR」を順次実行することにより、燃料電池セルユニット16の温度降下を招くことなく最適な状態で安定した温度の回復を図ることができる。

[0175] さらに、本実施形態の固体電解質型燃料電池(SOFC)における再起動

制御フローの第3例による再起動制御によれば、「再起動モード3」の「通常起動ATR1」に移行する前に実行される「再起動ATR」が、「通常起動モード2」の「通常起動POX」が実行される通常起動POX温度帯域W102 ($300^{\circ}\text{C} \leq T_r(t) < 600^{\circ}\text{C}$ 、 $T_s < 250^{\circ}\text{C}$) よりも低温側の温度帯域W203a ($200^{\circ}\text{C} \leq T_r(t) < 250^{\circ}\text{C}$) 内で実行され、「通常起動モード2」の「通常起動POX」の「燃料流量」及び「改質用空気流量」よりは少なく且つ「通常起動モード2」の「通常起動ATR1」の「水流量」よりは少ない状態で実行されるため、燃料電池セルスタック14の酸化を予防することができると共に、燃料電池セルスタック14の温度の急低下を抑制することができ、燃料電池セルスタック14の昇温の促進を図ることができる。

[0176] さらに、本実施形態の固体電解質型燃料電池(SOFC)における再起動制御フローの第3例による再起動制御によれば、「再起動モード3」の再起動モードATR制御帯域において、「再起動モード3」の「再起動ATR」により燃料電池セル84への負担を抑えたATRを実行した後、期待された温度上昇が図れた時点で「通常起動ATR1」に変更して積極的なATRを実行するため、改質器20及び燃料電池セルユニット16の温度低下を招くことなく、安定した昇温を図ることができる。

[0177] さらに、本実施形態の固体電解質型燃料電池(SOFC)における再起動制御フローの第3例による再起動制御によれば、「再起動モード3」の再起動モード制御帯域において、スキップした「通常起動モード2」の「通常起動POX」の代わりに、通常起動ATR1温度帯域W203b ($250^{\circ}\text{C} \leq T_r(t) < 400^{\circ}\text{C}$ 、 $T_s < 400^{\circ}\text{C}$) 内で「通常起動モード2」による通常起動モードATR制御帯域B103を拡大して「通常起動モード2」の「通常起動ATR2」よりも「水流量」を抑えた「再起動モード3」の「通常起動ATR1」を実行することにより、POX温度帯域の比較的低い温度域でもATRの実行が可能となり、これによって改質器20及び燃料電池セルスタック14の温度の急低下を抑制して余熱を利用したセル温度の回復を

図ることができる。

[0178] つぎに、図 16 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）の再起動制御フローの第 4 例を具体的に説明する。図 16 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）において再起動を行うための再起動制御フローの第 4 例（再起動制御フロー 4）を示すフローチャートである。図 16 において、S は各ステップを示している。

まず、S 301 において、燃料電池モジュール 2 が停止運転中か否かを判定し、停止運転中である場合には、S 302 に進み、再起動を要求するか否かを判定する。

[0179] S 302 において、再起動を要求すると判定した場合には、S 303 に進み、改質器温度センサ 148 により改質器 20 の温度 T_r を測定した後、S 304 に進み、発電室温度センサ 142 により燃料電池セルスタック 14（即ち燃料電池セル 84 自体）の近傍の温度であるスタック温度 T_s を測定する。

つぎに、S 305 に進み、改質器温度 $T_r(t)$ が 400°C 以上であるか否かを判定する。

[0180] S 305 において、改質器温度 $T_r(t)$ が 400°C 以上でないと判定した場合には、S 306 に進み、改質器温度 $T_r(t)$ が 200°C 未満であるか否かを判定する。

S 306 において、改質器温度 $T_r(t)$ が 200°C 未満でない、すなわち、改質器温度 $T_r(t)$ が 200°C 以上 400°C 未満であると判定した場合には、S 307 に進み、図 9（B）に示すデータテーブル中の「再起動モード 4」による「再起動 A T R」から「通常起動 A T R 1」までの実行について予め決定された「燃料流量」、「改質用空気流量」、及び、「水流量」を変更することなく一定量に維持しながら実行する。

[0181] また、S 305 において、改質器温度 $T_r(t)$ が 400°C 以上であると判定した場合には、S 308 に進み、改質器温度 $T_r(t)$ が 600°C 以上であるか否かを判定する。

S308において、改質器温度 $T_r(t)$ が 600°C 以上でない、すなわち、改質器温度 $T_r(t)$ が 400°C 以上 600°C 未満であると判定した場合には、S309に進み、図9(B)に示すデータテーブル中の「再起動モード4」による「通常起動ATR2」を実行する。

[0182] 一方、S308において、改質器温度 T_r が 600°C 以上であると判定した場合には、S310に進み、発電室温度センサ142により測定されたスタック温度 T_s が 600°C 以上であるか否かを判定する。

S310において、スタック温度 T_s が 600°C 以上であると判定した場合には、S3311に進み、図9(B)に示すデータテーブル中の「再起動モード4」による「通常起動SR」を実行する。一方、S310において、スタック温度 T_s が 600°C 以上でない、すなわち、改質器温度 $T_r(t)$ が 600°C 以上であるにもかかわらず、スタック温度 T_s が 600°C 未満であると判定した場合には、S309に進み、図9(B)に示すデータテーブル中の「再起動モード4」による「通常起動ATR2」を実行する。

[0183] つぎに、S301において、燃料電池モジュール2が停止運転中か否かを判定し、停止運転中でない場合には、S312に進み、起動中の失火に基づく再起動の要求があるか否かを判定する。

S312において、失火に基づく再起動の要求があると判定した場合、及び、S306において、改質器温度 $T_r(t)$ が 200°C 未満であると判定した場合には、第1実施例同様にS313に進み、再起動テーブルが使えないので図9(B)に示すデータテーブル中の「通常起動モード2」に基いて再起動を実行する。

[0184] つぎに、図9(B)、図16及び図17を参照しながら、図16に示す本実施形態による固体電解質型燃料電池(SOFC)の再起動制御フローの第4例に基づいて再起動を実行した場合の動作をより具体的に説明する。

図17は、図16に示す本実施形態による固体電解質型燃料電池(SOFC)の再起動制御フローの第4例に基づいて再起動を実行した場合の動作を示すタイムチャートについて、通常起動時の動作を示すタイムチャートと比

較した図である。

なお、図 17 の上段のタイムチャートは、図 9 (B) に示すデータテーブル中の「通常起動モード 2」を実行した場合における固体電解質型燃料電池 (S O F C) の通常起動の動作を示すタイムチャートであり、図 13 の下段のタイムチャートは、図 9 (B) に示すデータテーブル中の「再起動モード 4」を実行した場合における固体電解質型燃料電池 (S O F C) の再起動の動作を示すタイムチャートである。

[0185] また、以下の本実施形態による固体電解質型燃料電池 (S O F C) の再起動制御フローの第 4 例 (再起動フロー 4) に基づく再起動の動作の説明については、図 9 (B) に示す「通常起動モード 2」と「再起動モード 4」に関するデータテーブルのみを参照すると共に、図 17 に示す本実施形態の固体電解質型燃料電池 (S O F C) の「再起動モード 4」による再起動時の動作について、「通常起動モード 2」による通常起動時の動作と比較しながら説明する。

[0186] まず、図 9 (B) に示すように、「再起動モード 4」による再起動制御は、「着火時」から「再起動 A T R」、「通常起動 A T R 1」、「通常起動 A T R 2」、及び、「通常起動 S R」を順次実行するものである。ここで、図 17 における「再起動モード 4」のタイムチャートの横軸である時間 t については、「着火時」の時間を t_{301} とし、順次「再起動 A T R」、「通常起動 A T R 1」、「通常起動 A T R 2」、及び、「通常起動 S R」へと移行するときの時間をそれぞれ t_{303a} 、 t_{303b} 、 t_{304} 、及び、 t_{305} とする。

[0187] 図 9 (B) に示す「再起動モード 4」の「着火時」という運転状態は、燃料電池モジュール 2 の停止運転中に再起動が要求された場合に、改質器温度センサ 148 が検出した改質器 20 の温度 $T_r(t)$ が、上述した「通常起動モード 2」の通常起動モード P O X 制御帯域 B 102 の P O X 開始温度 $T_r(t_{102})$ ($=300^{\circ}\text{C}$) よりも低い所定温度 $T_r(t_{301})$ ($=200^{\circ}\text{C}$) 未満である場合には、「通常起動モード 2」に基づく通常起動が「

通常起動モード2」の着火後の「燃焼運転」から実行されるようになっている（図16のS306及びS313参照）。

[0188] 一方、改質器20の温度 $T_r(t301)$ が所定温度（＝200℃）以上である場合には、点火装置83を点火し、燃料ガスの着火後、直ちに「再起動モード4」の「再起動ATR」の運転状態に移行される（図16のS307参照）。

[0189] ここで、図9（B）及び図16のS307に示す「再起動モード4」の「再起動ATR」という運転状態は、「通常起動モード2」による「通常起動POX」、「通常起動ATR1」、及び、「通常起動ATR2」とは異なるATRを実行する制御帯域（以下「再起動モードATR制御帯域B303a」）で再起動を制御している。

[0190] より具体的に説明すると、「再起動モード4」の再起動モードATR制御帯域B303aで「再起動ATR」が実行される温度帯域（以下「再起動ATR温度帯域W303a」）は、その最低温度が「通常起動モード2」の通常起動モードPOX制御帯域B102で「通常起動POX」が実行される通常起動POX温度帯域W102（ $300^{\circ}\text{C} \leq T_r(t) < 600^{\circ}\text{C}$ ）よりも低温側にあり、再起動ATR温度帯域W303aが通常起動POX温度帯域W102（ $300^{\circ}\text{C} \leq T_r(t) < 600^{\circ}\text{C}$ 、 $T_s < 250^{\circ}\text{C}$ ）の一部分と重複する温度帯域（ $200^{\circ}\text{C} \leq T_r(t) < 400^{\circ}\text{C}$ 、 $T_s < 400^{\circ}\text{C}$ ）となっている。

[0191] また、「再起動モード4」の「再起動ATR」の運転状態における「燃料流量」は5.0[L/min]であり、「通常起動モード2」の「通常起動POX」及び「通常起動ATR1」の運転状態における「燃料流量」（6.0[L/min]）よりは少なくなっている。

さらに、「再起動モード4」の「再起動ATR」の運転状態における「改質用空気流量」は8.0[L/min]であり、「通常起動モード2」の「通常起動POX」の運転状態における「改質用空気流量」（18.0[L/min]）よりは少なくなっている。

また、「再起動モード4」の「再起動ATR」の運転状態における「水流量」は $2.0 [\text{cc}/\text{min}]$ であり、「通常起動モード2」の「通常起動ATR1」の運転状態における「水流量」と等しくなっている。

[0192] つぎに、図9（B）及び図16のS307に示す「再起動モード4」の「通常起動ATR1」という運転状態は、「通常起動モード2」の「通常起動POX」よりも「改質用空気流量」が少ない「再起動モード4」の「再起動ATR」と全く同一のATRを実行する制御帯域（以下「再起動モードATR制御帯域B303b」）で再起動を制御している。

すなわち、「再起動モード4」の再起動モードATR制御帯域B303aにおいて「再起動ATR」が実行された後も「再起動モード4」の再起動モードATR制御帯域B303bにおいて、「燃料流量」（ $=5.0 [\text{L}/\text{min}]$ ）、「改質用空気流量」（ $=8.0 [\text{L}/\text{min}]$ ）及び、「水流量」（ $=2.0 [\text{cc}/\text{min}]$ ）が予め決定された一定量に維持されながら「再起動モード4」の「通常起動ATR1」が実行される。

ちなみに、「再起動モード4」の「通常起動ATR1」が実行される温度帯域（以下「通常起動ATR1温度帯域W303b」）についても、「再起動モード4」の「再起動ATR」が実行される再起動モードATR制御帯域B303aと等しい温度帯域（ $200^{\circ}\text{C} \leq T_r(t) < 400^{\circ}\text{C}$ 、 $T_s < 400^{\circ}\text{C}$ ）になっている。

[0193] つぎに、図9（B）及び図16のS309に示す「再起動モード4」の「通常起動ATR2」という運転状態は、「通常起動モード2」の通常起動POX温度帯域W102（ $300^{\circ}\text{C} \leq T_r(t) < 600^{\circ}\text{C}$ 、 $T_s < 250^{\circ}\text{C}$ ）に相当する温度帯域内にあり、且つ「再起動モード4」の通常起動ATR1温度帯域W303b（ $200^{\circ}\text{C} \leq T_r(t) < 400^{\circ}\text{C}$ 、 $T_s < 400^{\circ}\text{C}$ ）よりも高温側にある温度帯域（以下「通常起動ATR2温度帯域W304」）（ $400^{\circ}\text{C} \leq T_r(t) < 600^{\circ}\text{C}$ 、 $400^{\circ}\text{C} \leq T_s < 600^{\circ}\text{C}$ ）内にあるときに、「通常起動モード2」の「通常起動ATR2」と同一のATRを実行する制御帯域（以下「再起動モードATR制御帯域B304」）で再

起動を制御している。

[0194] つぎに、図9（B）及び図16のS311に示す「再起動モード4」の「通常起動SR」という運転状態は、「通常起動モード2」の「通常起動SR」の「移行温度条件」と同一の条件によって「通常起動モード2」の「通常起動SR」と同一のSRを実行する制御帯域（以下「再起動モードSR制御帯域B305」）で再起動を制御している。

[0195] つぎに、特に、上述した「再起動モード4」による「再起動ATR」から「通常起動ATR1」を経て「通常起動ATR2」を実行する制御帯域（以下「再起動モード4」の再起動モード制御帯域」）に着目し、この再起動モード制御帯域による再起動を「通常起動モード2」による通常起動と比較する。

「再起動モード4」の再起動モード制御帯域においては、燃料電池モジュール2の運転の停止により改質器20の温度 $T_r(t)$ が「通常起動モード2」の通常起動POX温度帯域W102（ $300^{\circ}\text{C} \leq T_r(t) < 600^{\circ}\text{C}$ 、 $T_s < 250^{\circ}\text{C}$ ）に相当する温度帯域の高温側から低下してこの通常起動POX温度帯域W102内にあるときには、燃料電池セルスタック14や改質器20に残存している余熱を積極的に利用することにより、たとえ改質器20の温度 $T_r(t)$ が通常起動POX温度帯域W102内にあっても、「通常起動モード2」による通常起動モードPOX制御帯域B102の「通常起動POX」の実行をスキップする。

[0196] そして、このスキップした「通常起動モード2」の「通常起動POX」の代わりに、「再起動モード4」の再起動ATR温度帯域W303a（ $200^{\circ}\text{C} \leq T_r(t) < 400^{\circ}\text{C}$ 、 $T_s < 400^{\circ}\text{C}$ ）において、「通常起動モード2」の「通常起動POX」の「改質用空気流量」よりも少なく且つ「通常起動モード2」の「通常起動ATR1」の「水流量」と等しい「再起動モード4」の「再起動ATR」を実行し、その次に「再起動モード4」の再起動モードATR制御帯域B303bにおいても、「再起動モード4」の「再起動ATR」の予め決定された「燃料流量」、「改質用空気流量」、及び、「水

流量」を変更することなく、一定量を維持しながら「再起動モード4」の「通常起動ATR1」を実行する。その後、昇温に伴って順次「再起動モード4」の「通常起動ATR2」を経て「通常起動SR」を実行する。

[0197] 一方、「再起動モード4」の一連の再起動モード制御帯域においては、例えば、起動時の失火に基づいて再起動を行った場合に、改質器20の温度 $T_r(t)$ が「再起動モード4」の再起動ATR温度帯域 $W303a$ ($200^{\circ}\text{C} \leq T_r(t) < 400^{\circ}\text{C}$ 、 $T_s < 400^{\circ}\text{C}$)の低温側から上昇してこの再起動ATR温度帯域 $W303a$ 又は $W303b$ ($200^{\circ}\text{C} \leq T_r(t) < 400^{\circ}\text{C}$ 、 $T_s < 400^{\circ}\text{C}$)内にあったとしても、燃料電池セルスタック14や改質器20に残存している余熱を利用できる可能性が低いため、「再起動モード4」の再起動モード制御帯域における「再起動ATR」及び「通常起動ATR1」を禁止して、「通常起動モード2」の着火後の「燃焼運転」から実行する(図16のS312及びS313参照)。

[0198] さらに、「再起動モード4」の「通常起動ATR2」から「通常起動SR」に移行するときの時間 $t305$ についても、「通常起動モード2」の「通常起動ATR2」から「通常起動SR」に移行するときの時間 $t105$ よりも少ない時間となっており、再起動による起動時間が通常起動による起動時間に比べて短くなっている。

[0199] 上述した本実施形態の固体電解質型燃料電池(SOFC)における再起動制御フローの第4例による再起動制御によれば、燃料電池モジュール2の運転の停止により改質器20の温度 $T_r(t)$ が「通常起動モード2」の通常起動POX温度帯域 $W102$ ($300^{\circ}\text{C} \leq T_r(t) < 600^{\circ}\text{C}$ 、 $T_s < 250^{\circ}\text{C}$)に相当する温度帯域の高温側から低下してこの通常起動POX温度帯域 $W102$ 内にあるときには、燃料電池セルスタック14や改質器20に残存している余熱を積極的に利用することにより、たとえ改質器20の温度 $T_r(t)$ が通常起動POX温度帯域 $W102$ 内にあっても、「通常起動モード2」による通常起動モードPOX制御帯域 $B102$ の「通常起動POX」の実行をスキップすることができる。そして、このスキップした「通常起

動モード2」の「通常起動POX」の代わりに、「再起動モード4」の再起動ATR温度帯域W303a ($200^{\circ}\text{C} \leq T_r(t) < 400^{\circ}\text{C}$ 、 $T_s < 400^{\circ}\text{C}$)において、「通常起動モード2」の「通常起動POX」の「改質用空気流量」よりも少なく且つ「通常起動モード2」の「通常起動ATR1」の「水流量」と等しい「再起動モード4」の「再起動ATR」を実行することができる。その次に、「再起動モード4」の通常起動ATR1温度帯域W303b ($200^{\circ}\text{C} \leq T_r(t) < 400^{\circ}\text{C}$ 、 $T_s < 400^{\circ}\text{C}$)においても、「再起動モード4」の「再起動ATR」の予め決定された「燃料流量」、「改質用空気流量」、及び、「水流量」を変更することなく、一定量を維持しながら「再起動モード4」の「通常起動ATR1」を実行することができる。

この結果、再起動時に「通常起動モード2」による通常起動モードPOX制御帯域B102の「通常起動POX」の実行をスキップすることなくそのまま通常起動POXを実行した場合に比べて、燃料電池セル84の酸化や異常高温による燃料電池セル84への負担を軽減することができ、燃料電池セル84の耐久性を向上させることができる。

[0200] また、本実施形態の固体電解質型燃料電池(SOFC)における再起動制御フローの第4例による再起動制御によれば、「再起動モード4」の「再起動ATR」から「通常起動ATR1」までのATRは、「通常起動モード2」の通常起動POX温度帯域W102 ($300^{\circ}\text{C} \leq T_r(t) < 600^{\circ}\text{C}$ 、 $T_s < 250^{\circ}\text{C}$)に相当する、温度が低く不安定で温度帯域で実行されるが、このような温度が低く不安定な温度帯域中であっても、「再起動モード4」の「再起動ATR」の予め決定された「燃料流量」、「改質用空気流量」、及び、「水流量」を変更することなく、一定量を維持しながら「再起動モード4」の「通常起動ATR1」を実行することができるため、温度が低い不安定な温度帯域中であっても、改質状態を変化させる要因を防止するようにしたことで改質器20及び燃料電池セルスタック14の温度回復を安定的に行うことができる。

[0201] また、ATRはPOXよりも熱量が多いため、燃料電池セルスタック14や改質器20に残存している余熱を積極的に利用することにより、「通常起動モード2」の「通常起動POX」をスキップして「再起動モード4」を実行することによって「着火時」から「再起動ATR」、「通常起動ATR1」、「通常起動ATR2」、及び、「通常起動SR」を順次実行することにより、着火時からATR、SRへの移行を早めることができる。この結果、再起動時に仮に「通常起動モード2」の通常起動POX温度帯域W102 ($300^{\circ}\text{C} \leq T_r(t) < 600^{\circ}\text{C}$ 、 $T_s < 250^{\circ}\text{C}$) に相当する温度領域内で「通常起動モード2」の「通常起動POX」を実行した場合に比べて、再起動に要する起動時間を大幅に短縮させることができる。

一方、例えば、起動時の失火に基づいて再起動を行った場合には、「再起動モード4」の再起動モード制御帯域における「再起動ATR」及び「通常起動ATR1」を禁止することができるため、燃料電池セルユニット16のダメージを抑制することができる。

[0202] さらに、本実施形態の固体電解質型燃料電池(SOFC)における再起動制御フローの第4例による再起動制御によれば、「再起動モード4」の再起動モード制御帯域において、スキップした「通常起動モード2」の「通常起動POX」の代わりに、通常起動ATR1温度帯域W303b ($200^{\circ}\text{C} \leq T_r(t) < 400^{\circ}\text{C}$ 、 $T_s < 400^{\circ}\text{C}$) 内で「通常起動モード2」による通常起動モードATR制御帯域B103を拡大して「通常起動モード2」の「通常起動ATR2」よりも「水流量」を抑えた「再起動モード4」の「通常起動ATR1」を実行することにより、燃料電池セル84の温度の急低下を抑制して余熱を利用したセル温度の回復を図ることができる。

[0203] つぎに、図18により、本実施形態による固体電解質型燃料電池(SOFC)の再起動制御フローの第5例を具体的に説明する。図18は、本発明の一実施形態による固体電解質型燃料電池(SOFC)において再起動を行うための再起動制御フローの第5例(再起動制御フロー5)を示すフローチャートである。図18において、Sは各ステップを示している。

まず、S 4 0 1において、燃料電池モジュール2が停止運転中か否かを判定し、停止運転中である場合には、S 4 0 2に進み、再起動を要求するか否かを判定する。

[0204] S 4 0 2において、再起動を要求すると判定した場合には、S 4 0 3に進み、改質器温度センサ1 4 8により改質器2 0の温度 T_r を測定した後、S 4 0 4に進み、発電室温度センサ1 4 2により燃料電池セルスタック1 4（即ち燃料電池セル8 4 自体）の近傍の温度であるスタック温度 T_s を測定する。

つぎに、S 4 0 5に進み、改質器温度 $T_r(t)$ が4 0 0℃以上であるか否かを判定する。

[0205] S 4 0 5において、改質器温度 $T_r(t)$ が4 0 0℃以上でないと判定した場合には、S 4 0 6に進み、改質器温度 $T_r(t)$ が2 0 0℃未満であるか否かを判定する。

S 4 0 6において、改質器温度 $T_r(t)$ が2 0 0℃未満でない、すなわち、改質器温度 $T_r(t)$ が2 0 0℃以上4 0 0℃未満であると判定した場合には、S 4 0 7に進み、改質器温度 T_r が2 0 0℃以上2 5 0℃未満であるか否かを判定する。

[0206] S 4 0 7において、改質器温度 T_r が2 0 0℃以上2 5 0℃未満でない、すなわち、改質器温度 T_r が2 5 0℃以上4 0 0℃未満であると判定した場合には、S 4 0 8に進み、図9（B）に示すデータテーブル中の「再起動モード5」による「再起動ATR2」を実行する。

一方、S 4 0 7において、改質器温度 T_r が2 0 0℃以上2 5 0℃未満であると判定した場合には、S 4 0 9に進み、改質器温度 T_r が2 0 0℃以上2 5 0℃未満の範囲内で3 0℃昇温したか否かを判定する。

[0207] S 4 0 9において、改質器温度 T_r が2 0 0℃以上2 5 0℃未満の範囲内で3 0℃昇温したと判定した場合には、S 4 0 8に進み、「再起動モード5」による「再起動ATR2」を実行する。

一方、S 4 0 9において、改質器温度 T_r が2 0 0℃以上2 5 0℃未満の

範囲内で30℃昇温していないと判定した場合には、S410に進み、「再起動モード5」による「再起動ATR1」を実行する。

[0208] また、S405において、改質器温度 T_r が400℃以上であると判定した場合には、S411に進み、改質器温度 T_r が600℃以上であるか否かを判定する。

S411において、改質器温度 T_r が600℃以上でない、すなわち、改質器温度 T_r が400℃以上600℃未満であると判定した場合には、S412に進み、図9（B）に示すデータテーブル中の「再起動モード5」による「再起動ATR3」を実行する。

[0209] 一方、S411において、改質器温度 T_r が600℃以上であると判定した場合には、S413に進み、発電室温度センサ142により測定されたスタック温度 T_s が600℃以上であるか否かを判定する。

S413において、スタック温度 T_s が600℃以上であると判定した場合には、S414に進み、図9（B）に示すデータテーブル中の「再起動モード5」による「通常起動SR」を実行する。一方、S413において、スタック温度 T_s が600℃以上でない、すなわち、改質器温度 T_r が600℃以上であるにもかかわらず、スタック温度 T_s が600℃未満であると判定した場合には、S412に進み、図9（B）に示すデータテーブル中の「再起動モード5」による「通常起動ATR3」を実行する。

[0210] つぎに、S401において、燃料電池モジュール2が停止運転中か否かを判定し、停止運転中でない場合には、S415に進み、起動中の失火に基づく再起動の要求があるか否かを判定する。

S415において、失火に基づく再起動を要求があると判定した場合、及び、S406において、改質器温度 T_r が200℃未満であると判定した場合には、第1実施例同様にS416に進み、再起動テーブルが使えないので図9（B）に示すデータテーブル中の「通常起動モード2」に基いて再起動を実行する。

[0211] つぎに、図9（B）、図18及び図19を参照しながら、図18に示す本

実施形態による固体電解質型燃料電池（S O F C）の再起動制御フローの第5例に基づいて再起動を実行した場合の動作をより具体的に説明する。

図19は、図18に示す本実施形態による固体電解質型燃料電池（S O F C）の再起動制御フローの第5例に基づいて再起動を実行した場合の動作を示すタイムチャートについて、通常起動時の動作を示すタイムチャートと比較した図である。

なお、図19の上段のタイムチャートは、図9（B）に示すデータテーブル中の「通常起動モード2」を実行した場合における固体電解質型燃料電池（S O F C）の通常起動の動作を示すタイムチャートであり、図15の下段のタイムチャートは、図9（B）に示すデータテーブル中の「再起動モード5」を実行した場合における固体電解質型燃料電池（S O F C）の再起動の動作を示すタイムチャートである。

[0212] また、以下の本実施形態による固体電解質型燃料電池（S O F C）の再起動制御フローの第5例（再起動フロー5）に基づく再起動の動作の説明については、図9（B）に示す「通常起動モード2」と「再起動モード5」に関するデータテーブルのみを参照すると共に、図19に示す本実施形態の固体電解質型燃料電池（S O F C）の「再起動モード5」による再起動時の動作について、「通常起動モード2」による通常起動時の動作と比較しながら説明する。

[0213] まず、図9（B）に示すように、「再起動モード5」による再起動制御は、「着火時」から「再起動A T R 1」、「再起動A T R 2」、「再起動A T R 3」、及び、「通常起動S R」を順次実行するものである。ここで、図18における「再起動モード5」のタイムチャートの横軸である時間tについては、「着火時」の時間をt 4 0 1とし、順次「再起動A T R 1」、「再起動A T R 2」、「再起動A T R 3」、及び、「通常起動S R」へと移行するときの時間をそれぞれt 4 0 3 a、t 4 0 3 b、t 4 0 3 c、及び、t 4 0 5とする。

[0214] 図9（B）に示す「再起動モード5」の「着火時」という運転状態は、燃

料電池モジュール2の停止運転中に再起動が要求された場合に、改質器温度センサ148が検出した改質器20の温度 $T_r(t)$ が、上述した「通常起動モード2」の通常起動モードPOX制御帯域B102のPOX開始温度 $T_r(t102)$ ($=300^{\circ}\text{C}$) よりも低い所定温度 $T_r(t301)$ ($=200^{\circ}\text{C}$) 未満である場合には、「通常起動モード2」に基づく通常起動が「通常起動モード2」の着火後の「燃焼運転」から実行されるようになってい
る(図18のS406及びS416参照)。

[0215] 一方、改質器20の温度 $T_r(t401)$ が所定温度($=200^{\circ}\text{C}$)以上である場合には、点火装置83を点火し、燃料ガスの着火後、直ちに「再起動モード5」の「再起動ATR1」の運転状態に移行される(図18のS410参照)。

[0216] ここで、図9(B)及び図18のS410に示す「再起動モード5」の「再起動ATR1」という運転状態は、「通常起動モード2」による「通常起動POX」、「通常起動ATR1」、及び、「通常起動ATR2」とは異なるATRを実行する制御帯域(以下「再起動モードATR制御帯域B403a」)で再起動を制御している。

より具体的に説明すると、「再起動モード5」の再起動モードATR制御帯域B403aで「再起動ATR1」が実行される温度帯域(以下「再起動ATR1温度帯域W403a」)は、「通常起動モード2」の通常起動モードPOX制御帯域B102で「通常起動POX」が実行される通常起動POX温度帯域W102 ($300^{\circ}\text{C} \leq T_r(t) < 600^{\circ}\text{C}$ 、 $T_s < 250^{\circ}\text{C}$) よりも低温側の温度帯域 ($200^{\circ}\text{C} \leq T_r(t) < 250^{\circ}\text{C}$) となっている。

[0217] また、「再起動モード5」の「再起動ATR1」の運転状態における「燃料流量」は $5.5 [\text{L}/\text{min}]$ であり、「通常起動モード2」の「通常起動POX」の運転状態における「燃料流量」($6.0 [\text{L}/\text{min}]$)よりは少なくなっている。

さらに、「再起動モード5」の「再起動ATR1」の運転状態における「

改質用空気流量」は 12.0 [L/min] であり、「通常起動モード2」の「通常起動POX」の運転状態における「改質用空気流量」(18.0 [L/min])よりは少なくなっている。

また、「再起動モード5」の「再起動ATR1」の運転状態における「水流量」は 1.0 [cc/min] であり、「通常起動モード2」の「通常起動ATR1」の運転状態における「水流量」(2.0 [cc/min])よりは少なくなっている。

[0218] さらに、「再起動モード5」の「再起動ATR1」は、改質器温度 T_r が 200°C 以上 250°C 未満の範囲内で 30°C の昇温が確認され次第、「再起動モード5」による「再起動ATR2」の実行に移行される。

[0219] つぎに、図9(B)及び図18のS408に示す「再起動モード5」の「再起動ATR2」という運転状態は、「通常起動モード2」の「通常起動ATR1」及び「通常起動ATR1」、及び、「再起動モード5」の「再起動ATR1」とは異なるATRを実行する制御帯域（以下「再起動モードATR制御帯域B403b」）で再起動を制御している。

より具体的に説明すると、「再起動モード5」の再起動モードATR制御帯域B403bで「再起動ATR2」が実行される温度帯域（以下「再起動ATR2温度帯域W403b」）は、「再起動モード5」の「再起動ATR1」が実行される再起動ATR1温度帯域W403a ($200^\circ\text{C} \leq T_r(t) < 250^\circ\text{C}$) よりも高温側にある温度帯域 ($250^\circ\text{C} \leq T_r(t) < 400^\circ\text{C}$ 、 $T_s < 400^\circ\text{C}$) となっている。

[0220] また、「再起動モード5」の再起動モードATR制御帯域B403bにおいては、特に、「再起動モード5」の再起動ATR2温度帯域W403b ($250^\circ\text{C} \leq T_r(t) < 400^\circ\text{C}$ 、 $T_s < 400^\circ\text{C}$) が「通常起動モード2」の通常起動POX温度帯域W102 ($300^\circ\text{C} \leq T_r(t) < 600^\circ\text{C}$ 、 $T_s < 250^\circ\text{C}$) の一部分と重複しているにもかかわらず、「通常起動モード2」の「通常起動POX」を実行することなく、「再起動モード5」の「通常起動ATR1」を実行している。

[0221] さらに、「再起動モード5」の「再起動ATR2」の運転状態における「燃料流量」は4.5 [L/min] であり、「通常起動モード2」の「通常起動POX」及び「通常起動ATR1」の運転状態における「燃料流量」(6.0 [L/min]) や「再起動モード5」の「再起動ATR1」の運転状態における「燃料流量」は5.5 [L/min] よりも少なくなっている。

また、「再起動モード5」の「再起動ATR2」の運転状態における「改質用空気流量」は7.0 [L/min] であり、「通常起動モード2」の「通常起動POX」の運転状態における「改質用空気流量」(18.0 [L/min]) や「再起動モード5」の「再起動ATR1」の運転状態における「改質用空気流量」は12.0 [L/min] よりも少なくなっている。

さらに、「再起動モード5」の「再起動ATR2」の運転状態における「水流量」は2.0 [cc/min] であり、「通常起動モード2」の「通常起動ATR1」の運転状態における「水流量」(2.0 [cc/min]) と等しく、「通常起動モード2」の「通常起動ATR2」の運転状態における「水流量」(3.0 [cc/min]) よりも少なくなっているが、「再起動モード5」の「再起動ATR1」の運転状態における「水流量」(1.0 [cc/min]) よりも多くなっている。

[0222] つぎに、図9 (B) 及び図18のS412に示す「再起動モード5」の「再起動ATR3」という運転状態は、改質器20の温度 $T_r(t)$ が「通常起動モード2」の通常起動POX温度帯域W102 ($300^{\circ}\text{C} \leq T_r(t) < 600^{\circ}\text{C}$ 、 $T_s < 250^{\circ}\text{C}$) に相当する温度帯域内にあり、且つ「再起動モード5」の再起動ATR2温度帯域W403b ($250^{\circ}\text{C} \leq T_r(t) < 400^{\circ}\text{C}$ 、 $T_s < 400^{\circ}\text{C}$) よりも高温側にある温度帯域(以下「再起動ATR3温度帯域W403c」) ($400^{\circ}\text{C} \leq T_r(t) < 600^{\circ}\text{C}$ 、 $400^{\circ}\text{C} \leq T_s < 600^{\circ}\text{C}$) 内にあるときに、「通常起動モード2」の「通常起動ATR1」及び「通常起動ATR1」、及び、「再起動モード5」の「再起動ATR1」及び「再起動ATR2」とは異なるATRを実行する制御帯域

（以下「再起動モードATR制御帯域B403c」）で再起動を制御している。

[0223] より具体的に説明すると、「再起動モード5」の再起動モードATR制御帯域B403cにおいては、特に、「再起動モード5」の再起動ATR3温度帯域W403c（ $400^{\circ}\text{C} \leq T_r(t) < 600^{\circ}\text{C}$ 、 $400^{\circ}\text{C} \leq T_s < 600^{\circ}\text{C}$ ）が「通常起動モード2」の通常起動POX温度帯域W2（ $300^{\circ}\text{C} \leq T_r(t) < 600^{\circ}\text{C}$ ）の一部分と重複しているにもかかわらず、「通常起動モード2」の「通常起動POX」を実行することなく、「再起動モード5」の「再起動ATR3」を実行している。

[0224] さらに、「再起動モード5」の「再起動ATR3」の運転状態における「燃料流量」は3.5 [L/min]であり、「通常起動モード2」の「通常起動ATR2」の運転状態における「燃料流量」（4.0 [L/min]）や「再起動モード5」の「再起動ATR2」の運転状態における「燃料流量」（4.5 [L/min]）よりも少なくなっている。

また、「再起動モード5」の「再起動ATR3」の運転状態における「改質用空気流量」は2.0 [L/min]であり、「通常起動モード2」の「通常起動ATR2」の運転状態における「改質用空気流量」（4.0 [L/min]）や「再起動モード5」の「再起動ATR2」の運転状態における「改質用空気流量」（7.0 [L/min]）よりも少なくなっている。

さらに、「再起動モード5」の「再起動ATR3」の運転状態における「水流量」は3.0 [cc/min]であり、「通常起動モード2」の「通常起動ATR2」の運転状態における「水流量」（3.0 [cc/min]）と等しく、「再起動モード5」の「再起動ATR2」の運転状態における「水流量」（2.0 [cc/min]）よりは多くなっている。

[0225] つぎに、図9（B）及び図18のS414に示す「再起動モード5」の「通常起動SR」という運転状態は、「通常起動モード2」の「通常起動SR」の「移行温度条件」と同一の条件によって「通常起動モード2」の「通常起動SR」と同一のSRを実行する制御帯域（以下「再起動モードSR制御

帯域B405)で再起動を制御している。

[0226] つぎに、特に、上述した「再起動モード5」による「再起動ATR1」から「再起動ATR2」を経て「再起動ATR3」を実行する制御帯域（以下「再起動モード5」の再起動モード制御帯域）に着目し、この再起動モード制御帯域による再起動を「通常起動モード2」による通常起動と比較する。

「再起動モード5」の再起動モード制御帯域においては、燃料電池モジュール2の運転の停止により改質器20の温度 $T_r(t)$ が「通常起動モード2」の通常起動POX温度帯域W102 ($300^{\circ}\text{C} \leq T_r(t) < 600^{\circ}\text{C}$ 、 $T_s < 250^{\circ}\text{C}$)に相当する温度帯域の高温側から低下してこの通常起動POX温度帯域W102内にあるときには、燃料電池セルスタック14や改質器20に残存している余熱を積極的に利用することにより、たとえ改質器20の温度 $T_r(t)$ が通常起動POX温度帯域W102内にあっても、「通常起動モード2」による通常起動モードPOX制御帯域B102の「通常起動POX」の実行をスキップする。

[0227] そして、このスキップした「通常起動モード2」の「通常起動POX」の代わりに、「再起動モード5」の再起動ATR1温度帯域W403a ($200^{\circ}\text{C} \leq T_r(t) < 250^{\circ}\text{C}$)において、「通常起動モード2」の「通常起動POX」よりも「燃料流量」及び「改質用空気流量」が少なく且つ「通常起動モード2」の「通常起動ATR1」よりも「水流量」が少ない「再起動モード5」の「再起動ATR1」を実行し、この「再起動モード5」の「再起動ATR1」の再起動ATR1温度帯域W403a ($200^{\circ}\text{C} \leq T_r(t) < 250^{\circ}\text{C}$)内において 30°C の昇温が確認され次第、「再起動モード5」の「再起動ATR1」を実行し、その後の昇温に伴って順次「再起動モード5」の「再起動ATR2」及び「再起動ATR3」を経て「通常起動SR」を実行する。

[0228] 一方、「再起動モード5」の一連の再起動モード制御帯域においては、例えば、起動時の失火に基づいて再起動を行った場合に、改質器20の温度 T

$r(t)$ が「再起動モード5」の再起動ATR1温度帯域W403a ($200^{\circ}\text{C} \leq T_r(t) < 250^{\circ}\text{C}$) の低温側から上昇してこの再起動ATR温度帯域W403a~W403c内にあったとしても、燃料電池セルスタック14や改質器20に残存している余熱を利用できる可能性が低いため、「再起動モード5」の再起動モード制御帯域における「再起動ATR1」~「再起動ATR3」を禁止して、「通常起動モード2」の着火後の「燃焼運転」から実行する(図18のS415及びS416参照)。

[0229] さらに、「再起動モード5」の「再起動ATR3」から「通常起動SR」に移行するときの時間 t_{405} についても、「通常起動モード2」の「通常起動ATR2」から「通常起動SR」に移行するときの時間 t_{105} よりも少ない時間となっており、再起動による起動時間が通常起動による起動時間に比べて短くなっている。

[0230] 上述した本実施形態の固体電解質型燃料電池(SOFC)における再起動制御フローの第5例による再起動制御によれば、燃料電池モジュール2の運転の停止により改質器20の温度 $T_r(t)$ が「通常起動モード2」の通常起動POX温度帯域W102 ($300^{\circ}\text{C} \leq T_r(t) < 600^{\circ}\text{C}$ 、 $T_s < 250^{\circ}\text{C}$) に相当する温度帯域の高温側から低下してこの通常起動POX温度帯域W102内にあるときには、燃料電池セルスタック14や改質器20に残存している余熱を積極的に利用することにより、たとえ改質器20の温度 $T_r(t)$ が通常起動POX温度帯域W102内にあっても、「通常起動モード2」による通常起動モードPOX制御帯域B102の「通常起動POX」の実行をスキップすることができる。

[0231] そして、このスキップした「通常起動モード2」の「通常起動POX」の代わりに、「再起動モード5」の再起動ATR温度帯域W403a~W403bにおいて、「再起動ATR1」を実行した後、この「再起動ATR1」よりも「改質用空気流量」が少ない「再起動ATR2」を実行し、この「再起動ATR2」よりも「改質用空気流量」が少ない「再起動ATR3」を順次実行して「通常起動SR」に移行することができる。

この結果、再起動時に「通常起動モード2」による通常起動モードPOX制御帯域B102の「通常起動POX」の実行をスキップすることなくそのまま通常起動POXを実行した場合に比べて、燃料電池セル84の酸化や異常高温による燃料電池セル84への負担を軽減することができ、燃料電池セル84の耐久性を向上させることができる。

また、再起動時の初期における燃料電池セル84や改質器20の比較的温度が低く不安定な温度帯域で空気量を多くすることによって部分酸化改質反応を水蒸気改質反応より多くなるようにすることにより、改質器20の温度低下を抑えつつ、安定的に燃料電池セル84の温度を高めることができる。

[0232] また、ATRはPOXよりも熱量が多いため、燃料電池セルスタック14や改質器20に残存している余熱を積極的に利用することにより、「通常起動モード2」の「通常起動POX」をスキップして「再起動モード5」を実行することによって「着火時」から「再起動ATR1」、「再起動ATR2」、「再起動ATR3」、及び、「通常起動SR」を順次実行することにより、着火時からATR、SRへの移行を早めることができる。この結果、再起動時に仮に「通常起動モード2」の通常起動POX温度帯域W102 ($300^{\circ}\text{C} \leq T_r(t) < 600^{\circ}\text{C}$ 、 $T_s < 250^{\circ}\text{C}$) に相当する温度領域内で「通常起動モード2」の「通常起動POX」を実行した場合に比べて、再起動に要する起動時間を大幅に短縮させることができる。

一方、例えば、起動時の失火に基づいて再起動を行った場合には、「再起動モード5」の再起動モード制御帯域における「再起動ATR1」～「再起動ATR3」を禁止することができるため、燃料電池セルユニット16のダメージを抑制することができる。

[0233] さらに、本実施形態の固体電解質型燃料電池(SOFC)における再起動制御フローの第5例による再起動制御によれば、再起動時には「再起動モード5」の「着火時」から改質器20の温度上昇に伴って「再起動ATR1」、「再起動ATR2」、「再起動ATR3」、及び、「通常起動SR」を順次実行することにより、燃料電池セルユニット16の温度降下を招くことな

く最適な状態で安定した温度の回復を図ることができる。

[0234] なお、上述した本実施形態の固体電解質型燃料電池（S O F C）における再起動制御フローの第 1 例～第 5 例による再起動制御においては、再起動モード 1～5 の各再起動モード A T R 制御帯域において、酸化剤ガス加熱手段である第 1 ヒータ 4 6 が改質器 2 0 に供給される酸化剤ガス（改質用空気）を加熱する加熱温度を通常起動モード 1 及び 2 の各通常起動 A T R 制御帯域における加熱温度よりも高く設定して A T R による再起動を実行することにより、再起動時の A T R における純水の供給に伴う燃料電池セル 8 4 及び改質器 2 0 の温度低下を抑制することができると共に、早期の温度上昇を図ることができる。

[0235] つぎに、本発明の他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 2 0 は本発明の他の実施形態による固体電解質型燃料電池（S O F C）の燃料電池モジュールを示す正面断面図であり、図 2 1 は図 2 0 の X X I - X X I 線に沿った断面図であり、図 2 2 は本発明の他の実施形態による固体電解質型燃料電池（S O F C）の燃料電池モジュールにおけるマニホールド部分を斜め上方から見た斜視図である。

ここで、図 2 0～図 2 2 において、上述した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）の部分と同一の部分については同一の符号を付し、それらの説明は省略する。

[0236] 図 2 0～図 2 2 に示すように、燃料電池モジュール 2 0 0 のハウジング 2 0 2 内には、改質器 2 0 の下方に配置された燃料電池セル集合体 1 2 の下部を支持するセル集合体支持ユニット 2 0 4 が設けられている。

このセル集合体支持ユニット 2 0 4 は、支持部材 2 0 4 a と仕切り板 2 0 4 b を備えている。

支持部材 2 0 4 a は、燃料電池モジュール 2 0 0 の基部であるベース部材 2 0 6 に固定され、仕切り板 2 0 4 b の長手方向の両側端部（図 2 0 の仕切り板 2 0 4 b の左側端部及び右側端部）をベース部材 2 0 6 から上方に所定

間隔を置いて支持している。

[0237] また、セル集合体支持ユニット 204 は、ベース部材 206 との間に排気ガス室 204c を形成している。

さらに、図 21 に示すように、ハウジング 202 の長手方向に沿った面である前面 202a と後面 202b の内側には、上下方向に延びる排気ガス通路 208 が形成され、この排気ガス通路 208 の下端側は、排気ガス室 204c と連通している。

また、排気ガス室 204c の下面には、排気ガス排出管 210 が接続され、この排気ガス排出管 210 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。

[0238] さらに、排気ガス室 204c 内には、改質器 20 に純水を導入するための純水導入管 212 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 214 と、発電室 10 に余熱された空気を導入する空気導入管 216 と、これら純水導入管 212 と被改質ガス導入管 214 のそれぞれの下流端側が接続される混合室 218 が配置されている。

この混合室 218 内においては、純水導入管 212 から供給された水蒸気（純水）と被改質ガス導入管 214 から供給された改質される燃料ガスと改質用空気が混合されるようになっている。

また、これら純水導入管 212 と被改質ガス導入管 214 については、燃料電池モジュール 200 のベース部材 206 の下方側から排気ガス室 204c 内まで上方に延びた後、排気ガス室 204c 内で水平方向に延びて混合室 218 に接続されており、純水導入管 212 と被改質ガス導入管 214 を排気ガス室 204c 内に経由させることにより、排気ガス室 204c 内の排気ガスの熱を利用して改質器 20 に供給される前の水蒸気（純水）や改質用空気が保温され、温度低下を抑制することができるようになっている。

[0239] また、混合室 218 と改質器 20 の上流端側との間には、配管 220 が上下方向に延びるように接続されており、混合室 218 内で水蒸気（純水）が混合された燃料ガス及び空気は、配管 220 を経て改質器 20 内へ送られ、

改質器 20 内に充填された改質触媒により改質されるようになっている。

さらに、配管 220 は、排気ガス通路 208 を形成するハウジング 202 の対向する一対の前面 202 a 及び後面 202 b とは異なる側面 202 c (図 20 のハウジング 202 の左側側面) に隣接して配置されており、配管 220 内の水蒸気 (純水) が保温されることにより、改質器 20 に供給される前の水蒸気 (純水) や改質用空気の温度低下を抑制することができるようになっている。

[0240] また、改質器 20 の下流端側には、燃料ガス供給管 64 が接続され、この燃料ガス供給管 64 は、下方に延び、さらに、燃料電池セル集合体 12 の下方に形成されたマニホール 66 内で水平に延びている。燃料ガス供給管 64 の水平部 64 a の下方面には、複数の燃料供給孔 64 b が形成されており、この燃料供給孔 64 b から、改質された燃料ガスがマニホール 66 内に供給される。

[0241] 上述した本発明の他の実施形態による固体電解質型燃料電池 (S O F C) によれば、再起動時に純水導入管 212 から配管 220 を経て改質器 20 に供給される水蒸気 (純水) の温度について、排気ガス室 204 c 内の排気ガスの熱を利用して高く維持することができるため、再起動時の A T R における水蒸気 (純水) の供給に伴う燃料電池セル 84 や改質器 20 の温度低下を抑制することができる。

[0242] また、本実施形態による固体電解質型燃料電池 (S O F C) によれば、配管 220 をハウジング 202 に対して排気ガス通路 208 と分離させたためハウジング 202 からの熱交換を他の側面 202 c では水のみとできるため、再起動時に配管 220 から改質器 20 に供給される水の温度を高く維持することができる。

符号の説明

- [0243]
- 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
- 1 0 発電室
- 1 2 燃料電池セル集合体
- 1 4 燃料電池セルスタック
- 1 6 燃料電池セルユニット
- 1 8 燃焼室
- 2 0 改質器
- 2 2 空気用熱交換器
- 2 4 水供給源
- 2 6 純水タンク
- 2 8 水流量調整ユニット
- 3 0 燃料供給源
- 3 8 燃料流量調整ユニット
- 4 0 空気供給源
- 4 4 改質用空気流量調整ユニット
- 4 5 発電用空気流量調整ユニット
- 4 6 第 1 ヒータ
- 4 8 第 2 ヒータ
- 5 0 温水製造装置
- 5 2 制御ボックス
- 5 4 インバータ
- 8 3 点火装置
- 8 4 燃料電池セル
- 1 1 0 制御部
- 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

1 5 0 外気温度センサ

請求の範囲

[請求項1]

燃料ガスと酸化剤ガスを電気化学的に反応させることにより発電する固体電解質型燃料電池であって、

固体電解質型の燃料電池モジュール内に配置された固体電解質型の燃料電池セルと、

燃料ガスを改質して上記燃料電池セルに供給する改質器であって、所定の温度帯域に応じて燃料ガスと酸化剤ガスを化学反応させることにより燃料ガスを部分酸化改質する改質反応であるPOX、及び、燃料ガスと水蒸気を化学反応させることにより燃料ガスを水蒸気改質する改質反応であるSR、及び、上記POXと上記SRとを併用させることにより燃料ガスをオートサーマル改質する改質反応であるATRのいずれかの改質反応によって燃料ガスを水素に改質する上記改質器と、

上記改質器による改質状態を変更するための改質状態温度を検出する改質状態温度検出器と、

上記燃料電池モジュールの運転を制御する制御装置と、を有し、

上記制御装置は、上記燃料電池モジュールの運転の起動を制御する起動制御装置と、上記燃料電池モジュールの運転の停止を制御する停止制御装置と、を備え、

上記起動制御装置は、燃料ガスを着火して燃焼させた後、上記改質状態温度検出器が検出した上記改質状態温度が上記POXが開始するPOX開始温度よりも低い場合には、燃料ガスの燃焼熱によって上記改質器を昇温させる燃焼運転制御を実行し、

上記改質状態温度が上記POX開始温度以上であり且つ上記水蒸気改質が可能な温度未満のPOX温度帯域内にある場合には、上記改質器を昇温させるために通常起動時のPOXを実行し、

上記改質状態温度が上記水蒸気改質が可能な温度以上であり且つ所定の定常温度未満のATR温度帯域内にある場合には、上記改質器を

昇温させるために通常起動時のA T Rを実行し、

上記改質状態温度が、上記所定の定常温度以上である場合には、上記改質器を昇温させるために通常起動時のS Rを実行し、

上記起動制御装置は、更に、上記燃料電池モジュールが高温状態からの停止に伴って上記停止制御装置による停止処理が実行され、上記改質状態温度が上記P O X温度帯域内にあるときに運転の再起動が実行された場合には、上記通常起動時のP O XをスキップしてA T Rによって再起動制御を実行することを特徴とする固体電解質型燃料電池。

[請求項2] 上記再起動制御は、上記改質状態温度が上記通常起動時のP O X温度帯域内の所定温度未満である場合にはP O Xによる再起動を実行し、上記改質状態温度が上記P O X温度帯域内の所定温度以上である場合にはA T Rによる再起動を実行する請求項1記載の固体電解質型燃料電池。

[請求項3] 上記再起動制御は、上記改質状態温度が少なくとも上記P O X温度帯域内において通常起動時のP O Xの代わりにA T Rによる再起動を実行し、この再起動制御で行われるA T Rの少なくとも一部は、通常起動時のA T Rとは異なるように構成されていることを特徴とする請求項1記載の固体電解質型燃料電池。

[請求項4] 上記再起動制御は、上記改質状態温度が少なくとも上記P O X温度帯域内において通常起動時のP O Xの代わりにA T Rによる再起動を実行し、この再起動制御で行われるA T Rの少なくとも一部は、通常起動時のA T Rとは異なるように構成されていることを特徴とする請求項2記載の固体電解質型燃料電池。

[請求項5] 上記再起動制御で行われるA T Rは、上記通常起動時のA T Rよりも燃料ガスの供給量を多くするように構成されている請求項3記載の固体電解質型燃料電池。

[請求項6] 上記再起動制御で行われるA T Rは、上記通常起動時のA T Rより

も酸化剤ガスの供給量を多くするように構成されている請求項 3 記載の固体電解質型燃料電池。

[請求項7] 上記再起動制御で行われる A T R は、上記通常起動時の A T R より水の供給量を少なくするように構成されている請求項 3 記載の固体電解質型燃料電池。

[請求項8] 上記再起動制御で行われる A T R は、上記改質状態温度が予め決定された所定温度以上に上昇した時点で通常起動時の A T R に変更される請求項 3 記載の固体電解質型燃料電池。

[請求項9] 上記再起動制御は、予め決定された燃料ガスの供給量、酸化剤ガスの供給量、及び、水の供給量を変更させることなく一定量を維持して A T R による再起動を実行する請求項 3 記載の固体電解質型燃料電池。

[請求項10] 上記再起動制御は、通常起動時の P O X 温度帯域内において第 1 の A T R による再起動を実行し、通常起動時の A T R 温度帯域内において第 2 の A T R による再起動を実行し、上記再起動制御で行われる第 1 の A T R は、上記第 2 の A T R より水の供給量を少なくするように構成されている請求項 3 に記載の固体電解質型燃料電池。

[請求項11] 上記再起動制御で行われる A T R は、その初期の酸化剤ガスの供給量が後期の酸化剤ガスの供給量よりも多くなるように構成されている請求項 9 記載の固体電解質型燃料電池。

[請求項12] 更に、上記酸化剤ガス供給装置から上記改質器に供給する酸化剤ガスを加熱する酸化剤ガス加熱装置を有し、上記再起動制御は、上記酸化剤ガス加熱装置で酸化剤ガスを加熱する加熱温度を上記通常起動時の A T R よりも高く設定して A T R による再起動を実行する請求項 1 に記載の固体電解質型燃料電池。

[請求項13] 更に、純水を生成して上記改質器に供給する水供給装置を有し、この水供給装置は、上記改質器に水を導入する水配管と、この水配管を保温する保温装置と、を備えている請求項 1 記載の固体電解質型燃料

電池。

[請求項14] 更に、複数の燃料電池セルを備えたセル集合体の下部を支持すると共に燃料ガスと酸化剤ガスとの燃焼によって生成された排気ガスが排出される排気ガス室を形成するセル集合体支持装置を有し、上記保温装置は、上記水配管を上記排気ガス室内に経由させるように配置することにより、改質器に供給される水の温度低下を抑制するように構成されている請求項 1 3 記載の固体電解質型燃料電池。

[請求項15] 更に、上記セル集合体を収容するハウジング部材を備え、このハウジング部材を形成する対向する一对の側面には上記排気ガス室に連通する排気ガス通路が配置され、他の側面には、上記水配管の通路が配置されている請求項 1 4 記載の固体電解質型燃料電池。

[請求項16] 燃料ガスと酸化剤ガスを電気化学的に反応させることにより発電する固体電解質型燃料電池であって、

固体電解質型の燃料電池モジュール内に配置された固体電解質型の燃料電池セルと、

燃料ガスを改質して上記燃料電池セルに供給する改質手段であって、所定の温度帯域に応じて燃料ガスと酸化剤ガスを化学反応させることにより燃料ガスを部分酸化改質する改質反応である POX 、及び、燃料ガスと水蒸気を化学反応させることにより燃料ガスを水蒸気改質する改質反応である SR 、及び、上記 POX と上記 SR とを併用させることにより燃料ガスをオートサーマル改質する改質反応である ATR のいずれかの改質反応によって燃料ガスを水素に改質する上記改質手段と、

上記改質手段による改質状態を変更するための改質状態温度を検出する改質状態温度検出手段と、

上記燃料電池モジュールの運転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運転の起動を制御する起動制御手段と、上記燃料電池モジュールの運転の停止を制御する停

止制御手段と、を備え、

上記起動制御手段は、燃料ガスを着火して燃焼させた後、上記改質状態温度検出手段が検出した上記改質状態温度が上記P O Xが開始するP O X開始温度よりも低い場合には、燃料ガスの燃焼熱によって上記改質手段を昇温させる燃焼運転制御を実行し、

上記改質状態温度が上記P O X開始温度以上であり且つ上記水蒸気改質が可能な温度未満のP O X温度帯域内にある場合には、上記改質手段を昇温させるために通常起動時のP O Xを実行し、

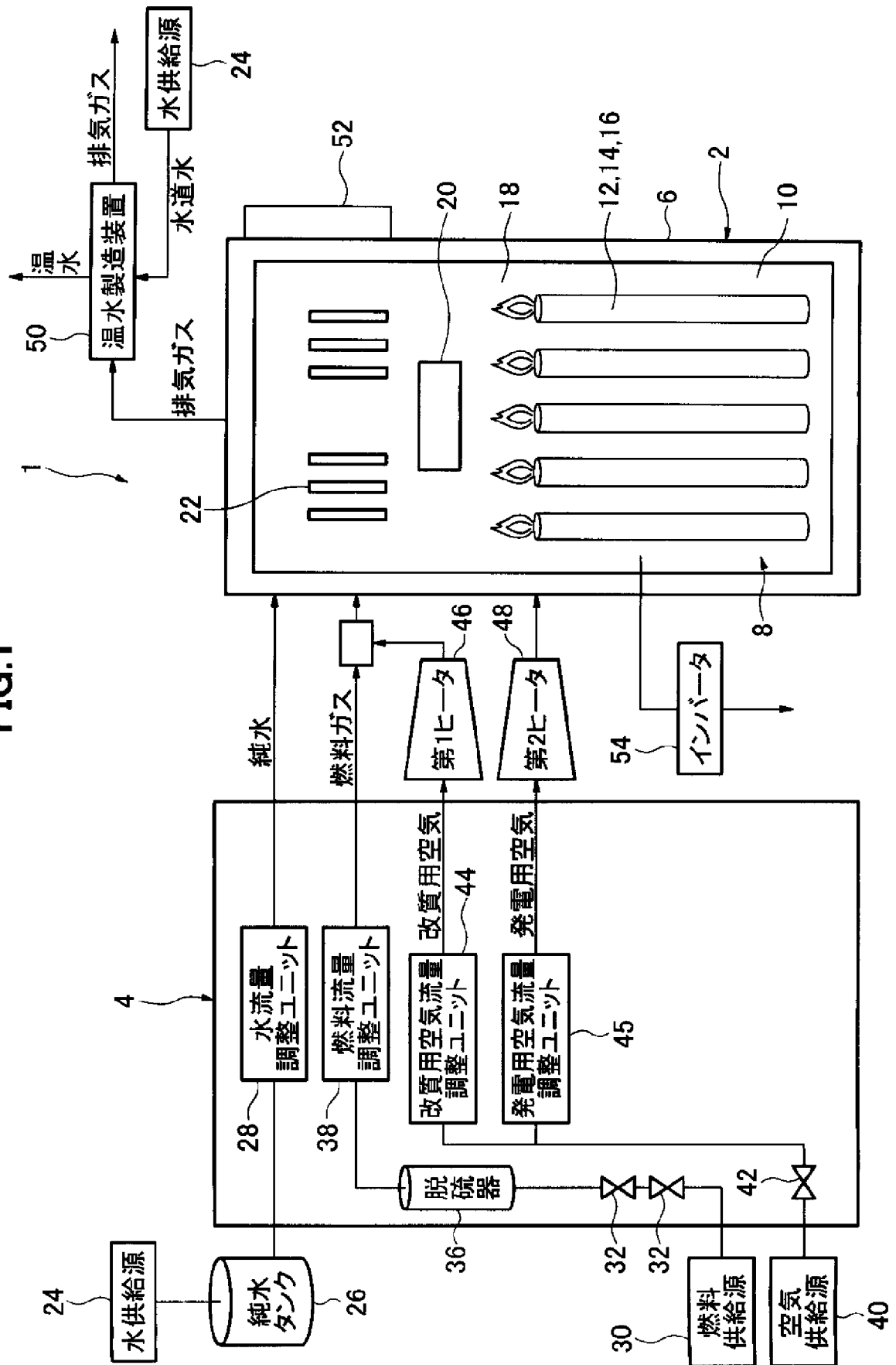
上記改質状態温度が上記水蒸気改質が可能な温度以上であり且つ所定の定常温度未満のA T R温度帯域内にある場合には、上記改質手段を昇温させるために通常起動時のA T Rを実行し、

上記改質状態温度が、上記所定の定常温度以上である場合には、上記改質手段を昇温させるために通常起動時のS Rを実行し、

上記起動制御手段は、更に、上記燃料電池モジュールが高温状態からの停止に伴って上記停止制御手段による停止処理が実行され、上記改質状態温度が上記P O X温度帯域内にあるときに運転の再起動が実行された場合には、上記通常起動時のP O XをスキップしてA T Rによって再起動制御を実行することを特徴とする固体電解質型燃料電池。

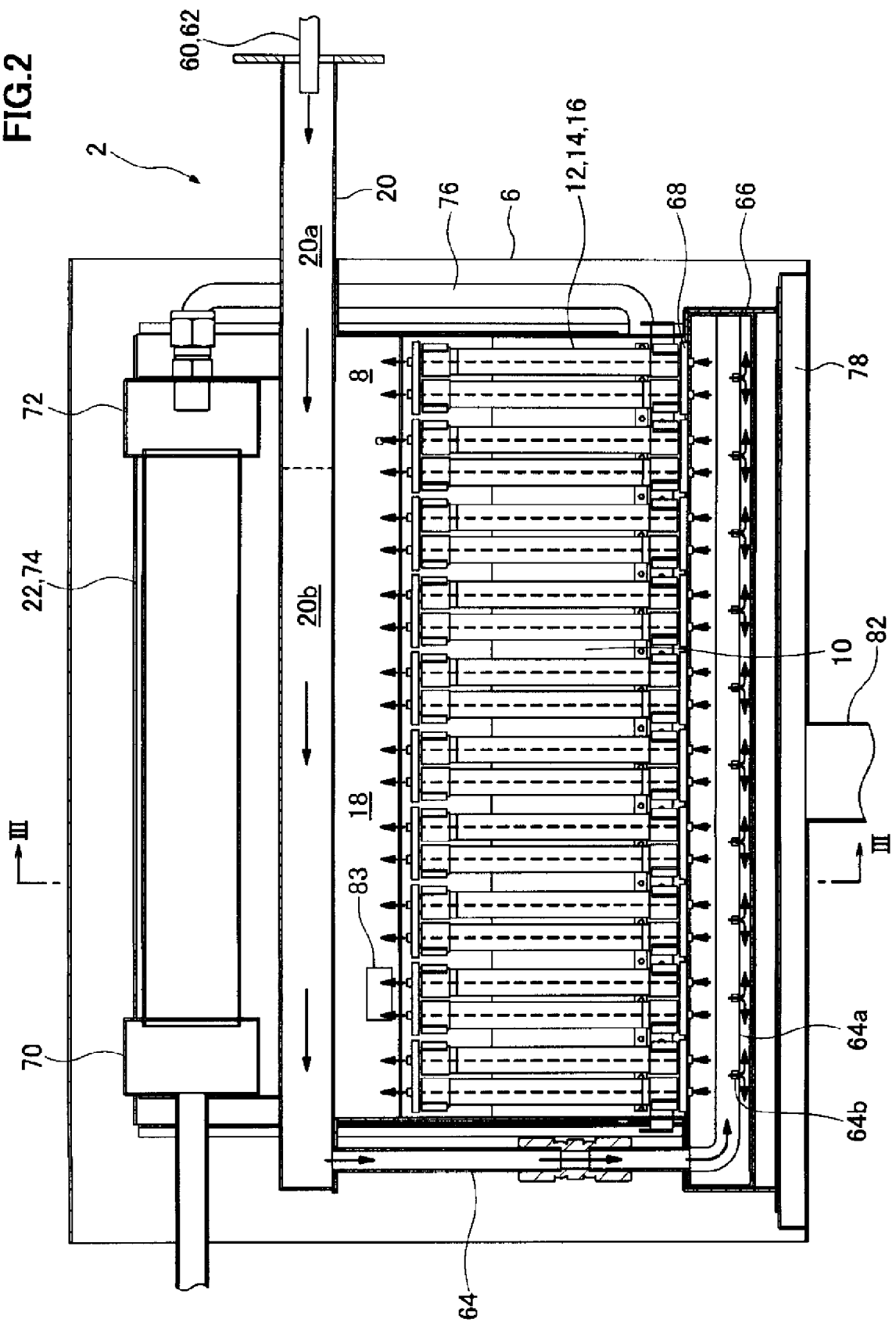
[図1]

FIG.1



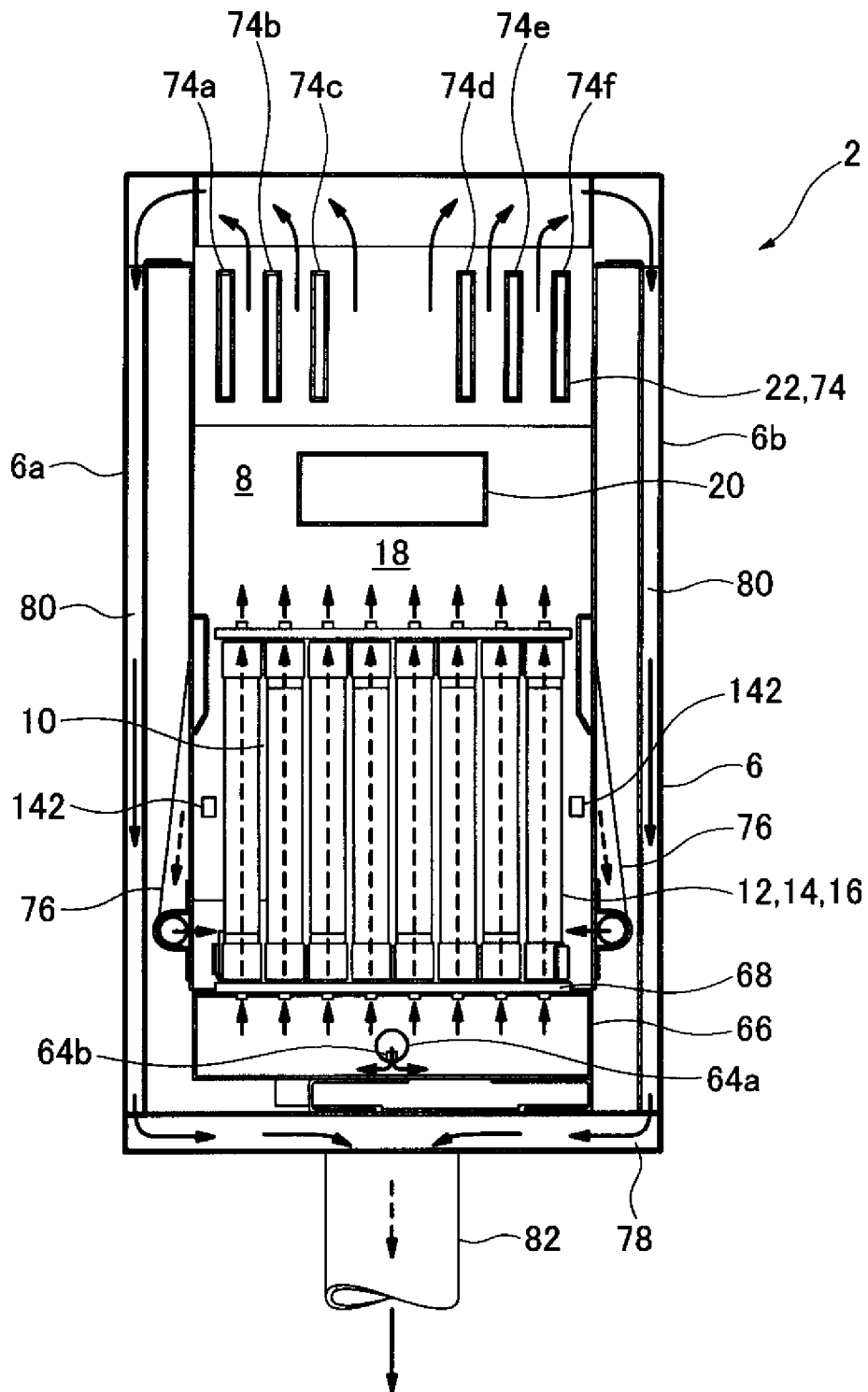
[図2]

FIG. 2



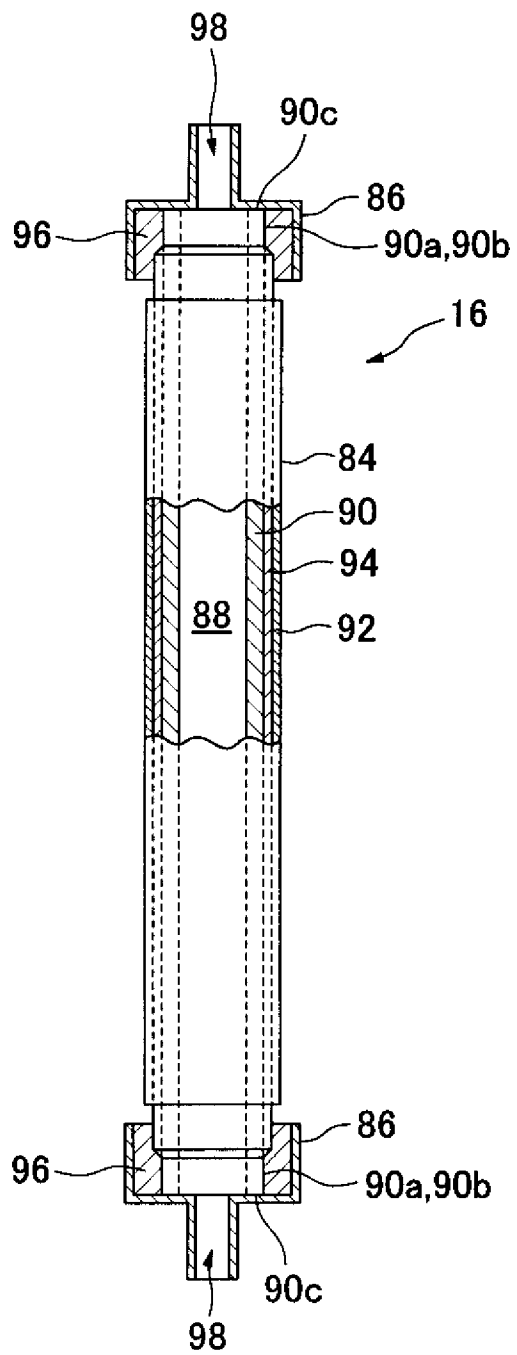
[図3]

FIG.3



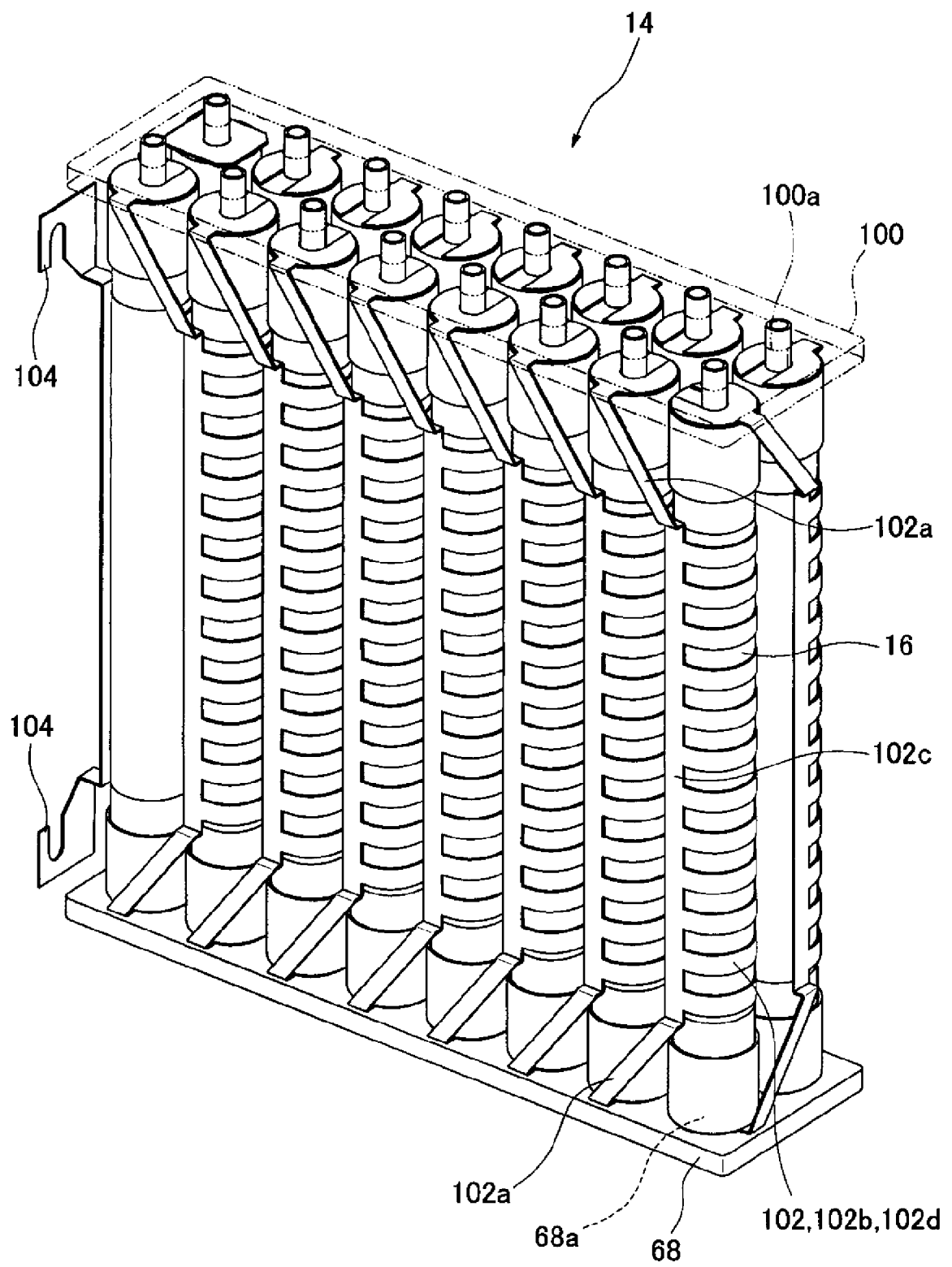
[図4]

FIG.4



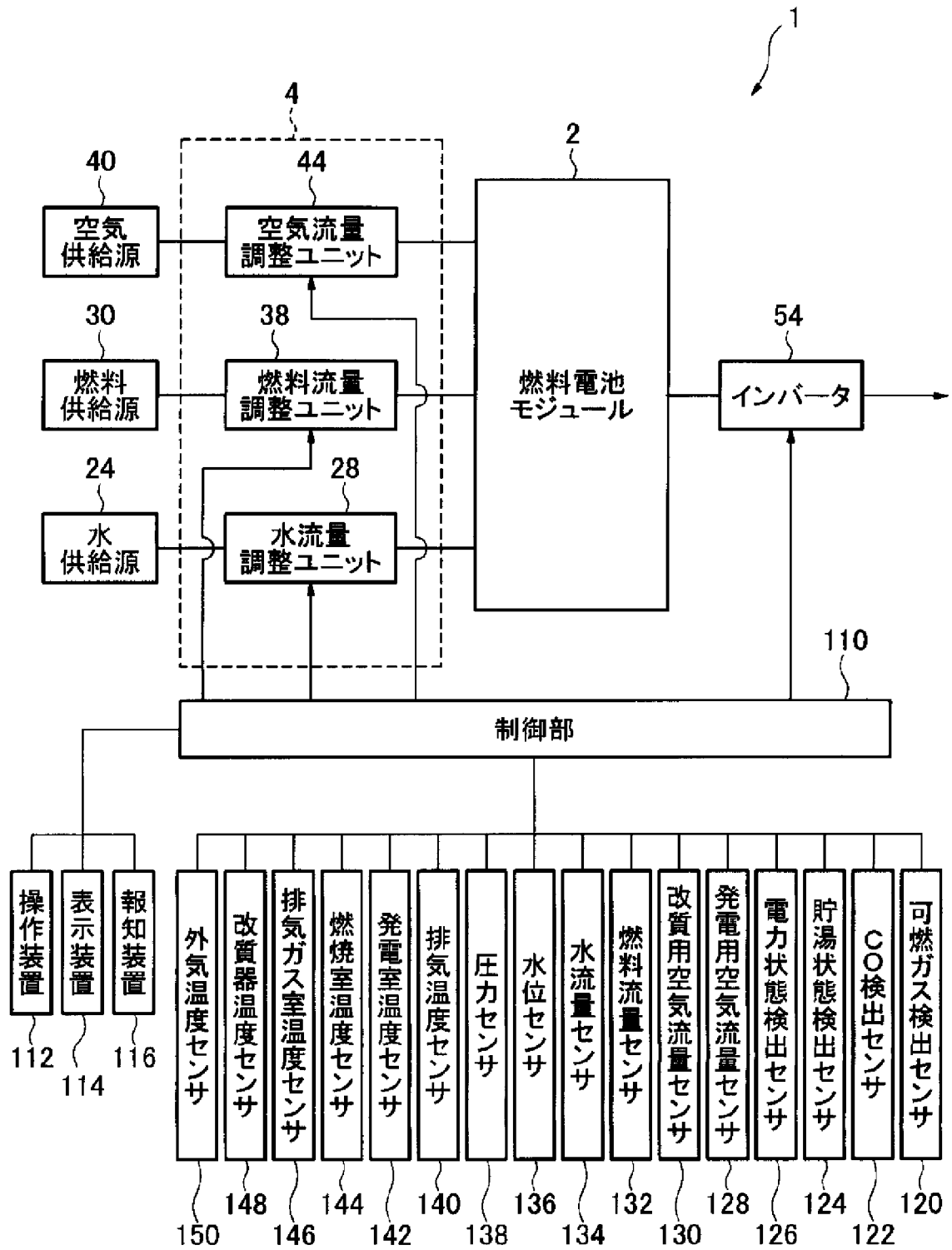
[図5]

FIG.5



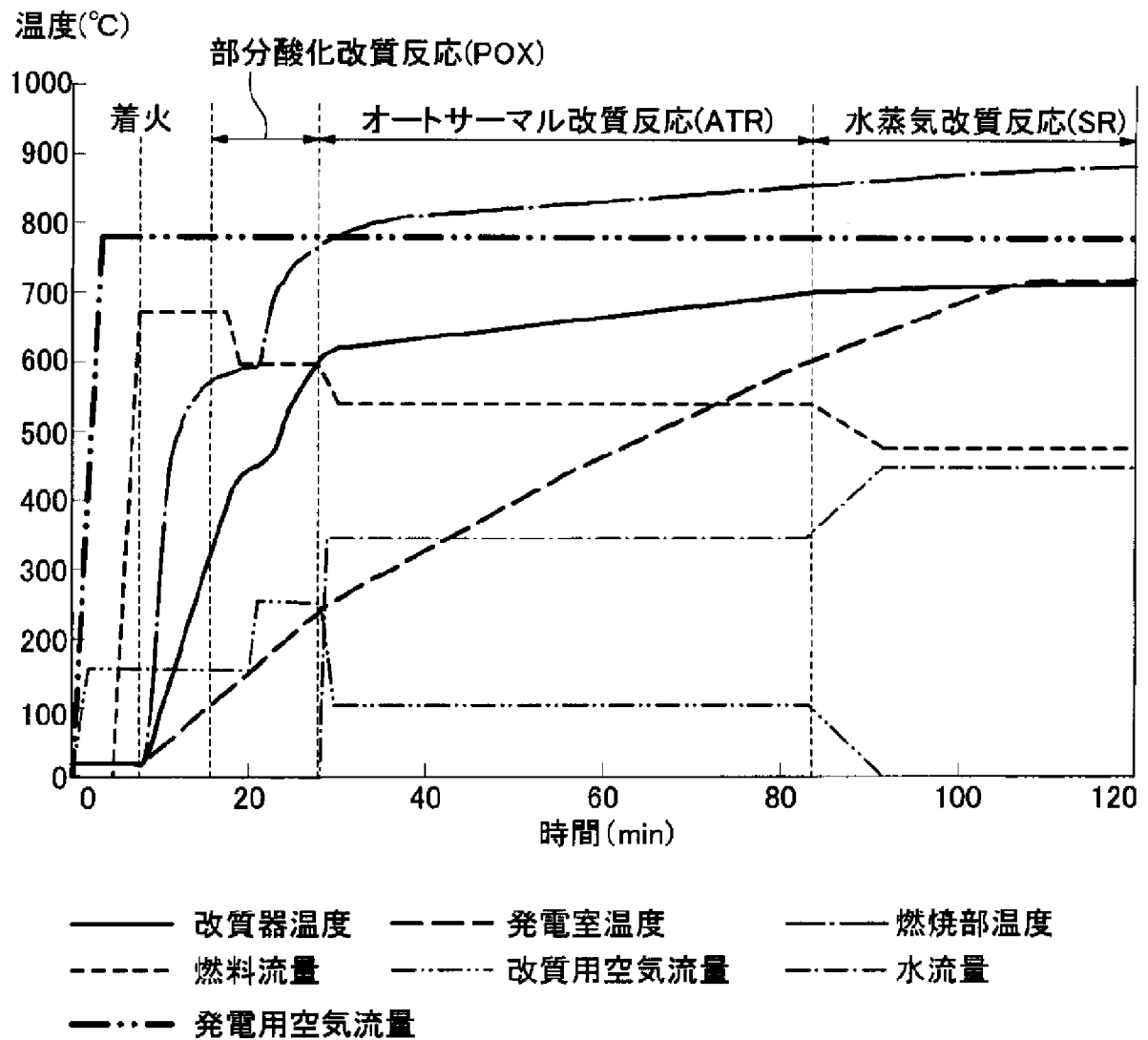
[図6]

FIG.6



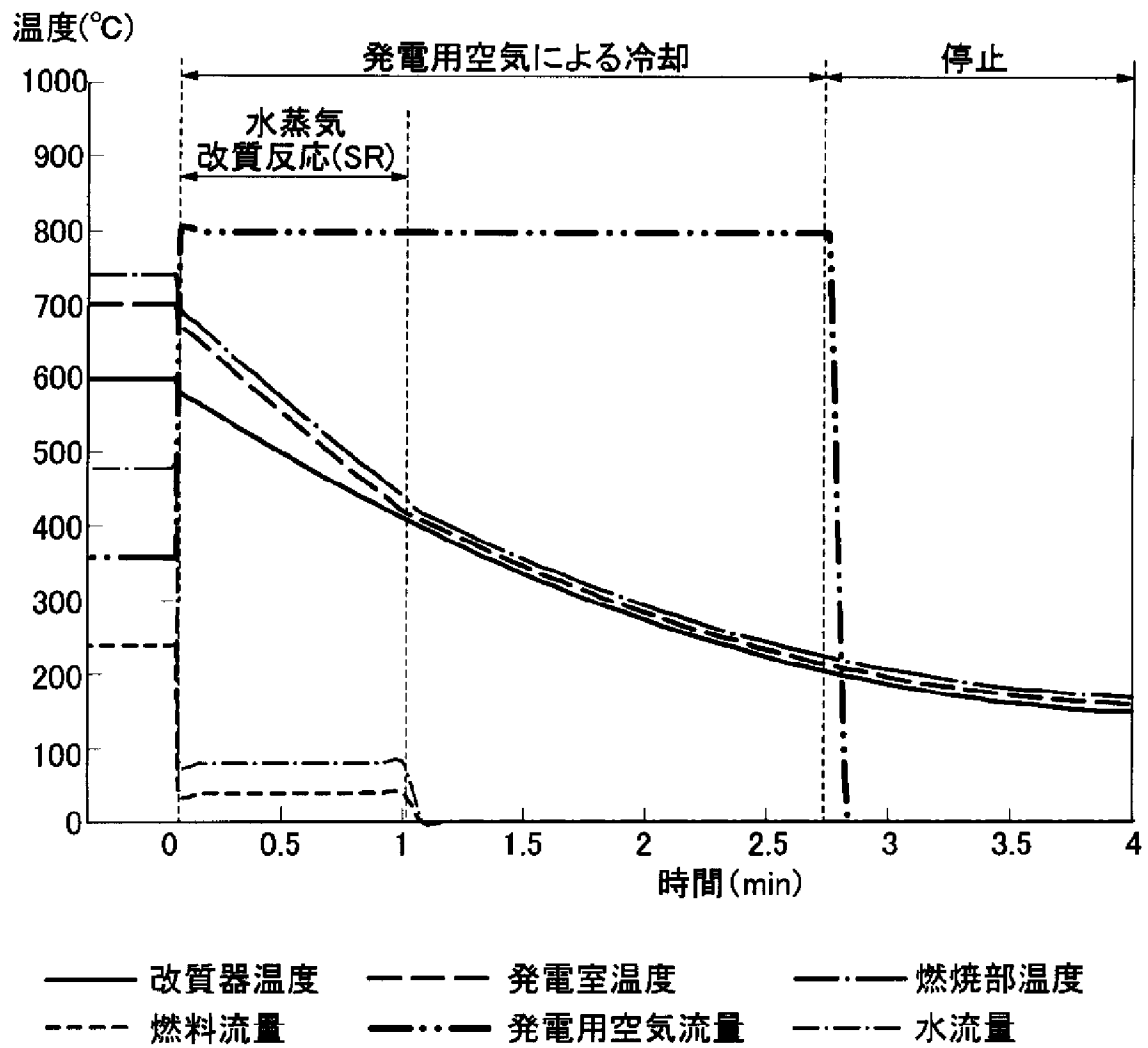
[図7]

FIG.7



[図8]

FIG.8



[図9(A)]

FIG.9(A)

モード	状態	燃料流量 (L/min)	改質用 空気流量 (L/min)	発電用 空気流量 (L/min)	水流量 (cc/min)	移行温度条件(°C)	
						改質器温度Tr	スタック温度Ts
通常起動 モード1	着火時	6.0	10.0	100.0	0.0	-	-
	燃焼運転	6.0	10.0	100.0	0.0	300°C以上	-
	通常起動POX	5.0	18.0	100.0	0.0	600°C以上	250°C以上
	通常起動ATR	4.0	4.0	100.0	3.0	650°C以上	600°C以上
	通常起動SR	3.0	0.0	100.0	8.0	650°C以上	700°C以上
再起動 モード1	着火時	5.5	10.0	100.0	0.0	200°C以上であれば着火。着火後直ちに再起動POX移行	-
	再起動POX	5.5	17.0	100.0	0.0	250°C以上	-
	再起動ATR	5.0	8.0	100.0	2.0	400°C以上	400°C以上
	通常起動ATR	4.0	4.0	100.0	3.0	600°C以上	600°C以上
	通常起動SR	3.0	0.0	100.0	8.0	650°C以上	700°C以上
再起動 モード2	着火時	5.5	10.0	100.0	0.0	200°C以上であれば着火。着火後直ちに再起動ATR移行	-
	再起動ATR	5.5	12.0	100.0	1.0	400°C以上	400°C以上
	通常起動ATR	4.0	4.0	100.0	3.0	600°C以上	600°C以上
	通常起動SR	3.0	0.0	100.0	8.0	650°C以上	700°C以上

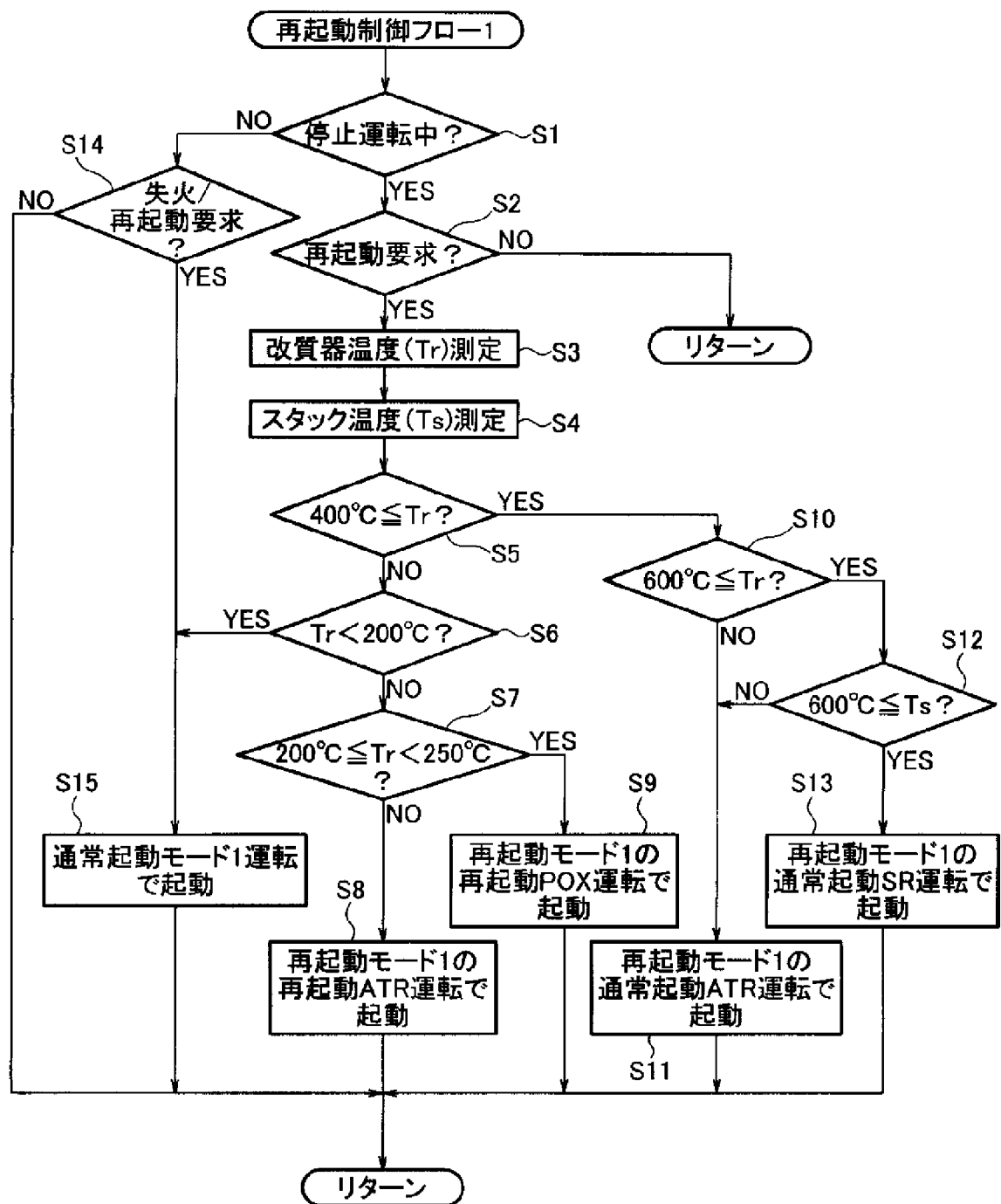
[図9(B)]

FIG.9(B)

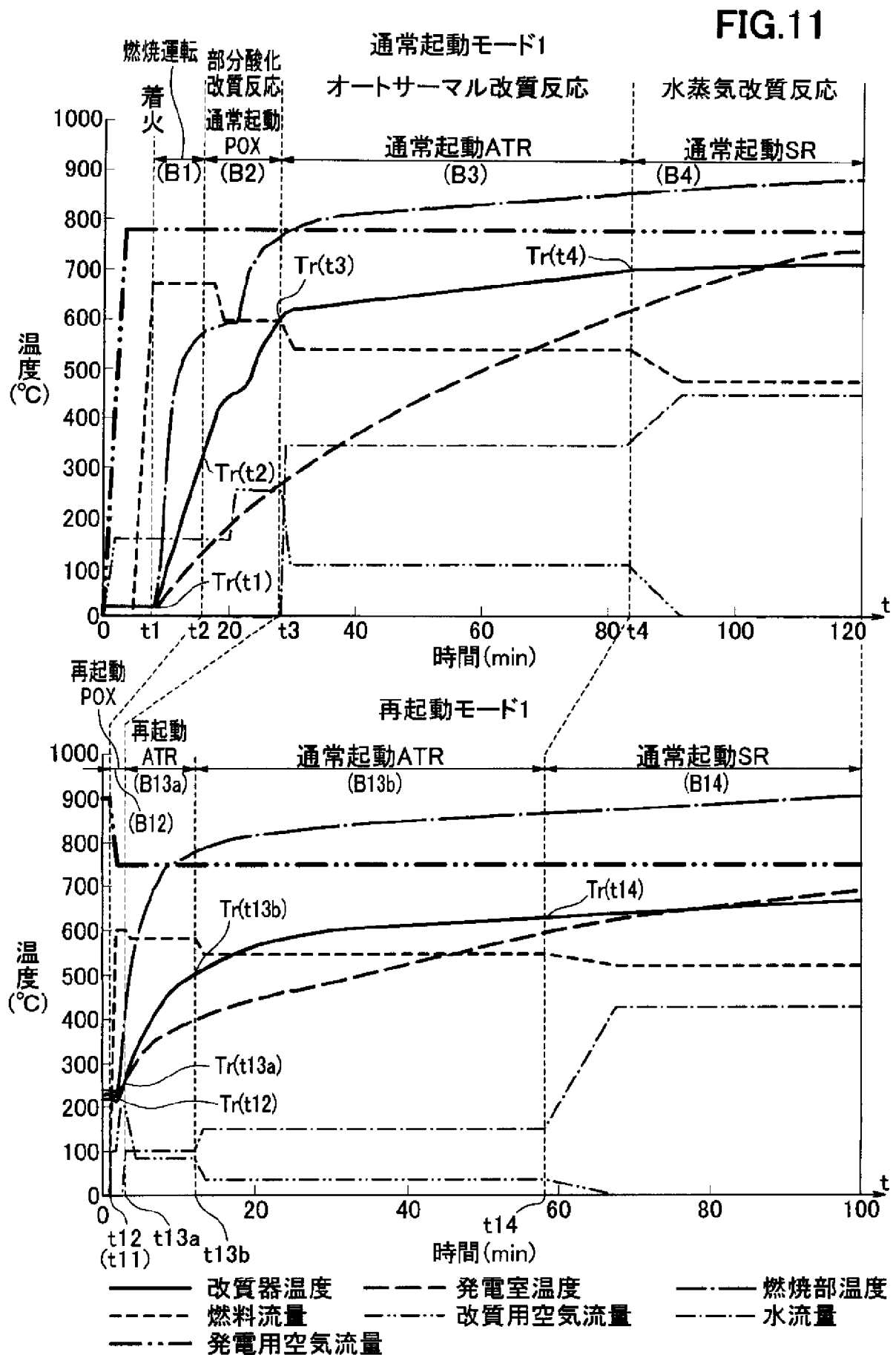
モード	状態	燃料流量	改質用 空気流量	発電用 空気流量	水流量	移行温度条件(°C)	スタック温度Ts
通常起動 モード2	着火時	6.0	10.0	100.0	0.0	—	—
	燃焼運転	6.0	10.0	100.0	0.0	300°C以上	—
	通常起動POX	6.0	18.0	100.0	0.0	600°C以上	250°C以上
	通常起動ATR1	6.0	8.0	100.0	2.0	600°C以上	400°C以上
	通常起動ATR2	4.0	4.0	100.0	3.0	650°C以上	600°C以上
	通常起動SR	3.0	0.0	100.0	8.0	650°C以上	700°C以上
再起動 モード3	着火時	5.5	10.0	100.0	0.0	200°C以上であれば着火。着火後直ちに再起動ATR移行	—
	再起動ATR	5.5	12.0	100.0	1.0	250°C以上 (250°C以下でも再起動ATR移行後30°C昇温すれば通常起動ATR1に移行)	—
	通常起動ATR1	5.0	8.0	100.0	2.0	400°C以上	400°C以上
	通常起動ATR2	4.0	4.0	100.0	3.0	600°C以上	600°C以上
	通常起動SR	3.0	0.0	100.0	8.0	650°C以上	700°C以上
	着火時	5.0	8.0	100.0	0.0	200°C以上であれば着火。着火後直ちに再起動ATR移行	—
再起動 モード4	再起動ATR	5.0	8.0	100.0	2.0	400°C以上	400°C以上
	通常起動ATR1	5.0	8.0	100.0	2.0		
	通常起動ATR2	4.0	4.0	100.0	3.0	600°C以上	600°C以上
	通常起動SR	3.0	0.0	100.0	8.0	650°C以上	700°C以上
	着火時	5.0	8.0	100.0	0.0	200°C以上であれば着火。着火後直ちに再起動ATR移行	—
	再起動ATR	5.0	8.0	100.0	2.0	400°C以上	400°C以上
再起動 モード5	通常起動ATR1	5.0	8.0	100.0	2.0		
	通常起動ATR2	4.0	4.0	100.0	3.0	600°C以上	600°C以上
	通常起動SR	3.0	0.0	100.0	8.0	650°C以上	700°C以上
	着火時	5.5	10.0	100.0	0.0	200°C以上であれば着火。着火後直ちに再起動ATR1移行	—
	再起動ATR1	5.5	12.0	100.0	1.0	250°C以上 (250°C以下でも再起動ATR1移行後30°C昇温すれば再起動ATR2に移行)	—
	再起動ATR2	4.5	7.0	100.0	2.0	400°C以上	400°C以上
再起動 モード5	再起動ATR3	3.5	2.0	100.0	3.0	600°C以上	600°C以上
	通常起動SR	3.0	0.0	100.0	8.0	650°C以上	700°C以上

[図10]

FIG.10

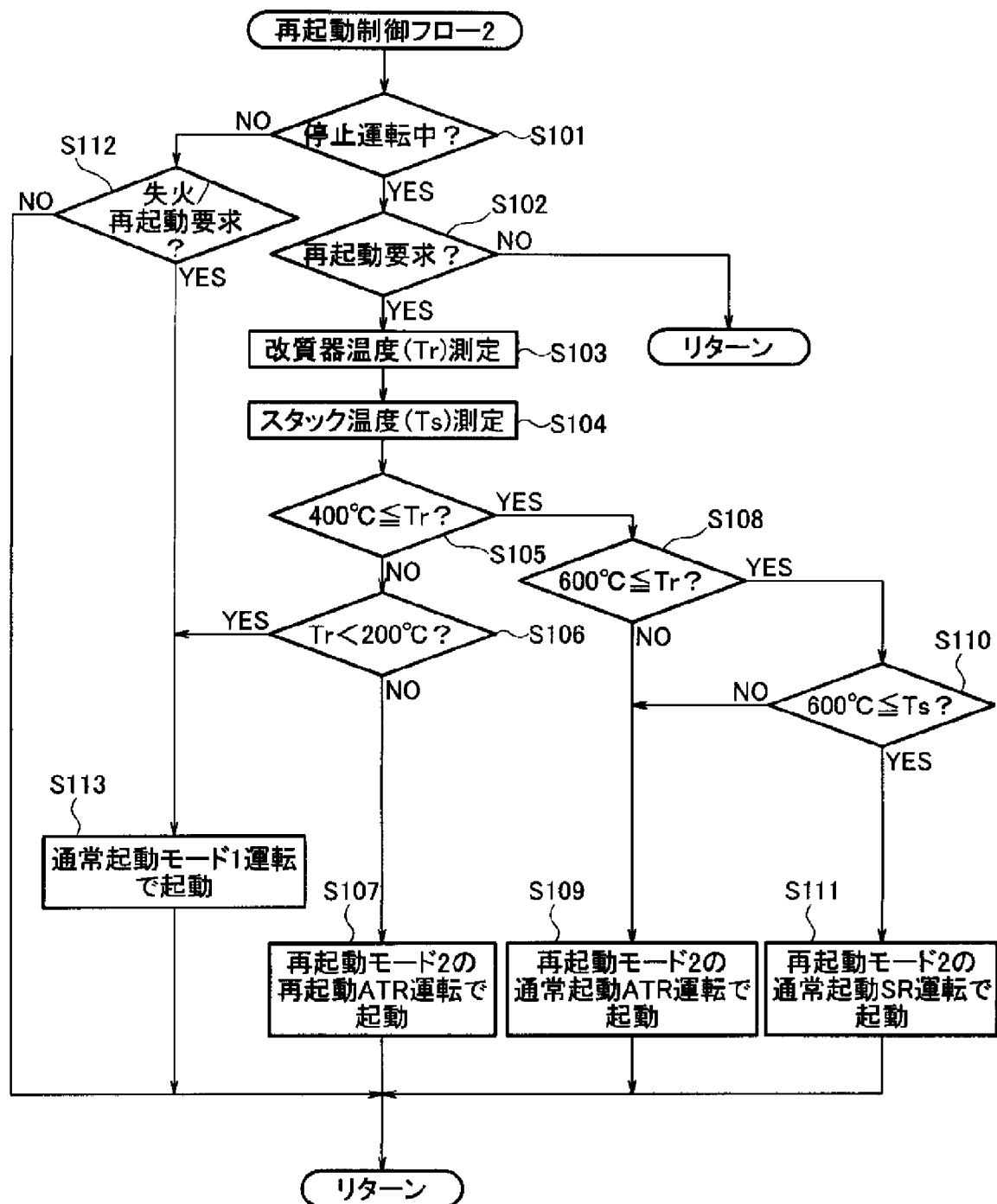


[図11]



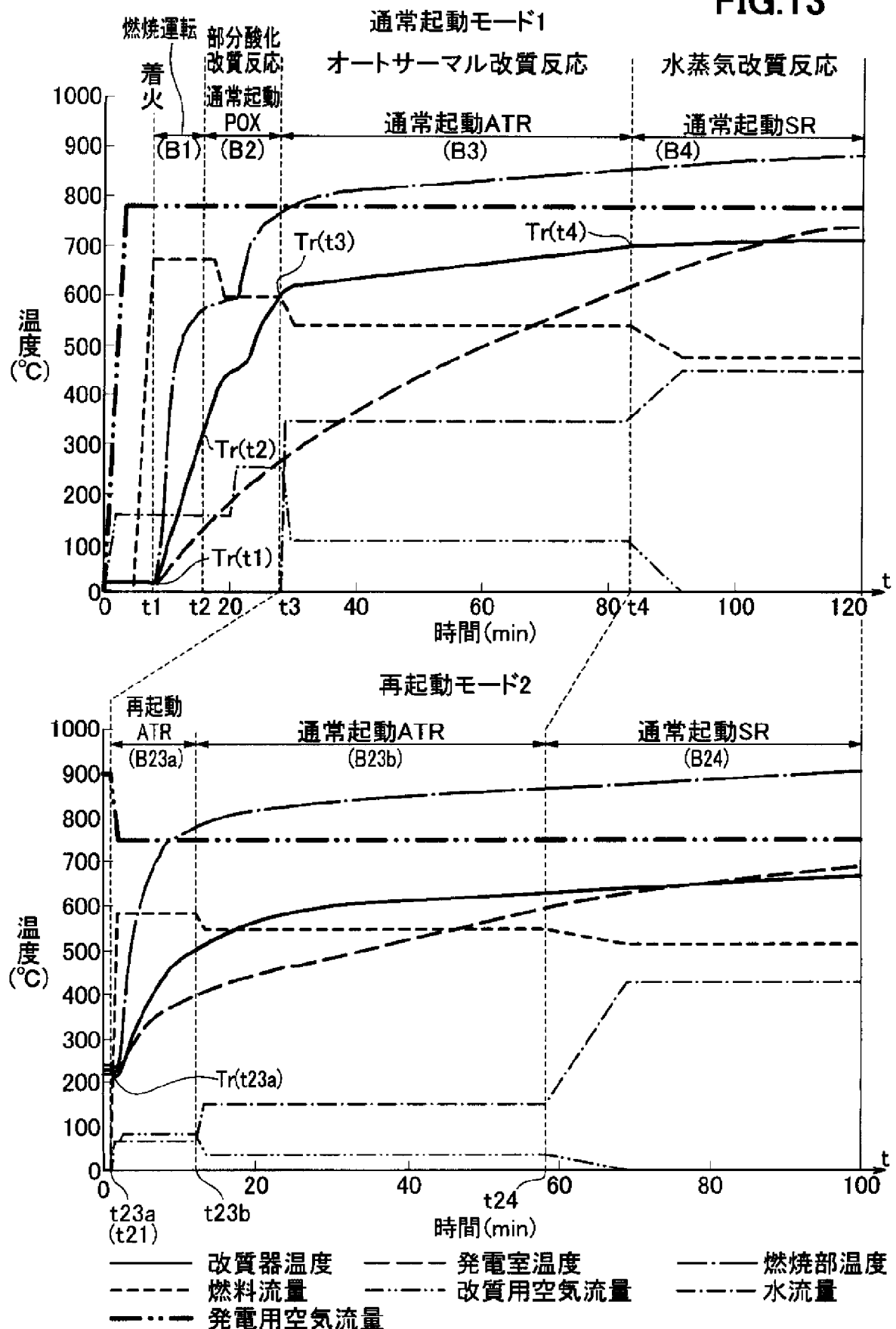
[図12]

FIG.12



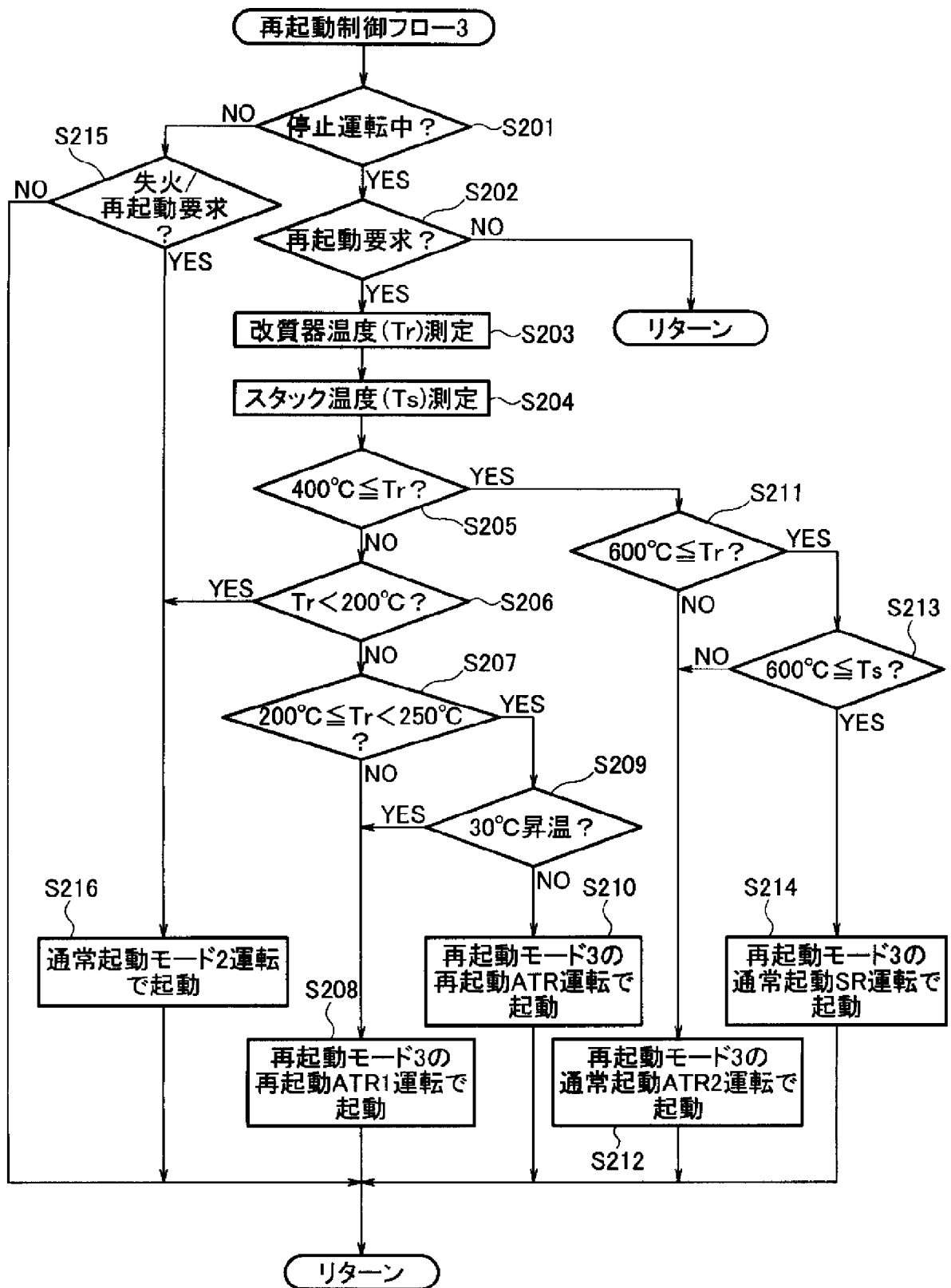
[図13]

FIG.13



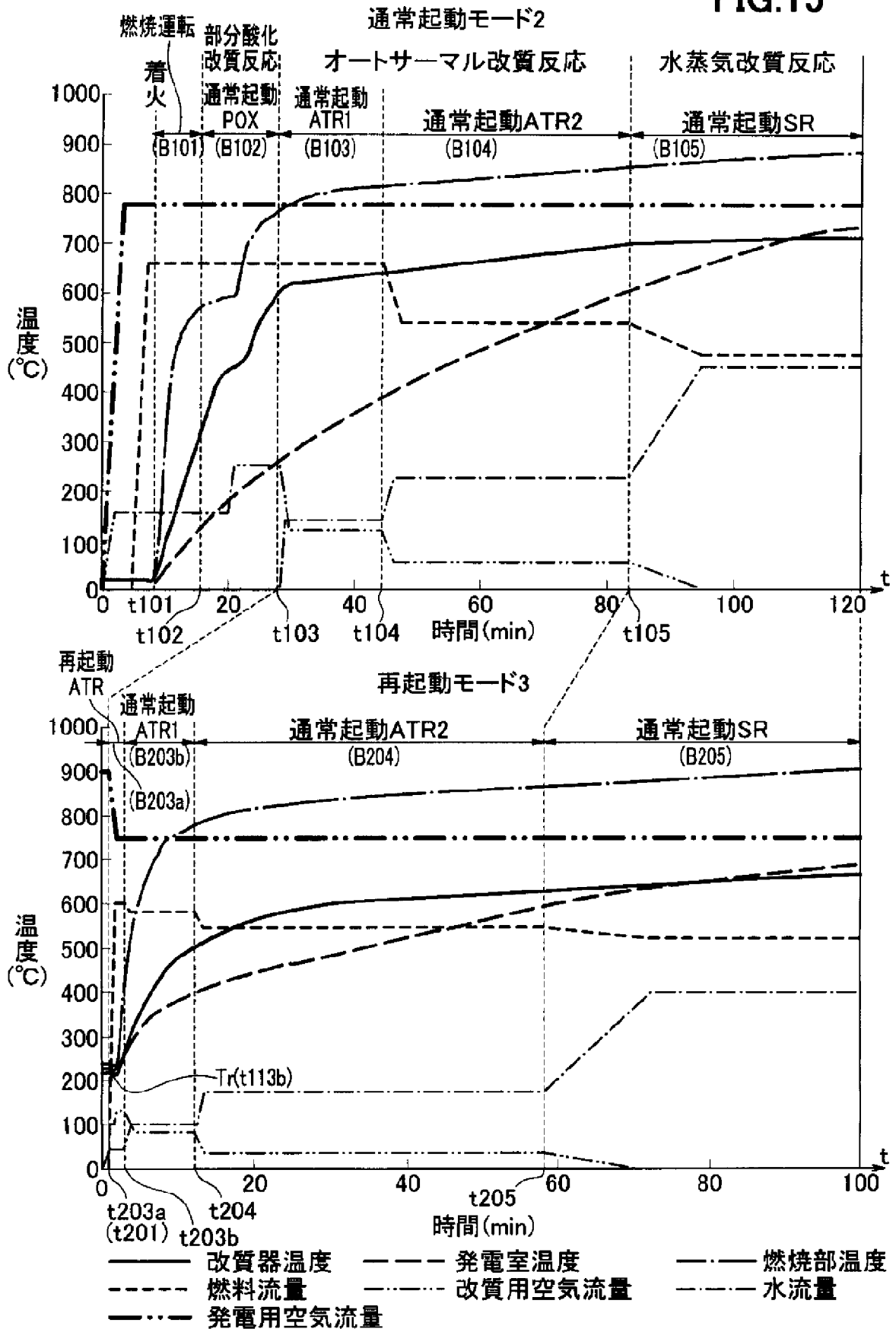
[図14]

FIG.14



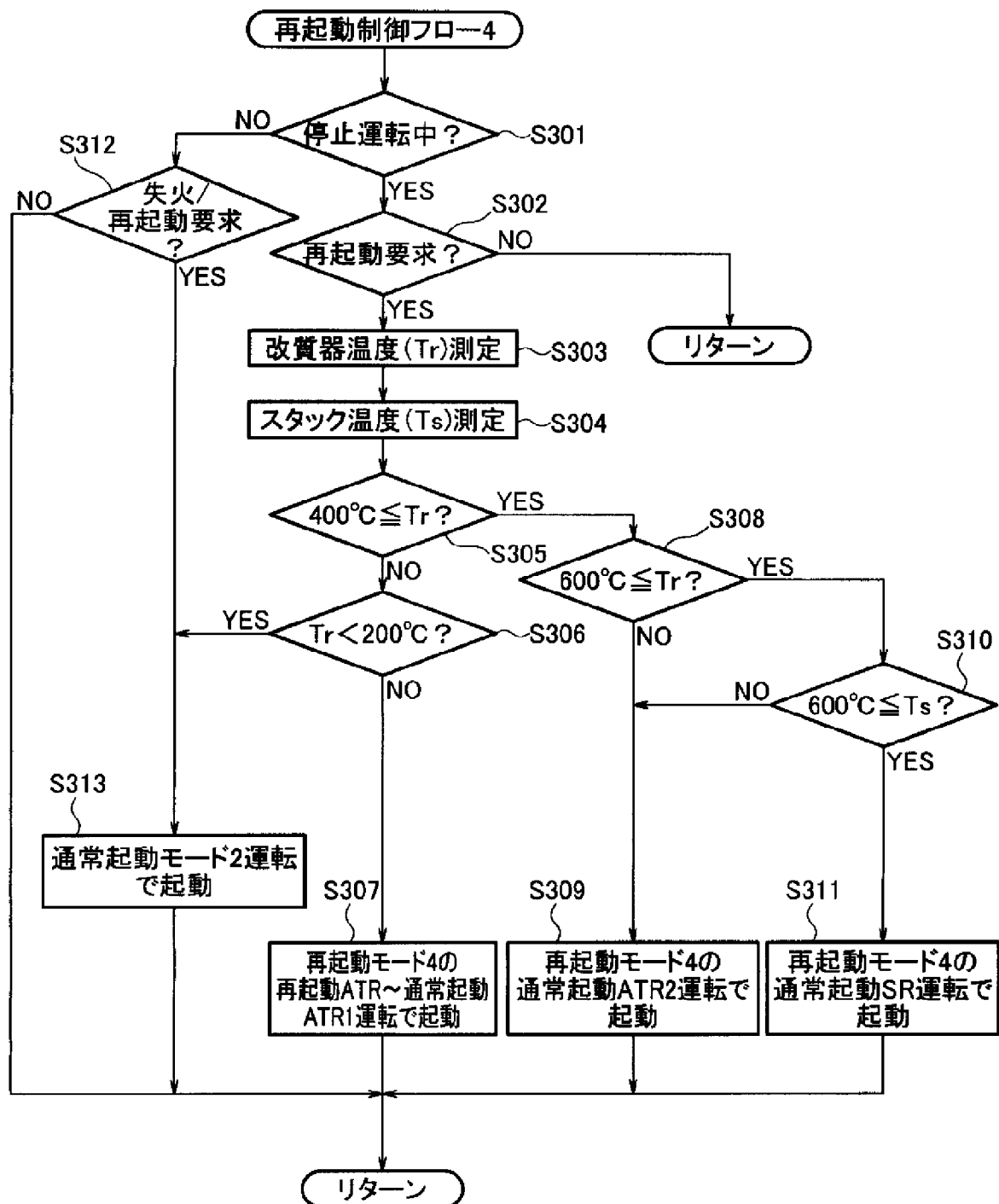
[図15]

FIG.15



[図16]

FIG.16



[図17]

FIG.17

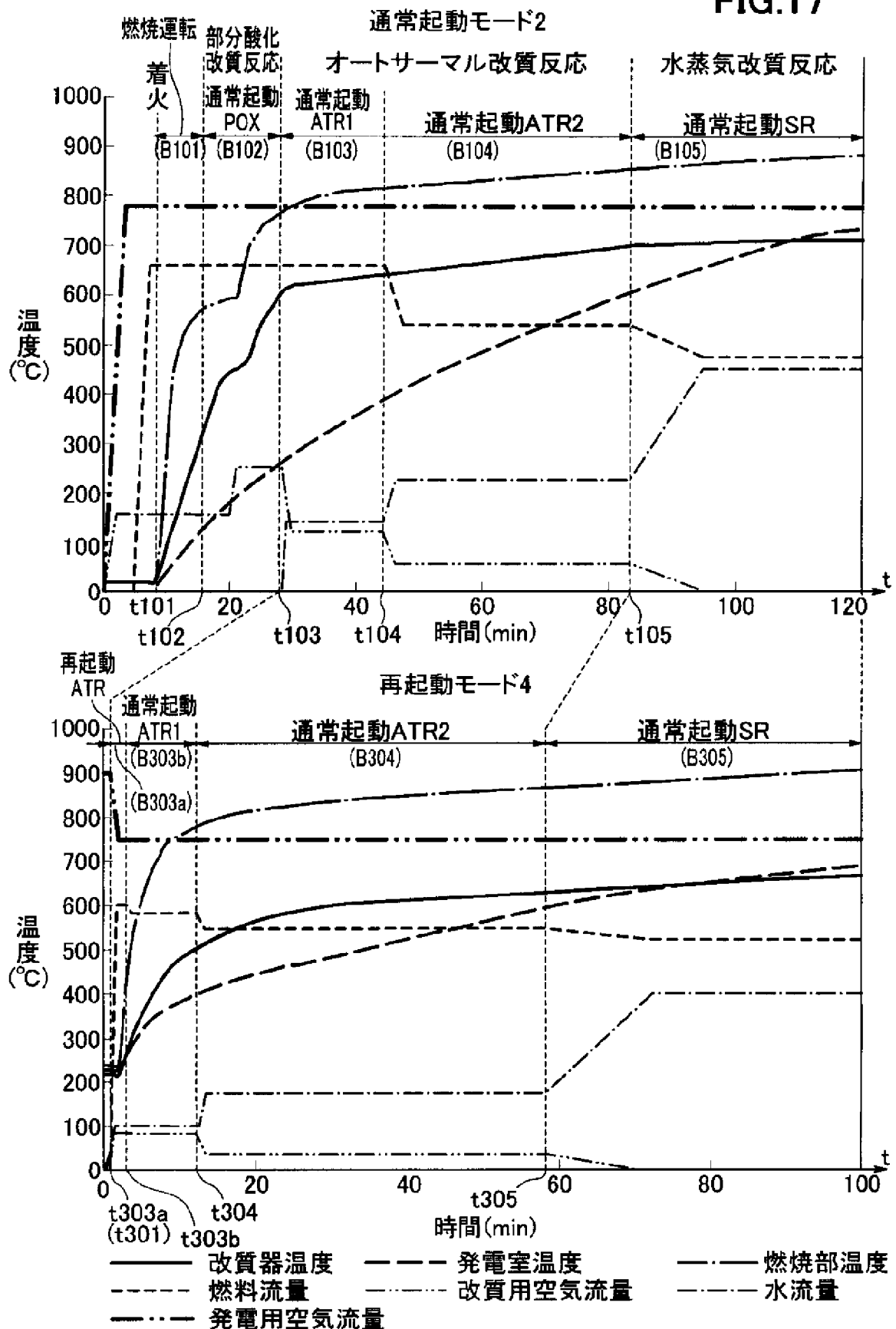
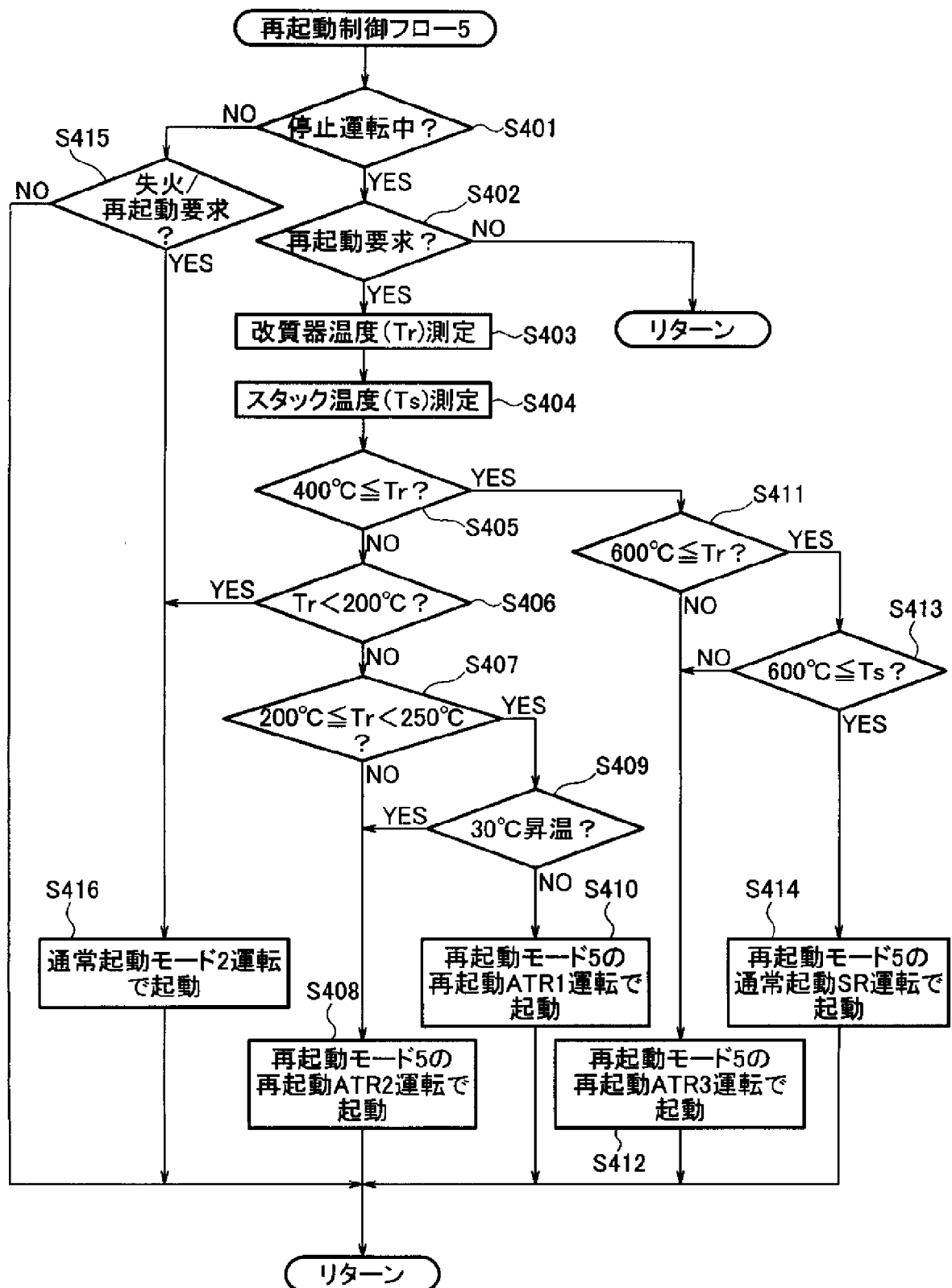
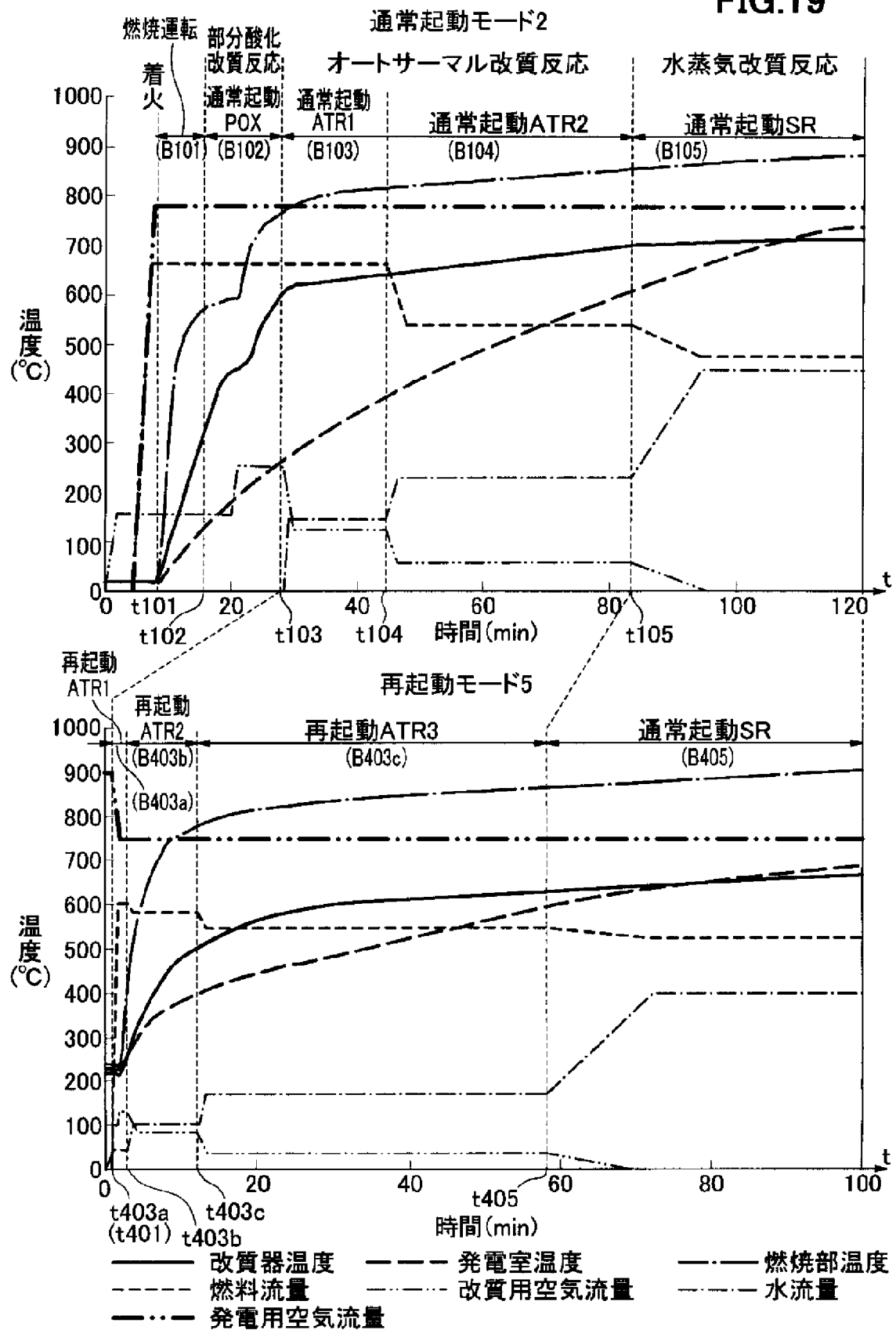


FIG.18



[図19]

FIG.19



[図20]

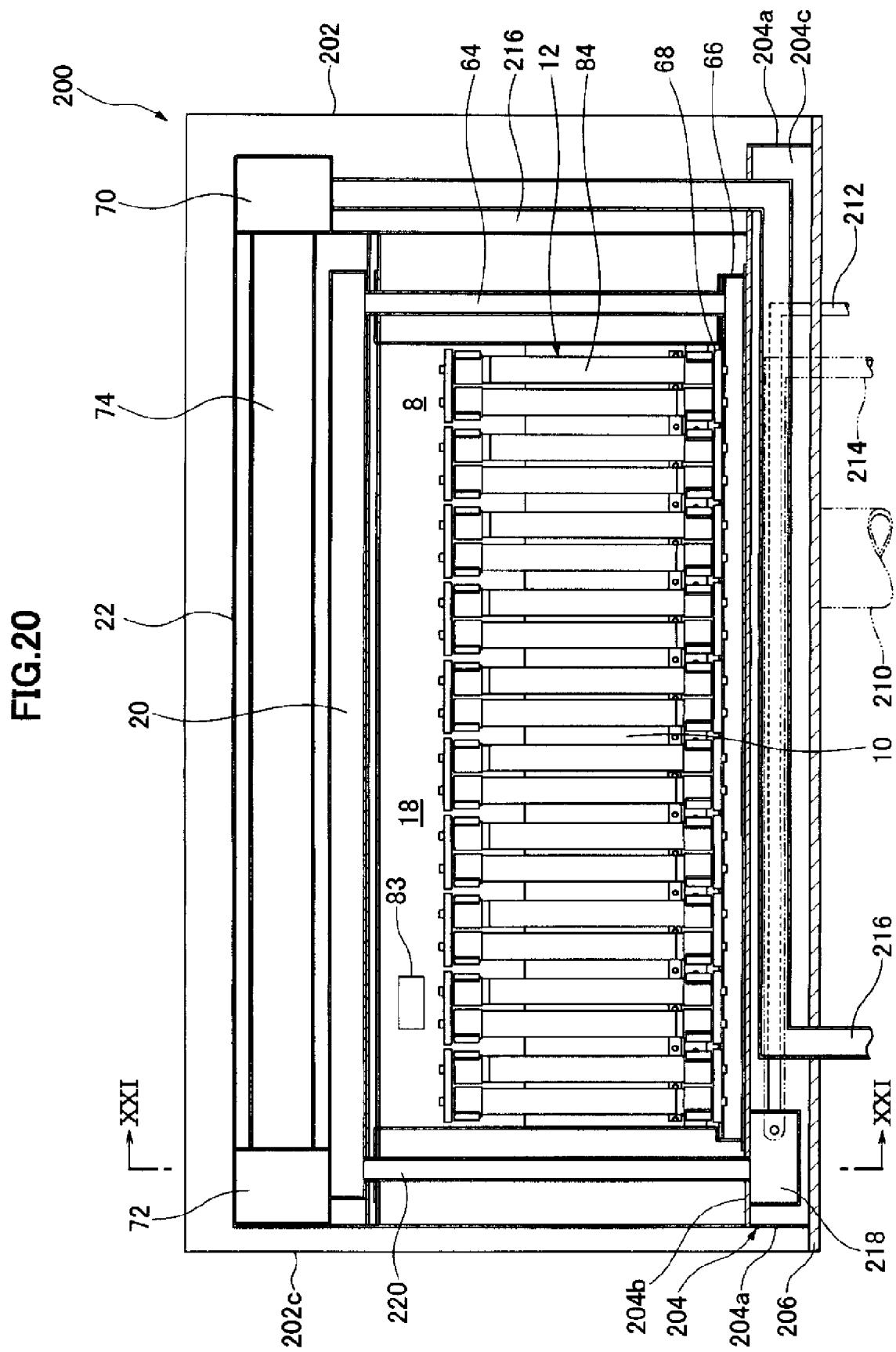
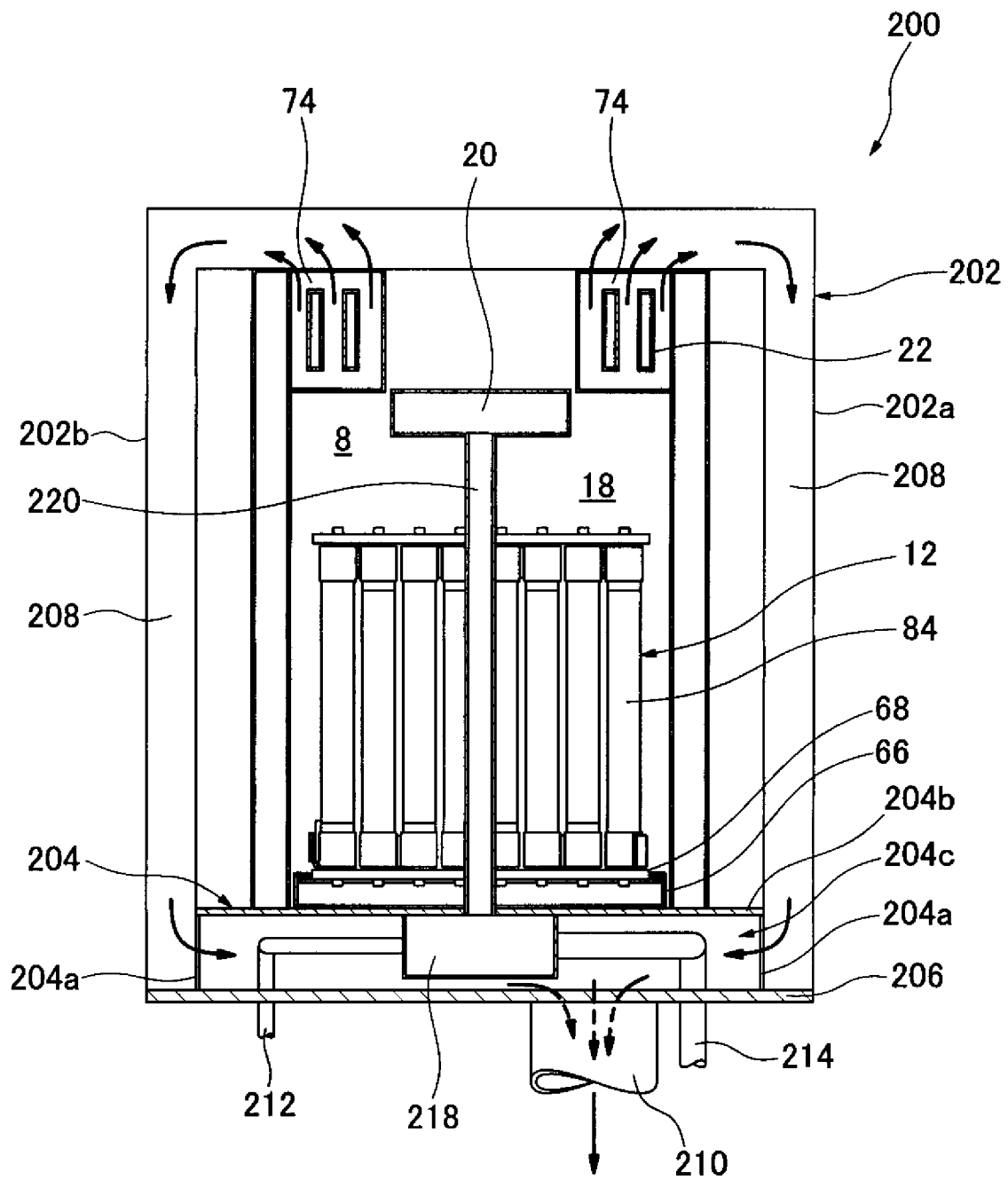
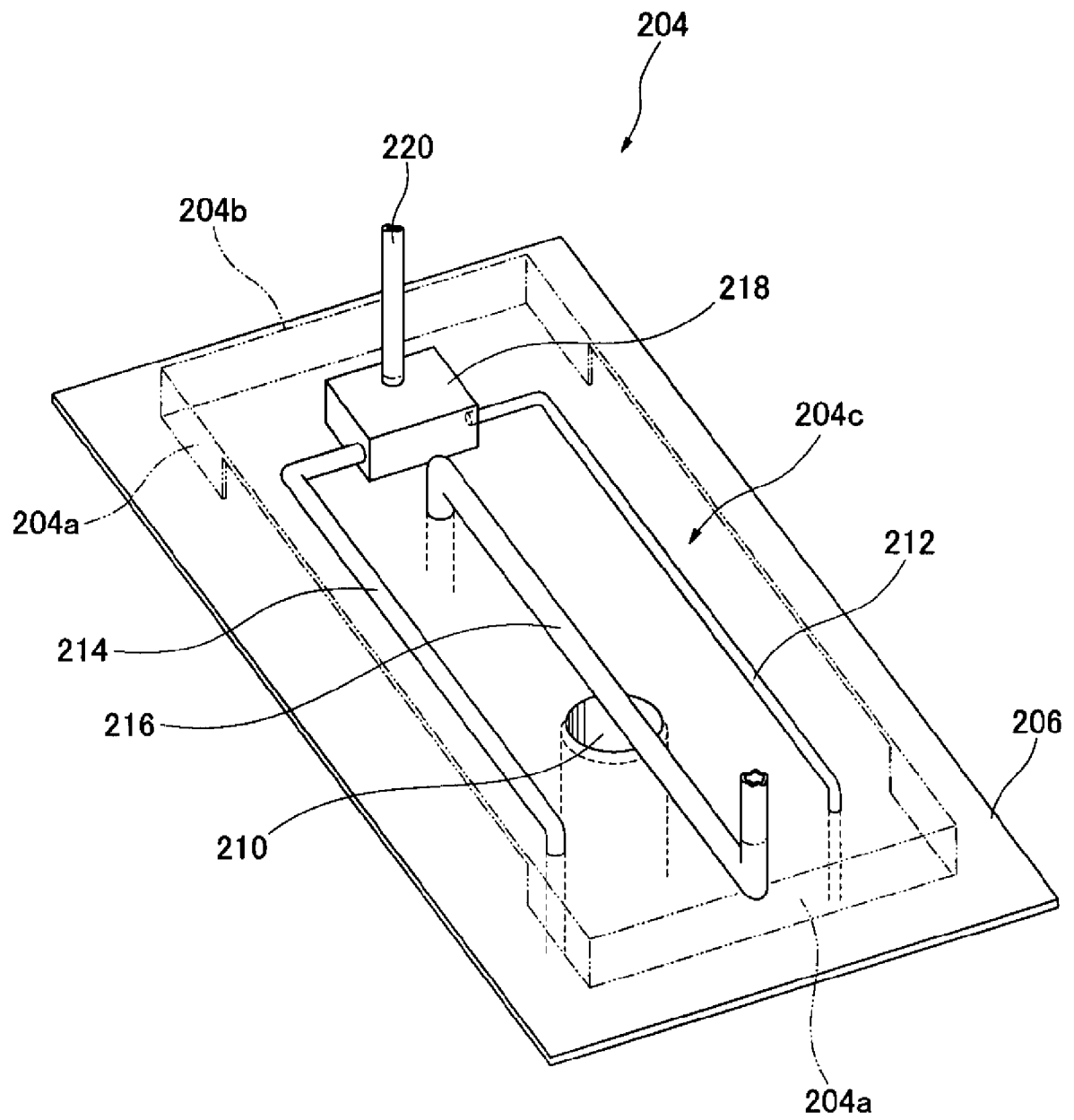


FIG.21



[図22]

FIG.22



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/055907

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01M8/04(2006.01)i, C01B3/38(2006.01)i, H01M8/06(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, C01B3/38, H01M8/06, H01M8/12

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

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

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2004-319420 A (Kyocera Corp.), 11 November 2004 (11.11.2004), entire text (Family: none)	1, 13, 16 2-12, 14-15
Y A	JP 2008-243597 A (Kyocera Corp.), 09 October 2008 (09.10.2008), entire text (Family: none)	1, 13, 16 2-12, 14-15
Y A	JP 2004-338975 A (Mitsubishi Kakoki Kaisha, Ltd.), 02 December 2004 (02.12.2004), entire text (Family: none)	1, 13, 16 2-12, 14-15



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

12 July, 2010 (12.07.10)

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/JP2010/055907

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2003-95611 A (Toyota Motor Corp.), 03 April 2003 (03.04.2003), entire text (Family: none)	1, 13, 16 2-12, 14-15
A	JP 2006-190605 A (Nippon Oil Corp.), 20 July 2006 (20.07.2006), entire text & US 2009/291335 A & EP 1840997 A1 & WO 2006/73150 A1	1-16
A	JP 2007-311072 A (Acumentrics Corp.), 29 November 2007 (29.11.2007), entire text & WO 2007/137068 A1	1-16
A	JP 2006-86016 A (Kyocera Corp.), 30 March 2006 (30.03.2006), entire text (Family: none)	1-16

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, C01B3/38(2006.01)i, H01M8/06(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, C01B3/38, H01M8/06, 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 日本国公開実用新案公報 日本国実用新案登録公報 日本国登録実用新案公報 1 9 2 2－1 9 9 6 年 1 9 7 1－2 0 1 0 年 1 9 9 6－2 0 1 0 年 1 9 9 4－2 0 1 0 年			
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示		関連する 請求項の番号
Y A	JP 2004-319420 A（京セラ株式会社）2004.11.11, 全文 （ファミリーなし）		1, 13, 16 2-12, 14-15
Y A	JP 2008-243597 A（京セラ株式会社）2008.10.09, 全文 （ファミリーなし）		1, 13, 16 2-12, 14-15
Y A	JP 2004-338975 A（三菱化工機株式会社）2004.12.02, 全文 （ファミリーなし）		1, 13, 16 2-12, 14-15
☒ 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 1 2 . 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） 原 賢一 電話番号 0 3－3 5 8 1－1 1 0 1 内線 3 4 7 7	4 X 9 0 6 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
Y A	JP 2003-95611 A (トヨタ自動車株式会社) 2003.04.03, 全文 (ファミリーなし)	1, 13, 16 2-12, 14-15
A	JP 2006-190605 A (新日本石油株式会社) 2006.07.20, 全文 &US 2009/291335 A&EP 1840997 A1&WO 2006/73150 A1	1-16
A	JP 2007-311072 A (アキュメントリクス・コーポレーション) 2007.11.29, 全文&WO 2007/137068 A1	1-16
A	JP 2006-86016 A (京セラ株式会社) 2006.03.30, 全文 (ファミリーなし)	1-16