

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2022年1月27日(27.01.2022)



(10) 国際公開番号

WO 2022/018473 A1

(51) 国際特許分類:
H01M 8/04701 (2016.01)

(21) 国際出願番号: PCT/IB2020/000625

(22) 国際出願日: 2020年7月21日(21.07.2020)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人: 日産自動車株式会社(NISSAN MOTOR CO., LTD.) [JP/JP]; 〒2210023 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 Kanagawa (JP). ルノー エス. ア. エス.(RENAULT S.A.S.) [FR/FR]; 〒92100 ブローニュ・ビヤンクール ケルガロ13-15 Boulogne-Billancourt (FR).

(72) 発明者: 島田 一秀 (SHIMADA, Kazuhide); 〒2430123 神奈川県厚木市森の里青山1-1 日産自動車株式会社 知的財産部内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人後藤特許事務所, 外(GOTOH & PARTNERS et al.); 〒1000013 東

京都千代田区霞が関三丁目3番1号
尚友会館 Tokyo (JP).

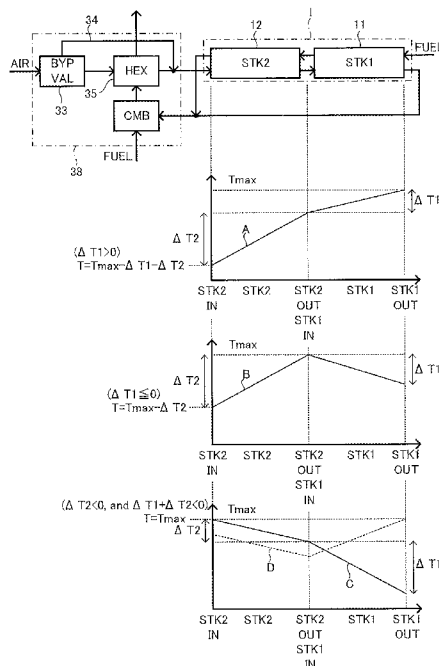
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,

(54) Title: FUEL CELL SYSTEM

(54) 発明の名称: 燃料電池システム

[図1]



(57) Abstract: This fuel cell system comprises a fuel cell module including a first fuel cell and a second fuel cell, and an oxidizer gas temperature adjustment device that adjusts the temperature of an oxidizer gas to be supplied to the fuel cell module, at least the first fuel cell being capable of reforming a fuel gas, wherein: the fuel cell system includes a temperature control means that sets a target temperature of the oxidizer gas to be supplied to the fuel cell module and controls the oxidizer gas temperature adjustment device on the basis of the target temperature so that the temperature of the first fuel cell and the temperature of the second fuel cell do not exceed a predetermined upper limit temperature; and when the target temperature is T, the upper limit temperature is Tmax, a difference obtained by subtracting an inlet temperature of the first fuel cell from an outlet temperature thereof is $\Delta T1$, and a difference obtained by subtracting an inlet temperature of the second fuel cell from an outlet temperature thereof is $\Delta T2$, the temperature control means calculates the target temperature T as $T = Tmax - \Delta T1 - \Delta T2$ ($\Delta T1 > 0$), $T = Tmax - \Delta T2$ ($\Delta T1 \leq 0$), $T = Tmax$ ($\Delta T2 < 0$, and $\Delta T1 + \Delta T2 < 0$).



LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS,
SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：第1燃料電池及び第2燃料電池を含む燃料電池モジュールと、燃料電池モジュールに供給する酸化剤ガスの温度を調整する酸化剤ガス温度調整装置と、を含み、少なくとも、第1燃料電池が燃料ガスを改質可能な燃料電池システムにおいて、第1燃料電池の温度及び第2燃料電池の温度が所定の上限温度を超えないように、燃料電池モジュールに供給する酸化剤ガスの目標温度を設定し、当該目標温度に基づいて酸化剤ガス温度調整装置を制御する温度制御手段を含み、温度制御手段は、目標温度を T 、上限温度を $T_{\max}$ 、第1燃料電池の出口温度から入口温度を減算した差分を ΔT_1 、第2燃料電池の出口温度から入口温度を減算した差分を ΔT_2 としたとき、目標温度 T を $T=T_{\max}-\Delta T_1-\Delta T_2$ ($\Delta T_1>0$)、 $T=T_{\max}-\Delta T_2$ ($\Delta T_1\leq 0$)、 $T=T_{\max}$ ($\Delta T_2<0$, 且つ $\Delta T_1+\Delta T_2<0$) として算出する。

明 細 書

発明の名称：燃料電池システム

技術分野

[0001] この発明は、燃料電池システムに関する。

背景技術

[0002] US 2012/0034538 Aは、直列配置された第1燃料電池、第2燃料電池を備える燃料電池システムにおいて、第2燃料電池の温度が上昇したときはカソードに供給する空気流量を増加させ、第1燃料電池の温度が上昇したときはカソードに供給する空気流量を増加させるか第2燃料電池を迂回して第1燃料電池に接続するバイパス流路における空気流量を増加させることで、第1燃料電池及び第2燃料電池の温度を調整する構成を開示している。

発明の概要

[0003] しかし、上記構成を実施する場合、第1燃料電池の温度の検出と第2燃料電池の温度の検出が必要となる。一般的に燃料電池の温度を検出する場合は、燃料電池のカソードの出口温度を検出するが、第2燃料電池のカソードの出口、すなわち第1燃料電池と第2燃料電池の間にセンサを配置することはシステムの大型化あるいはコストの増加を招くことになる。

[0004] そこで、本発明は、直列配置された燃料電池を含む燃料電池システムであって、簡易な構成で燃料電池の温度調整が可能な燃料電池システムを提供することを目的とする。

[0005] 本発明のある態様によれば、直列配置された第1の燃料電池及び第2の燃料電池を含むとともに、燃料ガスの流通方向が第1の燃料電池から第2の燃料電池に向かう方向であり、酸化剤ガスの流通方向が第2の燃料電池から第1の燃料電池に向かう方向となっている燃料電池モジュールと、燃料電池モジュールに供給する酸化剤ガスの温度を調整する酸化剤ガス温度調整装置と、を含み、少なくとも、第1の燃料電池が燃料ガスを改質可能な燃料電池シ

ステムにおいて、第1の燃料電池の温度及び第2の燃料電池の温度が所定の上限温度を超えないように、燃料電池モジュールに供給する酸化剤ガスの目標温度を設定し、当該目標温度に基づいて酸化剤ガス温度調整装置を制御する温度制御手段を含み、温度制御手段は、目標温度を T 、上限温度を T_{max} 、第1の燃料電池の出口温度から入口温度を減算した差分を ΔT_1 、第2の燃料電池の出口温度から入口温度を減算した差分を ΔT_2 としたとき目標温度 T を $T = T_{max} - \Delta T_1 - \Delta T_2$ ($\Delta T_1 > 0$)、 $T = T_{max} - \Delta T_2$ ($\Delta T_1 \leq 0$)、 $T = T_{max}$ ($\Delta T_2 < 0$ 、且つ $\Delta T_1 + \Delta T_2 < 0$)として算出する。

図面の簡単な説明

[0006] [図1]図1は、本発明を簡易に説明するためのブロック図と、燃料電池スタック内の温度分布を示す図である。

[図2]図2は、本実施形態の燃料電池システムの主要構成を示すブロック図である。

[図3]図3は、目標空気流量と目標取り出し電力との関係を示すマップである。

[図4]図4は、目標燃料流量と目標取り出し電力との関係を示すマップである。

[図5]図5は、目標部分酸化反応用空気流量と目標取り出し電力との関係を示すマップである。

[図6]図6は、空気温度制御部の制御フロー図である。

発明を実施するための形態

[0007] 以下、本発明の実施形態について図面を参照しながら説明する。

[0008] <本発明の基本動作>

図1は、本発明を簡易に説明するためのブロック図と、燃料電池スタック内の温度分布を示す図である。

[0009] 図1に示すように、本発明の燃料電池システムは、2つの燃料電池スタック、すなわち第1燃料電池スタック11（第1燃料電池、STK1）と第2

燃料電池スタック 1 2（第 2 燃料電池、STK 2）がガス流路について直列となるように配置され、アノードガス（燃料ガス）が第 1 燃料電池スタック 1 1 から第 2 燃料電池スタック 1 2 に流れるように構成され、カソードガス（酸化剤ガス）が第 2 燃料電池スタック 1 2 から第 1 燃料電池スタック 1 1 に流れるように構成された燃料電池モジュール 1 を備えている。すなわち、燃料電池モジュール 1 では、2 つのスタックである第 1 燃料電池スタック 1 1 と第 2 燃料電池スタック 1 2 間の、アノードガスの流通方向とカソードガスの流通方向が互いに逆向きとなっている。

[0010] 燃料電池モジュール 1 において、第 1 燃料電池スタック 1 1 のアノードの入口がアノードガスの入口となっており、第 2 燃料電池スタック 1 2 のカソードの入口がカソードガスの入口となっている。第 1 燃料電池スタック 1 1 のアノードの出口と第 2 燃料電池スタック 1 2 のアノードの入口とが互いに接続され、第 2 燃料電池スタック 1 2 のカソードの出口と第 1 燃料電池スタック 1 1 のカソードの入口とが互いに接続されている。

[0011] また本発明の燃料電池システムは、燃料電池モジュール 1 に供給するカソードガスの温度を調整する温度調整装置 3 8（酸化剤ガス温度調整装置）を備えるが、詳細は後述する。

[0012] 本発明の燃料電池システムにおいて、第 1 燃料電池スタック 1 1（及び第 2 燃料電池スタック 1 2）には、燃料ガスを改質可能な触媒が配置されている。第 1 燃料電池スタック 1 1 は、燃料ガスを、水素を包含するアノードガス（改質燃料）に改質し、改質したアノードガスと第 2 燃料電池スタック 1 2 から供給されたカソードガスにより発電するとともに、余剰のアノードガスを第 2 燃料電池スタック 1 2 に供給する。また、発電反応に用いたカソードガスはカソードオフガスとして温度調整装置 3 8 を構成する燃焼器 4 に排出する。

[0013] 第 2 燃料電池スタック 1 2 は、第 1 燃料電池スタック 1 1 から供給されたアノードガスと温度調整装置 3 8 から供給されたカソードガスにより発電する。そして、第 2 燃料電池スタック 1 2 は、発電で使用したカソードガスを

第1燃料電池スタック11に供給し、発電で用いたアノードガスをアノードオフガスとして燃焼器4に供給する。

[0014] 第1燃料電池スタック11及び第2燃料電池スタック12は、温度を上昇させるほど発電効率が向上する。しかし、第1燃料電池スタック11及び第2燃料電池スタック12には耐熱等の理由により上限温度（例えば800℃）が設定されている。

[0015] よって、第1燃料電池スタック11の温度（第1燃料電池スタック11のカソードの出口温度）、及び第2燃料電池スタック12の温度（第2燃料電池スタック12のカソードの出口温度）が、当該上限温度を超えないように、且つ発電反応を十分に行えるようにカソードガスの温度を調整する必要がある。

[0016] 本願発明では、例えば第2燃料電池スタック12のカソードの入口温度（当該カソードの入口におけるカソードガスの温度）を目標温度とし、当該目標温度により、第1燃料電池スタック11及び第2燃料電池スタック12の温度が上限温度を超えないように温度調整装置38を制御する。これにより、温度検知手段（図2の温度センサ51）の数を削減してシステムを小型化することができる。なお、目標温度は、後述の目標温度演算部753（図2）が演算する。

[0017] ところで、第1燃料電池スタック11及び第2燃料電池スタック12で発生する発電反応は発熱反応であるが、第1燃料電池スタック11で発生する改質反応は吸熱反応である。また、カソードガスは上記の温度調整装置38で加熱されるものであるが、発電反応、改質反応の大きさ等により、第1燃料電池スタック11及び第2燃料電池スタック12において加熱される場合のみならず、冷却される場合もある。したがって、図1に示すように、カソードガスの温度分布は、以下のようにA-Dのようになる場合がある。

[0018] Aは、第1燃料電池スタック11及び第2燃料電池スタック12への負荷（発電量）が大きく、第1燃料電池スタック11において改質反応による吸熱量よりも発電反応による発熱量の方が十分に大きくなっており、さらに第

1 燃料電池スタック 1 1 及び第 2 燃料電池スタック 1 2 の温度（カソードの出口温度）が温度調整装置 3 8 から供給されるカソードガスの温度よりも高くなっている場合である。この場合、温度調整装置 3 8 から供給されたカソードガスの温度は、カソードガスの流路を下流に向かうにつれて上昇し、第 1 燃料電池スタック 1 1 のカソードの出口で最も高い温度となる。

[0019] ここで、第 1 燃料電池スタック 1 1 の出口温度から入口温度を減算した差を ΔT_1 、第 2 燃料電池スタック 1 2 の出口温度から入口温度を減算した差を ΔT_2 とすると、A の場合は、 $\Delta T_1 > 0$ 、 $\Delta T_2 > 0$ となる。

[0020] したがって、目標温度を T 、上限温度を T_{max} とすると、目標温度演算部 7 5 3（図 2）は、目標温度 T を、 $T = T_{max} - \Delta T_1 - \Delta T_2$ により算出することで、最高温度となる第 1 燃料電池スタック 1 1 のカソードの出口温度を上限温度 T_{max} に設定できる。

[0021] B は、第 1 燃料電池スタック 1 1 及び第 2 燃料電池スタック 1 2 への負荷（発電量）が A の場合よりも小さくなっており、例えば第 1 燃料電池スタック 1 1 における改質反応による吸熱量と発電反応による発熱量が同程度となっている場合である。このとき、第 2 燃料電池スタック 1 2 の温度は温度調整装置 3 8 から供給されるカソードガスの温度よりも高い状態であるが、第 1 燃料電池スタック 1 1 の温度が第 2 燃料電池スタック 1 2 から排出されたカソードガスの温度以下となる。よって、カソードガスの温度は、第 2 燃料電池スタック 1 2 のカソードの出口で最も高い温度となる。なお、この場合、 $\Delta T_1 \leq 0$ 、 $\Delta T_2 > 0$ となっている。

[0022] したがって、目標温度演算部 7 5 3（図 2）は、目標温度 T を、 $T = T_{max} - \Delta T_2$ により算出することで、最高温度となる第 2 燃料電池スタック 1 2 のカソードの出口温度（すなわち、第 1 燃料電池スタック 1 1 のカソードの入口温度）を上限温度 T_{max} に設定できる。

[0023] C は、第 1 燃料電池スタック 1 1 及び第 2 燃料電池スタック 1 2 への負荷（発電量）が急激に小さくなり、第 2 燃料電池スタック 1 2 の温度が温度調整装置 3 8 から供給されるカソードガスの温度よりも低くなる場合である。

このとき、 $\Delta T_2 < 0$ 、且つ $\Delta T_1 + \Delta T_2 < 0$ となる温度分布が発生し得る。ここで、 ΔT_1 は、 $\Delta T_1 < 0$ となる場合、または $\Delta T_1 > 0$ であってその絶対値が ΔT_2 よりも小さい場合を包含する。この場合、カソードガスの温度は、第2燃料電池スタック12のカソードの入口が最も高い温度となる。

[0024] したがって、目標温度演算部753（図2）は、目標温度 T を、 $T = T_{max}$ により算出することで、最高温度となる第2燃料電池スタック12のカソードの入口温度を上限温度 T_{max} に設定できる。

[0025] Dは、Cと同様の場面であるが、例えば第1燃料電池スタック11の熱容量が第2燃料電池スタック12の熱容量よりも大きく、第1燃料電池スタック11の温度低下が小さい場合に発生する。このとき、 $\Delta T_2 < 0$ であるが、 $\Delta T_1 + \Delta T_2 \geq 0$ となる温度分布が発生する。この場合、第1燃料電池スタック11のカソードの出口温度が最も高い温度となる。

[0026] したがって、目標温度演算部753（図2）は、目標温度 T を、 $T = T_{max} - \Delta T_1 - \Delta T_2$ により算出することで、最高温度となる第1燃料電池スタック11のカソードの出口温度を上限温度 T_{max} に設定できる。ここで $\Delta T_1 > 0$ であるので、Dにおける目標温度 T の設定条件は、Aと同様となる。

[0027] 後述のように、 ΔT_1 及び ΔT_2 は算出することができる。したがって、第1燃料電池スタック11及び第2燃料電池スタック12に対する負荷等に依じて ΔT_1 及び ΔT_2 を算出することで第1燃料電池スタック11及び第2燃料電池スタック12において最高温度となる位置がどの位置になるかを判断し、当該位置の温度が上限温度 T_{max} に設定できるように目標温度 T の演算式を切り替えるようにしている。これにより、第1燃料電池スタック11及び第2燃料電池スタック12の過温度防止と高温化を実現することができる。

[0028] 以上のように、目標温度演算部753（図2）は、目標温度 T を以下の数式1のように場合分けして算出することができる。

[数1]

$$T \begin{cases} = T_{max} - \Delta T1 - \Delta T2 (\Delta T1 > 0) \\ = T_{max} - \Delta T2 (\Delta T1 \leq 0) \\ = T_{max} (\Delta T2 < 0, \quad \Delta T1 + \Delta T2 < 0) \end{cases}$$

[0029] なお、目標温度 T を第 1 燃料電池スタック 11 のカソードの出口温度（当該カソードにおけるカソードガスの温度）とすることも可能である。この場合、目標温度演算部 753（図 2）は、図 1 を参照すると、目標温度 T を以下の数式 2 のように場合分けして算出することができる。

[数2]

$$T \begin{cases} = T_{max} (\Delta T1 > 0) \\ = T_{max} + \Delta T1 (\Delta T1 \leq 0) \\ = T_{max} + \Delta T1 + \Delta T2 (\Delta T2 < 0, \quad \Delta T1 + \Delta T2 < 0) \end{cases}$$

[0030] <本実施形態の構成>

図 2 は、本実施形態の燃料電池システムの主要構成を示すブロック図である。

[0031] 本実施系形態の燃料電池システムは、燃料電池モジュール 1 にアノードガスを供給する燃料供給系統と、燃料電池モジュール 1 に空気（カソードガス）を供給する空気供給系統と、燃料電池モジュール 1 から排出されたアノードオフガス（アノードガス）、カソードオフガス（カソードガス）を燃焼する燃焼系統と、燃料電池モジュール 1 から電力を取り出して動力を得る駆動系統と、システム全体を制御する制御系統から構成され、主に車両（電動車両）に搭載される。

[0032] 燃料供給系統は、タンク 21（TANK）、インジェクタ 23（INJ1）、インジェクタ 24（INJ2）を含む。空気供給系統は、ブロワ 32（BLW）、バイパスバルブ 33（BYPVAL）、熱交換器 35（HEX）、可変バルブ 37（VAL）を含む。燃焼系統は燃焼器 4（CMB）を含む。

。そして、バイパスバルブ 33、熱交換器 35、燃焼器 4、インジェクタ 24 が温度調整装置 38 を構成する。

[0033] 駆動系統は、DC/DCコンバータ 61 (COMV)、バッテリー 62 (BATT)、駆動モータ 63 (M) を含む。制御系統は、システム全体を制御する制御部 7 (CONT) を含む。

[0034] 燃料電池モジュール 1 を構成する第 1 燃料電池スタック 11 及び第 2 燃料電池スタック 12 は、固体酸化物型の燃料電池 (SOFC: Solid Oxide Fuel Cell) であり、セラミック等の固体酸化物で形成された電解質層を備え、アノードガス (改質ガス) が供給されるアノード (燃料極) と、カソードガス (酸化剤ガス) として酸素を含む空気が供給されるカソード (空気極) により挟み込んで得られるセルを積層したものである。

[0035] ここで、第 1 燃料電池スタック 11 (及び第 2 燃料電池スタック 12) の電解質層には、インジェクタ 23 側から供給された改質用燃料を、水素を含むアノードガス (改質後の燃料ガス) に改質する触媒が配置されている。

[0036] 第 1 燃料電池スタック 11 は、アノードガス中に含まれる水素とカソードガス中の酸素とを反応させて発電を行うとともに、余剰のアノードガスを第 2 燃料電池スタック 12 に供給し、カソードオフガスを燃焼器 4 に排出する。

[0037] 第 2 燃料電池スタック 12 は、第 1 燃料電池スタック 11 から供給されたアノードガスと、温度調整装置 38 を介してブロワ 32 から供給されたカソードガスと、を反応させて発電を行うとともに、余剰のカソードガスを第 1 燃料電池スタック 11 に供給し、アノードオフガスを燃焼器 4 に排出する。

[0038] ここで、アノードとは、第 1 燃料電池スタック 11 及び第 2 燃料電池スタック 12 において、アノード電極のみならず、アノード電極にアノードガスを供給する内部流路、及びアノード電極で反応後のアノードオフガスを排出させる内部流路も含むものとする。同様に、カソードとは、第 1 燃料電池スタック 11 及び第 2 燃料電池スタック 12 において、カソード電極のみなら

ず、カソード電極にカソードガスを供給する内部流路、及びカソード電極で反応後のカソードオフガスを排出させる内部流路も含むものとする。

[0039] 燃料供給系統において、タンク 2 1 は、例えばメタン、またはメタンを主成分とする天然ガスからなる燃料（ガス）を高圧で蓄えるものであり、インジェクタ 2 3 に対して燃料を改質用燃料として供給し、インジェクタ 2 4 に対して燃料を燃焼用の追加燃料として供給する。

[0040] 燃料供給系統は、タンク 2 1 からインジェクタ 2 3 を介して改質用燃料を第 1 燃料電池スタック 1 1 のアノードに供給する燃料流路 2 2（メイン流路）を有する。

[0041] また、燃料流路 2 2 からはサブ流路（不図示）が分岐しており、サブ流路はインジェクタ 2 4 に接続されている。

[0042] インジェクタ 2 3、2 4 は、燃料が圧入されるノズルボディ（不図示）と、ノズルボディの先端にある燃料噴射孔（不図示）を閉止する方向に付勢されたプランジャロッド（不図示）と、プランジャロッドを当該付勢の方向とは逆方向に移動させるソレノイド（不図示）を備える。

[0043] インジェクタ 2 3、2 4 において、ソレノイドに指令信号（電流）を印加することでソレノイドがプランジャロッドを当該逆方向に移動させるように駆動し、これによりプランジャロッドが燃料噴射孔を開放して燃料を噴射する。また、指令信号（電流）を停止することでソレノイドの駆動を停止させ、プランジャロッドが付勢力により移動して燃料噴射孔を閉止して燃料の噴射を停止させる。

[0044] インジェクタ 2 3、2 4 において、燃料噴射孔の開放・閉止のデューティ比は、指令信号（電流）のオン・オフのデューティ比に依存する。よって、インジェクタ 2 3、2 4 は、指令信号（電流）のデューティ比を調整することで噴射する燃料の流量を調整することができる。

[0045] 空気供給系統は、カソードガス（空気）を第 2 燃料電池スタック 1 2 のカソードに供給する空気流路 3 1 を有する。そして、この空気流路 3 1 に上流からブロワ 3 2、バイパスバルブ 3 3、熱交換器 3 5 が配置されている。

- [0046] ブロワ 3 2（酸化剤ガス供給源）は、外気を取り入れて空気（カソードガス）を空気流路 3 1 等に供給するものである。
- [0047] 熱交換器 3 5 は、空気流路 3 1 を介して第 2 燃料電池スタック 1 2 のカソードに連通しており、カソードガスを燃焼器 4 から排出された燃焼ガスにより熱交換（加熱）して第 2 燃料電池スタック 1 2 のカソードに供給するものである。なお、熱交換後の燃焼ガスは外部に排出される。
- [0048] バイパスバルブ 3 3（流量調整手段）は、空気流路 3 1 において熱交換器 3 5 よりも上流となる位置に配置されている。バイパスバルブ 3 3 は、上流側がブロワ 3 2 に接続され、下流側が空気流路 3 1（熱交換器 3 5）及びバイパス流路 3 4 に接続され、開度を調整することにより、空気流路 3 1 とバイパス流路 3 4 におけるカソードガス（空気）の流量の割合を調整するものである。バイパス流路 3 4 は熱交換器 3 5 を迂回し、空気流路 3 1 において熱交換器 3 5 と第 2 燃料電池スタック 1 2 のカソードとの間となる位置で空気流路 3 1 に合流する。
- [0049] また空気流路 3 1 のバイパスバルブ 3 3 よりも上流となる位置から供給路 3 6 が分岐しており、供給路 3 6 は燃料流路 2 2 において第 1 燃料電池スタック 1 1 とインジェクタ 2 3 の間となる位置で燃料流路 2 2 に合流する。
- [0050] 可変バルブ 3 7 は、供給路 3 6 に配置され、供給路 3 6 を流通する空気（酸素）の流量を調整するものである。第 1 燃料電池スタック 1 1 のアノードに空気（酸素）を供給すると第 1 燃料電池スタック 1 1 に配置された触媒（改質反応を行う触媒と同じでもよい）を介してアノードガスと酸素で部分酸化反応（発熱反応）を発生させ、第 1 燃料電池スタック 1 1 の温度を上昇させることができる。これにより、後述の部分酸化反应用空気流量制御部 7 3 は、第 1 燃料電池スタック 1 1 の温度を改質反応可能な温度の下限值よりも低下させることを回避できる。このとき、ブロワ 3 2 は酸素供給源として機能する。
- [0051] なお、供給路 3 6 は、さらに第 2 燃料電池スタック 1 2 のアノードの入口にも接続して、第 2 燃料電池スタック 1 2 でも部分酸化反応が可能となるよ

うにしてもよい。また、第1燃料電池スタック11及び第2燃料電池スタック12において、部分酸化反応が不要な場合は、供給路36及び可変バルブ37（及び後述の部分酸化反应用空気流量制御部73）は省略してもよい。

[0052] 燃焼系統において、燃焼器4は、第1燃料電池スタック11のアノードの出口と第2燃料電池スタック12のカソードの出口に連通している。燃焼器4にはアノードオフガスとカソードオフガスとの混合ガスが導入される。燃焼器4は当該混合ガスを触媒燃焼して燃焼ガスを生成する。燃焼器4には、前記の触媒燃焼を行うための触媒（不図示）と、燃料が燃焼可能な温度になるまで触媒（不図示）を昇温するヒータ（不図示）と、を備える。また、燃焼器4には、インジェクタ24から追加燃料が供給される。よって燃焼器4は、混合ガスを燃焼して燃焼ガスを燃焼しつつも追加燃料を燃焼させることで、燃焼ガスの温度をさらに増加させることが可能である。

[0053] 温度調整装置38（バイパスバルブ33、熱交換器35、燃焼器4、インジェクタ24）においては、燃焼器4に追加燃料を供給して燃焼ガスの温度を上昇させることで、熱交換器35を通過するカソードガスの温度を上昇させ、またはバイパス流路34を流通するカソードガスの流量を増加／減少させることで燃料電池モジュール1に供給するカソードガスの温度を低下／上昇させることができる。

[0054] 温度センサ51は、第2燃料電池スタック12のカソードの入口温度を検出するものである。なお、温度センサ51は、第1燃料電池スタック11のカソードの出口に配置してもよい。

[0055] 流量センサ52は、ブロワ32が取り込む空気（カソードガス）の流量を検出するものである。

[0056] 第1電圧センサ53は、第1燃料電池スタック11の出力電圧を検出するものである。

[0057] 第2電圧センサ54は、第2燃料電池スタック12の出力電圧を検出するものである。

[0058] ここで、第1燃料電池スタック11と第2燃料電池スタック12は電氣的

にも直列に接続されている。

[0059] 電流センサ 55 は、直列接続された第 1 燃料電池スタック 11 及び第 2 燃料電池スタック 12 と、DC/DC コンバータ 61 との間を流れる出力電流を検出するものである。

[0060] DC/DC コンバータ 61 は、第 1 燃料電池スタック 11 及び第 2 燃料電池スタック 12 の直列回路に接続され、当該直列回路の出力電圧を昇圧してバッテリー 62 または駆動モータ 63 に電力を供給するものである。

[0061] 第 1 燃料電池スタック 11 と第 2 燃料電池スタック 12 を電氣的に接続せず、個別に電力を取り出すことも可能である。この場合、DC/DC コンバータ 61 を 2 個用意し、一方の DC/DC コンバータ 61 が第 1 燃料電池スタック 11 に接続され、他方の DC/DC コンバータ 61 が第 2 燃料電池スタック 12 に接続され、さらに 2 つの DC/DC コンバータ 61 がバッテリー 62、及び駆動モータ 63 に接続された構成とすることができる。

[0062] バッテリー 62 は、DC/DC コンバータ 61 から供給された電力を充電するとともに、駆動モータ 63 に電力を供給することができる。

[0063] 駆動モータ 63 は、インバータ（不図示）を介してバッテリー 62 及び DC/DC コンバータ 61 に接続され、車両の動力源となっている。また、駆動モータ 63 は、車両の減速時において、駆動モータ 63 は回生電力を発生させるが、これをバッテリー 62 に充電させることができる。

[0064] 制御部 7 は、マイクロコンピュータ、マイクロプロセッサ、CPU を含む汎用の電子回路と周辺機器から構成され、特定のプログラムを実行することにより燃料電池システムを制御するための処理を実行する。

[0065] 制御部 7 は、取り出し電力制御部 71 (POWERCONT)、空気流量制御部 72 (AIRFLOWCONT)、部分酸化反应用空気流量制御部 73 (POXAIRFLOWCONT)、燃料流量制御部 74 (FUELFLOWCONT)、空気温度制御部 75 (AIRTEMPCONT) を含む。また、制御部 7 は、バッテリー 62 の充電率 (SOC) や、ドライバの駆動要求 (アクセル開度) に基づいて目標取り出し電力 (POWER) を算出する

演算部（不図示）を備えている。

[0066] なお、制御部 7 は、燃料電池システムの起動制御、及び停止制御を行うことができるが、これらの制御は従来技術なので説明を省略する。

[0067] 取り出し電力制御部 7 1 は、目標取り出し電力の情報が入力されると、燃料電池モジュール 1 から取り出す電力が当該目標取り出し電力となるように DC/DC コンバータ 6 1 に指令信号を出力する。燃料電池モジュール 1 から取り出された電力はバッテリー 6 2 または駆動モータ 6 3 に供給される。

[0068] 図 3 は、目標空気流量と目標取り出し電力との関係を示すマップである。図 4 は、目標燃料流量と目標取り出し電力との関係を示すマップである。図 5 は、目標部分酸化反应用空気流量と目標取り出し電力との関係を示すマップである。

[0069] 空気流量制御部 7 2 は、目標取り出し電力の情報が入力されると、目標空気流量を達成するための指令信号をブロワ 3 2 に出力する。ここで、目標空気流量は、燃料電池モジュール 1 が目標取り出し電力を発電するのに必要な酸素量と、燃料電池モジュール 1 から排出されるアノードオフガスを燃焼器 4 で燃焼させるのに必要な酸素量を確保できる空気流量である。

[0070] 目標取り出し電力と目標空気流量との関係は、予め実験や机上検討により設定する。これにより、図 3 に示すように、空気流量制御部 7 2 は、目標取り出し電力（POWER）を入力値とし、目標空気流量（AIRFLOW）を出力値とするマップを備えることができる。これにより、空気流量制御部 7 2 は、目標取り出し電力に対応する目標空気流量を決定することができる。

[0071] 燃料流量制御部 7 4 は、目標取り出し電力の情報が入力されると、目標燃料流量を達成するための指令信号をインジェクタ 2 3 に出力する。目標燃料流量は、目標取り出し電力を発電するために、燃料電池モジュール 1 において安定して発電できる燃料利用率を確保した燃料流量である。

[0072] 目標取り出し電力と目標燃料流量との関係は、予め実験や机上検討により設定する。これにより、図 4 に示すように、燃料流量制御部 7 4 は、目標取

り出し電力（POWER）を入力値とし、目標燃料流量（FUELFLOW）を出力値とするマップを備えることができる。これにより、燃料流量制御部74は、目標取り出し電力に対応する目標燃料流量を決定することができる。

[0073] 部分酸化反応用空気流量制御部73は、目標取り出し電力の情報が入力されると、目標部分酸化反応用空気流量を達成する可変バルブ37の開度になる指令信号を可変バルブ37に出力する。目標部分酸化反応用空気流量は、目標取り出し電力に基づき、第1燃料電池スタック11の温度が低くなりすぎないように（例えば、触媒による改質反応が可能な下限温度よりも低くないように）第1燃料電池スタック11に供給する空気流量である。

[0074] 目標取り出し電力と目標部分酸化反応用空気流量との関係は、予め実験や机上検討により設定する。これにより、部分酸化反応用空気流量制御部73は、図5に示すように目標取り出し電力（POWER）を入力値とし、目標部分酸化反応用空気流量（POXAIRFLOW）を出力値とするマップを備えることができる。これにより、部分酸化反応用空気流量制御部73は、目標取り出し電力に対応する目標部分酸化反応用空気流量を決定することができる。

[0075] 空気温度制御部75（温度制御手段）は、第1温度差演算部751（STK1 Δ T1COMP）、第2温度差演算部752（STK2 Δ T2COMP）、目標温度演算部753（AIRTEMPCOMP）、駆動制御部754（DRIVECONT）を含む。

[0076] 第1温度差演算部751は、目標燃料流量、目標部分酸化反応用空気流量、流量センサ52が検出した空気の流量、第1電圧センサ53が検知した電圧、第2電圧センサ54が検知した電圧、電流センサ55が検出した電流の各情報が入力されると、第1燃料電池スタック11のカソードの出口温度から入口温度を減算した差分 $\Delta T1$ を以下の数式3のように算出する。

[数3]

$$\Delta T1 = \frac{(Pp1 - Pr1 - Pd1 + Po1)}{(\sigma \times c \times Q)}$$

[0077] ここで、 $Pp1$ [W] は第1燃料電池スタック11の発電による発熱量である。 $Pp1$ は、第1燃料電池スタック11の発電電力に対応する発熱量を、予め実験や机上検討によって得たもの（発電量を入力値とし、発熱量を出力値とするマップ）を用いて算出する。なお第1燃料電池スタック11の発電量は、第1電圧センサ53が検知した電圧（より厳密には第1燃料電池スタック11の開放電圧からの低下量）と電流センサ55が検出した電流とを掛け合わせるにより得られる。

[0078] $Pr1$ [W] は、第1燃料電池スタック11で発生する改質反応による吸熱量である。改質反応の反応式は、 $CH_4 + 2H_2O \rightarrow 4H_2 + CO_2 - 165$ [kJ/mol] となり、 CH_4 の流量 [mol/s] に比例する。また部分酸化反応では、酸素1モルに対して CH_4 が2モル消費される。よって、部分酸化反応後の CH_4 の流量は、部分酸化反応前の CH_4 の流量から目標部分酸化用空気流量中の酸素の流量の2倍の流量（部分酸化反応で消費される CH_4 の流量）を減算した差分となる。

[0079] したがって、第1温度差演算部751は、 $Pr1$ を、例えば、（改質用燃料の1モルあたりの改質反応の吸熱量（165 [kJ]））×（目標燃料流量 [mol/s] − 目標部分酸化用空気流量中の酸素の流量 [mol/s] × 2）により算出する。酸素の流量は、空気流量の21%であることから演算する。

[0080] ただし、すべての改質用燃料が改質されるとは限らず、改質反応の反応速度に依存して変化し得る。よって、改質用燃料の圧力や流速に応じて改質量も変わり得るので、それらを検出してそれにより Pr を補正しても良いし、第1燃料電池スタック11のアノードの入口と出口のアノードガスの組成を検出してそれにより Pr を補正してもよい。

- [0081] $Pd1$ [W] は、第1燃料電池スタック11において、アノードガスやカソードガス以外から外部に放出される固定の放熱量であり、予め実験や机上検討によって得たものを用いて算出する。
- [0082] $Po1$ は、第1燃料電池スタック11において部分酸化反応を発生させた場合の発熱量である。部分酸化反応の反応式は、 $2CH_4 + O_2 \rightarrow CO + 4H_2 + 70$ [kJ/mol] となり、酸素の流量 [mol/s] に比例する。よって、第1温度差演算部751は、 $Po1$ を、例えば、（消費される酸素1モルあたりの部分酸化反応の発熱量（70 [kJ]））×（目標部分酸化反応用空気流量中の酸素の流量 [mol/s]）により算出する。
- [0083] σ [kg/m³] は空気の密度、 c [kJ/kg・℃] は空気の比熱であり、燃料電池モジュール1に供給される空気について、予め実験や机上検討によって求めた固定値を用いる。また、当該空気の圧力と温度を検出して、推定演算することも可能である。
- [0084] Q [m³/s] はブロワ32が取り込む空気の流量であり、流量センサ52が検知した値を用いる。
- [0085] 第1温度差演算部751は、 $\Delta T1$ を算出すると、これを目標温度演算部753に出力する。
- [0086] 第2温度差演算部752は、第1温度差演算部751と同様の情報が入力されると、 $\Delta T1$ と同様に第2燃料電池スタック12のカソードの出口温度から入口温度を減算した差分 $\Delta T2$ を以下の数式4のように算出する。

[数4]

$$\Delta T2 = \frac{(Pp2 - Pr2 - Pd2 + Po2)}{(\sigma \times c \times Q)}$$

- [0087] ここで、 $Pp2$ [W] は第2燃料電池スタック12の発電による発熱量であり、 $Pp1$ と同様の方法で算出される。また、 $Pd2$ [W] は、第2燃料電池スタック12において、アノードガスやカソードガス以外から外部に放出される固定の放熱量であり、 $Pd1$ と同様の方法で算出される。

- [0088] 第2燃料電池スタック12で改質反応を行わない場合、 P_{r2} [W] はゼロとなるが、改質反応を行う場合、 P_{r2} は P_{r1} と同様の方法で算出される。第2燃料電池スタック12で部分酸化反応を行わない場合、 P_{o2} [W] はゼロとなるが、部分酸化反応を行う場合、 P_{o2} は P_{o1} と同様の方法で算出される。
- [0089] 第2温度差演算部752は、 ΔT_2 を算出すると、これを目標温度演算部753に出力する。
- [0090] なお、上記の数式3及び数式4は、目標取り出し電力に依存する。したがって、第1温度差演算部751は、目標取り出し電力を入力値として ΔT_1 を出力値とするマップを備えてもよく、これにより目標取り出し電力に対応する ΔT_1 を算出しても良い。同様に第2温度差演算部752は、目標取り出し電力を入力値として ΔT_2 を出力値とするマップを備えてもよく、これにより目標取り出し電力に対応する ΔT_2 を算出しても良い。
- [0091] 目標温度演算部753は、 ΔT_1 及び ΔT_2 の情報が入力されると、上記の数式1（または数式2）にしたがって空気（カソードガス）の目標温度 T を算出し、これを駆動制御部754に出力する。
- [0092] 駆動制御部754には、目標温度 T の情報と、温度センサ51が検知した温度の情報が入力される。そして、駆動制御部754は、例えば目標温度 T から検知温度を減算した差分を用いて例えば P_I 制御によりカソードガスの温度が目標温度 T となるようにインジェクタ24及びバイパスバルブ33に指令信号を出力する。例えば、検知温度が目標温度 T よりも低い場合には、カソードガスの温度を上昇させるためインジェクタ24（追加燃料供給手段）に対して追加燃料を増量するため（デューティー比を高くするため）の指令信号を出力する。逆に、検知温度が目標温度 T よりも高い場合は、熱交換器35をバイパスするカソードガスの流量を増加させてカソードガスの温度を低下させるために、バイパスバルブ33に対して開度を制御する指令信号を出力する。インジェクタ24への指令信号、及びバイパスバルブ33への指令信号は、いずれか一方のみを出力する場合も、両方同時に出力する場合

もある。

[0093] <制御フロー>

図 6 は、空気温度制御部 7 5 の制御フロー図である。次に空気温度制御部 7 5 における制御フローについて説明する。

[0094] まず、ステップ S 1 において、第 1 温度差演算部 7 5 1 は、第 1 燃料電池スタック 1 1 のカソードの出口温度から入口温度を減算した差分 $\Delta T 1$ を算出する。

[0095] ステップ S 2 において、第 2 温度差演算部 7 5 2 は、第 2 燃料電池スタック 1 2 のカソードの出口温度から入口温度を減算した差分 $\Delta T 2$ を算出する。なお、ステップ S 1 とステップ S 2 の工程は逆の順に行っても良く、また同時に行っても良い。

[0096] ステップ S 3 において、目標温度演算部 7 5 3 は、 $\Delta T 2 < 0$ 、且つ $\Delta T 1 + \Delta T 2 < 0$ であるか否か判断し、YES であればステップ S 4 に移行し、NO であればステップ S 5 に移行する。

[0097] ステップ S 4 において、目標温度演算部 7 5 3 は、燃料電池モジュール 1 において第 2 燃料電池スタック 1 2 のカソードの入口（当該入口におけるカソードガスの温度）が最高温度となる位置と判断し、目標温度 T を $T = T_{max}$ により算出して駆動制御部 7 5 4 に出力する。

[0098] ステップ S 5 において、目標温度演算部 7 5 3 は、 $\Delta T 1 > 0$ であるか否かを判断し、YES であればステップ S 6 に移行し、NO であればステップ S 7 に移行する。

[0099] ステップ S 6 において、目標温度演算部 7 5 3 は、燃料電池モジュール 1 において第 1 燃料電池スタック 1 1 のカソードの出口（当該出口におけるカソードガスの温度）が最高温度となる位置と判断し、目標温度 T を $T = T_{max} - \Delta T 1 - \Delta T 2$ により算出して駆動制御部 7 5 4 に出力する。

[0100] ステップ S 7 において、目標温度演算部 7 5 3 は、燃料電池モジュール 1 において第 2 燃料電池スタック 1 2 のカソードの出口（当該出口におけるカソードガスの温度）が最高温度となる位置と判断し、目標温度 T を $T = T_{max}$

$a \times -\Delta T_2$ により算出して駆動制御部 754 に出力する。

[0101] 空気温度制御部 75 は、燃料電池モジュール 1 が発電を継続している限り、上記のステップ S1 - S7 の工程を繰り返す。

[0102] 上記のように、温度センサ 51 を第 1 燃料電池スタック 11 のカソードの出口に配置し、当該カソードの出口温度を目標温度とした場合であっても上記同様の制御フローにより目標温度を算出することができる。ただし、目標温度演算部 753 は数式 2 にしたがって目標温度を算出する。

[0103] すなわち、ステップ S4 において、目標温度演算部 753 は、目標温度 T を $T = T_{max} + \Delta T_1 + \Delta T_2$ により算出する。また、ステップ S6 において、目標温度演算部 753 は、目標温度 T を $T = T_{max}$ により算出する。さらに、ステップ S7 において、目標温度演算部 753 は、目標温度 T を $T = T_{max} + \Delta T_1$ により算出する。

[0104] <本実施形態の効果>

以上説明したように、本実施形態の燃料電池システムによれば、直列配置された第 1 燃料電池（第 1 燃料電池スタック 11）及び第 2 燃料電池（第 2 燃料電池スタック 12）を含むとともに、燃料ガス（アノードガス）の流通方向が第 1 燃料電池から第 2 燃料電池に向かう方向であり、酸化剤ガス（カソードガス）の流通方向が第 2 燃料電池（第 2 燃料電池スタック 12）から第 1 燃料電池（第 1 燃料電池スタック 11）に向かう方向となっている燃料電池モジュール 1 と、燃料電池モジュール 1 に供給する酸化剤ガス（カソードガス）の温度を調整する酸化剤ガス温度調整装置（温度調整装置 38）と、を含み、少なくとも、第 1 燃料電池（第 1 燃料電池スタック 11）が燃料ガス（アノードガス）を改質可能な燃料電池システムにおいて、第 1 燃料電池（第 1 燃料電池スタック 11）の温度及び第 2 燃料電池（第 2 燃料電池スタック 12）の温度が所定の上限温度を超えないように、燃料電池モジュール 1 に供給する酸化剤ガス（カソードガス）の目標温度を設定し、当該目標温度に基づいて酸化剤ガス温度調整装置（温度調整装置 38）を制御する温度制御手段（空気温度制御部 75）を含み、温度制御手段（空気温度制御部

75)は、目標温度を T 、上限温度を T_{max} 、第1燃料電池（第1燃料電池スタック11）の出口温度から入口温度を減算した差分を ΔT_1 、第2燃料電池（第2燃料電池スタック12）の出口温度から入口温度を減算した差分を ΔT_2 としたとき、目標温度 T を $T = T_{max} - \Delta T_1 - \Delta T_2$ ($\Delta T_1 > 0$)、 $T = T_{max} - \Delta T_2$ ($\Delta T_1 \leq 0$)、 $T = T_{max}$ ($\Delta T_2 < 0$ 、且つ $\Delta T_1 + \Delta T_2 < 0$)として算出する。

[0105] 上記構成により、燃料電池モジュール1において最高温度となる位置が第1燃料電池（第1燃料電池スタック11）のカソードの出口、または第2燃料電池（第2燃料電池スタック12）のカソードの出口となる場合であっても、 ΔT_1 、及び ΔT_2 を算出することで最高温度となる位置を特定し、これに対応して目標温度 T を算出することができる。したがって、改質反応が発生する第1燃料電池（第1燃料電池スタック11）を少なくとも包含する燃料電池モジュール1であっても、上限温度を超えず且つ高温を維持して状態で発電する制御を簡易な構成で実現できる。

[0106] また、上記構成により、燃料電池モジュール1において最高温度となる位置が第2燃料電池（第2燃料電池スタック12）のカソードの入口となる場合であっても、 ΔT_1 、及び ΔT_2 を算出することで最高温度となる位置が当該入口であることを特定し、これに対応して目標温度 T を算出することができる。したがって、改質反応が発生する第1燃料電池（第1燃料電池スタック11）を少なくとも包含する燃料電池モジュール1であっても、上限温度を超えず且つ高温を維持して状態で発電する制御を簡易な構成で実現できる。

[0107] 本実施形態において、温度制御手段（空気温度制御部75）は、 ΔT_1 を、第1燃料電池（第1燃料電池スタック11）の発電に伴う発熱量と、第1燃料電池（第1燃料電池スタック11）に供給される燃料ガス（アノードガス）の改質反応で発生する吸熱量と、第1燃料電池（第1燃料電池スタック11）の外部への放熱量と、第1燃料電池（第1燃料電池スタック11）に供給される酸化剤ガス（カソードガス）の流量と、に基づいて算出し、 ΔT

2を、第2燃料電池（第2燃料電池スタック12）の発電に伴う発熱量と、第2燃料電池（第2燃料電池スタック12）の外部への放熱量と、第2燃料電池（第2燃料電池スタック12）に供給される酸化剤ガス（カソードガス）の流量と、に基づいて算出する。

[0108] 上記構成により、 $\Delta T1$ 及び $\Delta T2$ を、実際に温度を検出することなく算出することができる。

[0109] 本実施形態において、第1燃料電池（第1燃料電池スタック11）のアノードに酸素を供給する酸素供給源（ブロワ32）を備え、少なくとも第1燃料電池（第1燃料電池スタック11）は、酸素と燃料ガス（アノードガス）で部分酸化反応を発生可能とされ、温度制御手段（空気温度制御部75）は、 $\Delta T1$ を第1燃料電池（第1燃料電池スタック11）の発電に伴う発熱量と、部分酸化反応による発熱量と、第1燃料電池（第1燃料電池スタック11）に供給される燃料ガス（アノードガス）の流量から部分酸化反応により失われた燃料ガス（アノードガス）の流量を減算した差分による改質反応で発生する吸熱量と、第1燃料電池（第1燃料電池スタック11）の外部への放熱量と、第1燃料電池（第1燃料電池スタック11）に供給される酸化剤ガス（カソードガス）の流量と、に基づいて算出し、 $\Delta T2$ を第2燃料電池（第2燃料電池スタック12）の発電に伴う発熱量と、第2燃料電池（第2燃料電池スタック12）の外部への放熱量と、第2燃料電池（第2燃料電池スタック12）に供給される酸化剤ガス（カソードガス）の流量と、に基づいて算出する。

[0110] 上記構成により、第1燃料電池（第1燃料電池スタック11）で部分酸化反応を実行する場合であっても、 $\Delta T1$ 及び $\Delta T2$ を、実際に温度を検出することなく算出することができる。

[0111] 本実施形態において、酸化剤ガス温度調整装置（温度調整装置38）は、燃料電池モジュール1から排出される燃料オフガス（アノードオフガス）と酸化剤オフガス（カソードオフガス）を混合して燃焼させる燃焼器4と、燃焼器4から排出される燃焼ガスと、燃料電池モジュール1に供給する酸化剤

ガス（カソードガス）とを熱交換する熱交換器 35 と、燃焼器 4 に追加燃料を供給する追加燃料供給手段（インジェクタ 24）と、を備え、温度制御手段（空気温度制御部 75）は、酸化剤ガス（カソードガス）が目標温度となるように追加燃料供給手段（インジェクタ 24）を制御する。

[0112] 外部から取り込まれる空気の温度は外気温相当であり、燃料電池モジュール 1（SOFC）にそのまま供給するには発電に支障をきたすほど低温であるので加熱が必要となる。一方、燃料電池モジュール 1 には発電に必要な燃料よりも過剰に燃料を投入する必要がある、余りが発生する。そこで、酸化剤ガス温度調整装置（温度調整装置 38）は、燃料電池モジュール 1 から排出された高温の空気（カソードオフガス）と余った燃料（アノードオフガス）を燃焼器 4 で燃焼して得られた高熱の燃焼ガスを、燃料電池モジュール 1 に供給する空気（カソードガス）と熱交換させる。そして、酸化剤ガス温度調整装置（温度調整装置 38）が当該熱交換により加熱された当該空気（カソードガス）を燃料電池モジュール 1 に供給することで、高効率な燃料電池システムとなる。

[0113] その上で、加熱された空気（カソードガス）の温度が目標温度に到達しない場合に、燃焼器 4 に追加燃料を供給して燃焼ガスの温度を上昇させ、空気（カソードガス）の熱交換量を増加させることで、空気（カソードガス）の温度を目標温度に到達させることができる。

[0114] 本実施形態において、酸化剤ガス（カソードガス）を燃料電池モジュール 1 に供給する酸化剤ガス供給源（ブロワ 32）を含み、酸化剤ガス温度調整装置（温度調整装置 38）は、燃料電池モジュール 1 から排出される燃料オフガス（アノードオフガス）と酸化剤オフガス（カソードオフガス）を混合して燃焼させる燃焼器 4 と、酸化剤ガス供給源（ブロワ 32）と燃料電池モジュール 1 を接続するとともに、燃焼器 4 から排出される燃焼ガスと、燃料電池モジュール 1 に供給する酸化剤ガス（カソードガス）とを熱交換する熱交換器 35 と、酸化剤ガス供給源（ブロワ 32）から熱交換器 35 を迂回して燃料電池モジュール 1 に酸化剤ガス（カソードガス）を供給するバイパス

流路３４と、熱交換器３５とバイパス流路３４における酸化剤ガス（カソードガス）の流量の割合を調整する流量調整手段（バイパスバルブ３３）と、燃焼器４に追加燃料を供給する追加燃料供給手段（インジェクタ２４）と、を備え、温度制御手段（空気温度制御部７５）は、酸化剤ガス（カソードガス）が目標温度となるように流量調整手段（バイパスバルブ３３）、及び／または、追加燃料供給手段（インジェクタ２４）を制御する。

[0115] 上記構成により、加熱された空気（カソードガス）の温度が目標温度よりも高い場合には、バイパス流路３４を流通する空気の流量を増加させて熱交換器３５との熱交換量を減少させることで、空気（カソードガス）の温度を迅速に目標温度にまで低下させることができる。逆に加熱された空気（カソードガス）の温度が目標温度よりも低い場合には、バイパス流路３４を流通する空気の流量を減少させて熱交換器３５との熱交換量を増加させることで、空気（カソードガス）の温度を迅速に目標温度にまで上昇させることができる。

請求の範囲

[請求項1] 直列配置された第1燃料電池及び第2燃料電池を含むとともに、燃料ガスの流通方向が前記第1燃料電池から前記第2燃料電池に向かう方向であり、酸化剤ガスの流通方向が前記第2燃料電池から前記第1燃料電池に向かう方向となっている燃料電池モジュールと、

前記燃料電池モジュールに供給する前記酸化剤ガスの温度を調整する酸化剤ガス温度調整装置と、を含み、

少なくとも、前記第1燃料電池が前記燃料ガスを改質可能な燃料電池システムにおいて、

前記第1燃料電池の温度及び前記第2燃料電池の温度が所定の上限温度を超えないように、前記燃料電池モジュールに供給する前記酸化剤ガスの目標温度を設定し、当該目標温度に基づいて前記酸化剤ガス温度調整装置を制御する温度制御手段を含み、

前記温度制御手段は、

前記目標温度を T 、前記上限温度を T_{max} 、前記第1燃料電池の出口温度から入口温度を減算した差分を ΔT_1 、前記第2燃料電池の出口温度から入口温度を減算した差分を ΔT_2 としたとき、前記目標温度 T を

$$T = T_{max} - \Delta T_1 - \Delta T_2 \quad (\Delta T_1 > 0)$$

$$T = T_{max} - \Delta T_2 \quad (\Delta T_1 \leq 0)$$

$$T = T_{max} \quad (\Delta T_2 < 0, \text{ 且つ } \Delta T_1 + \Delta T_2 < 0)$$

として算出する燃料電池システム。

[請求項2] 前記温度制御手段は、

前記 ΔT_1 を、

前記第1燃料電池の発電に伴う発熱量と、前記第1燃料電池に供給される前記燃料ガスの改質反応で発生する吸熱量と、前記第1燃料電池の外部への放熱量と、前記第1燃料電池に供給される前記酸化剤ガスの流量と、に基づいて算出し、

前記 ΔT_2 を、

前記第2燃料電池の発電に伴う発熱量と、前記第2燃料電池の外部への放熱量と、前記第2燃料電池に供給される前記酸化剤ガスの流量と、に基づいて算出する請求項1に記載の燃料電池システム。

[請求項3]

前記第1燃料電池のアノードに酸素を供給する酸素供給源を備え、少なくとも前記第1燃料電池は、前記酸素と前記燃料ガスで部分酸化反応を発生可能とされ、

前記温度制御手段は、

前記 ΔT_1 を

前記第1燃料電池の発電に伴う発熱量と、前記部分酸化反応による発熱量と、前記第1燃料電池に供給される前記燃料ガスの流量から前記部分酸化反応により失われた前記燃料ガスの流量を減算した差分による改質反応で発生する吸熱量と、前記第1燃料電池の外部への放熱量と、前記第1燃料電池に供給される前記酸化剤ガスの流量と、に基づいて算出し、

前記 ΔT_2 を

前記第2燃料電池の発電に伴う発熱量と、前記第2燃料電池の外部への放熱量と、前記第2燃料電池に供給される前記酸化剤ガスの流量と、に基づいて算出する請求項1に記載の燃料電池システム。

[請求項4]

前記酸化剤ガス温度調整装置は、

前記燃料電池モジュールから排出される燃料オフガスと酸化剤オフガスを混合して燃焼させる燃焼器と、

前記燃焼器から排出される燃焼ガスと、前記燃料電池モジュールに供給する前記酸化剤ガスとを熱交換する熱交換器と、

前記燃焼器に追加燃料を供給する追加燃料供給手段と、を備え、

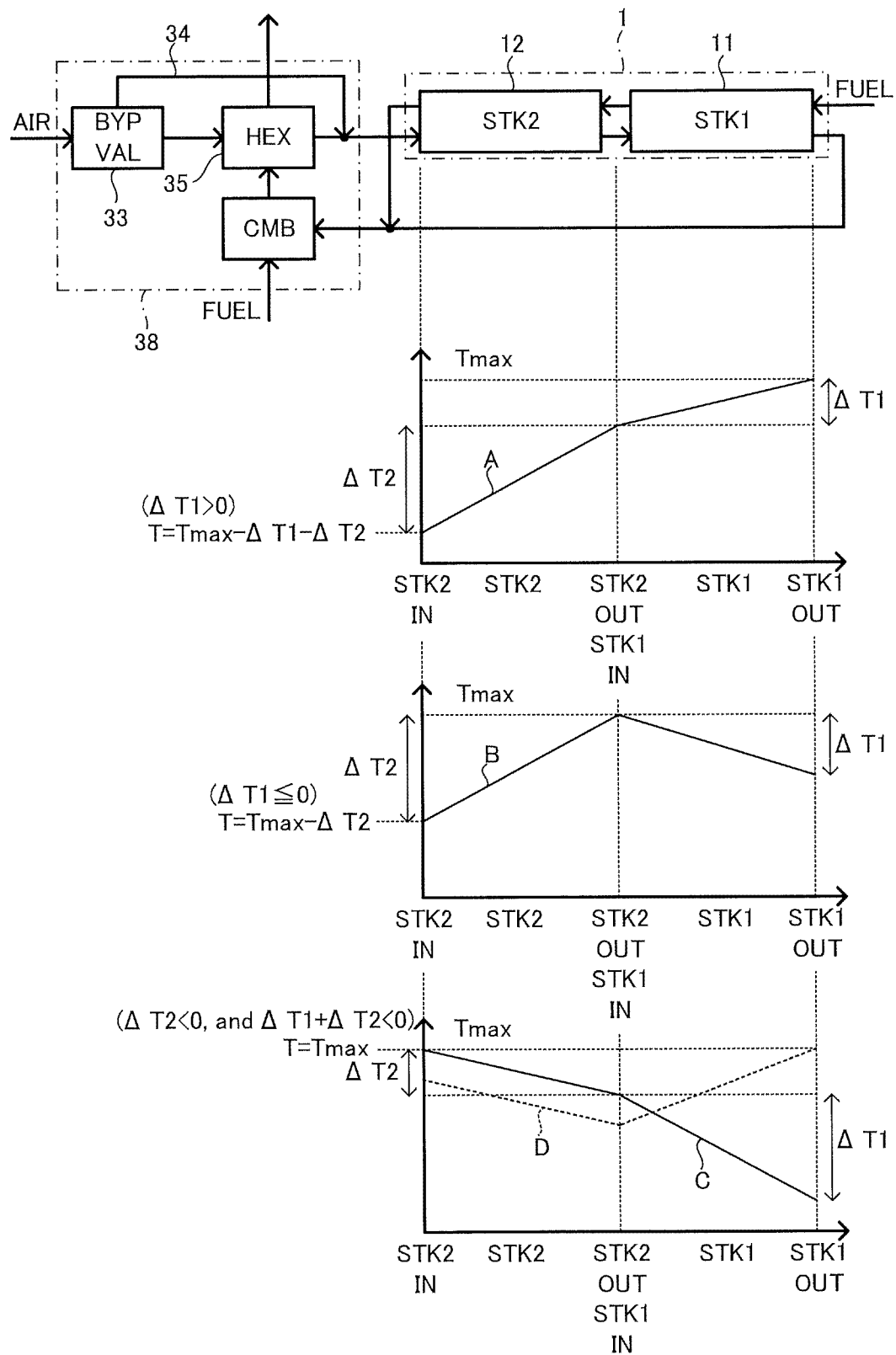
前記温度制御手段は、

前記酸化剤ガスが前記目標温度となるように前記追加燃料供給手段を制御する請求項1乃至3のいずれか1項に記載の燃料電池システム

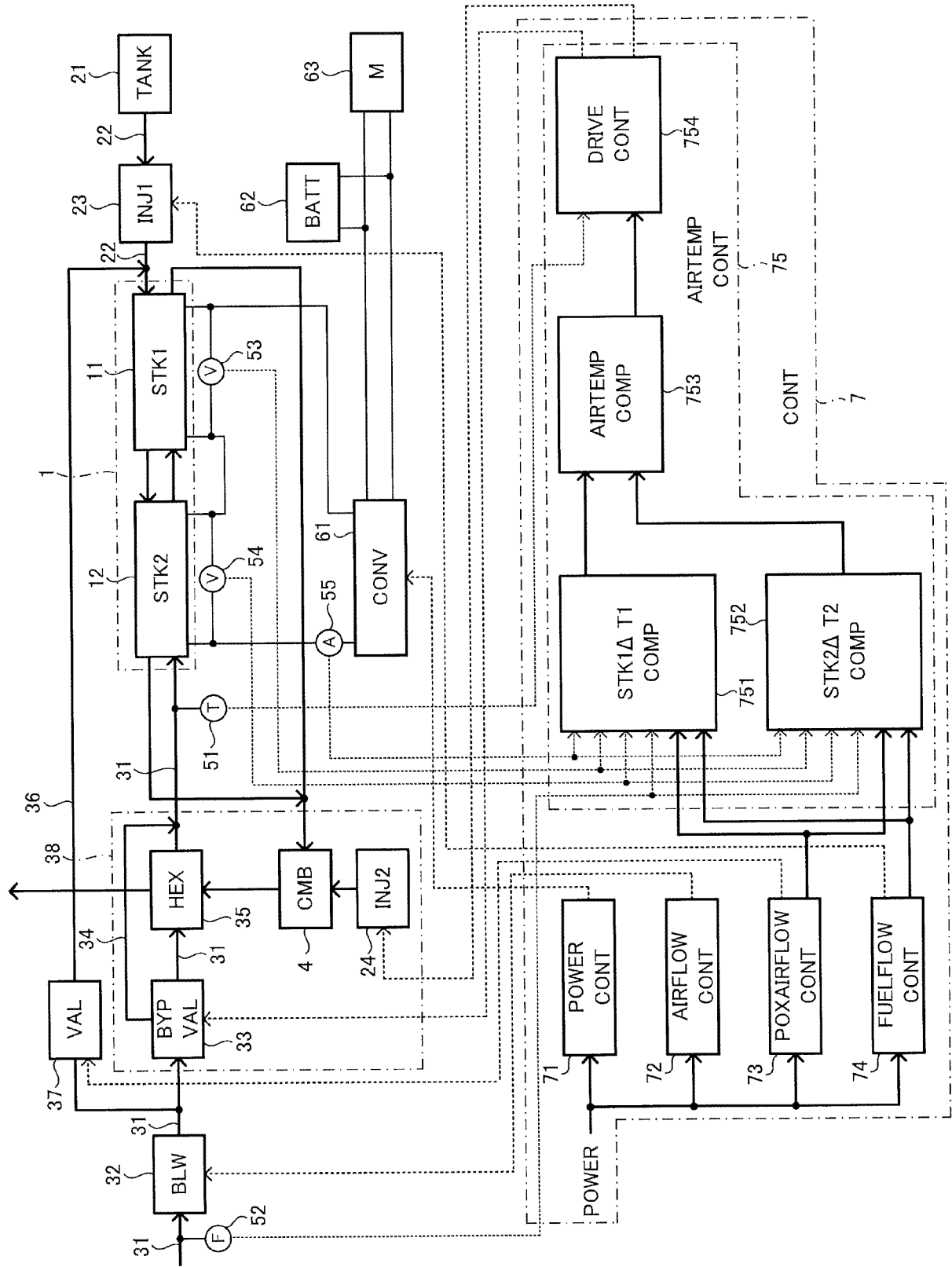
。

- [請求項5] 前記酸化剤ガスを前記燃料電池モジュールに供給する酸化剤ガス供給源を含み、
- 前記酸化剤ガス温度調整装置は、
- 前記燃料電池モジュールから排出される燃料オフガスと酸化剤オフガスを混合して燃焼させる燃焼器と、
- 前記酸化剤ガス供給源と前記燃料電池モジュールを接続するとともに、前記燃焼器から排出される燃焼ガスと、前記燃料電池モジュールに供給する前記酸化剤ガスとを熱交換する熱交換器と、
- 前記酸化剤ガス供給源から前記熱交換器を迂回して前記燃料電池モジュールに前記酸化剤ガスを供給するバイパス流路と、
- 前記熱交換器と前記バイパス流路における前記酸化剤ガスの流量の割合を調整する流量調整手段と、
- 前記燃焼器に追加燃料を供給する追加燃料供給手段と、を備え、
- 前記温度制御手段は、
- 前記酸化剤ガスが前記目標温度となるように前記流量調整手段、及び／または、前記追加燃料供給手段を制御する請求項1乃至3のいずれか1項に記載の燃料電池システム。

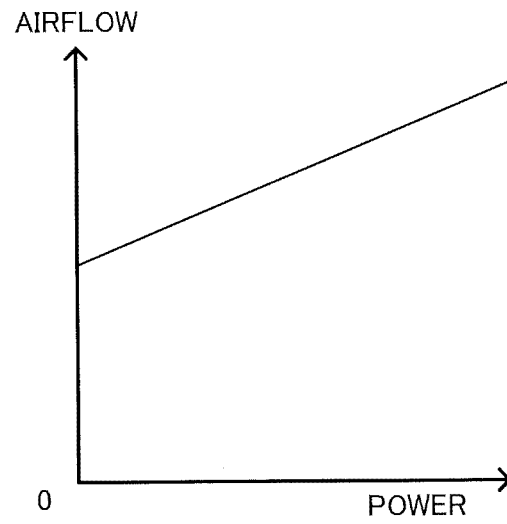
[圖1]



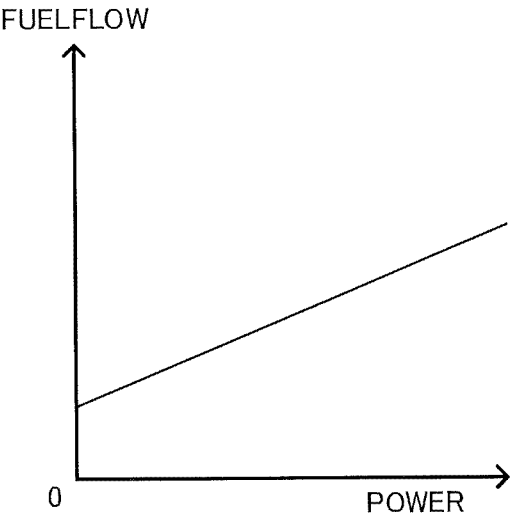
[図2]



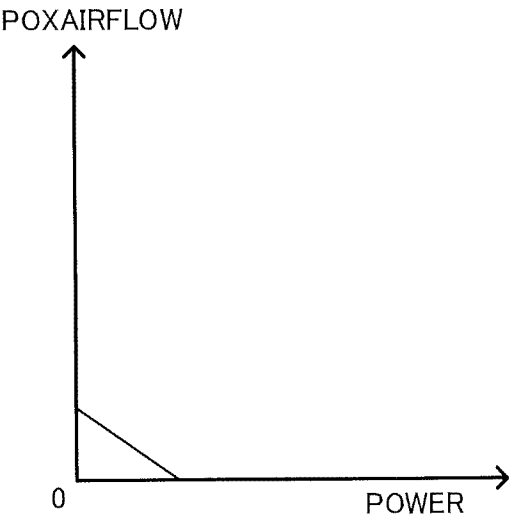
[圖3]



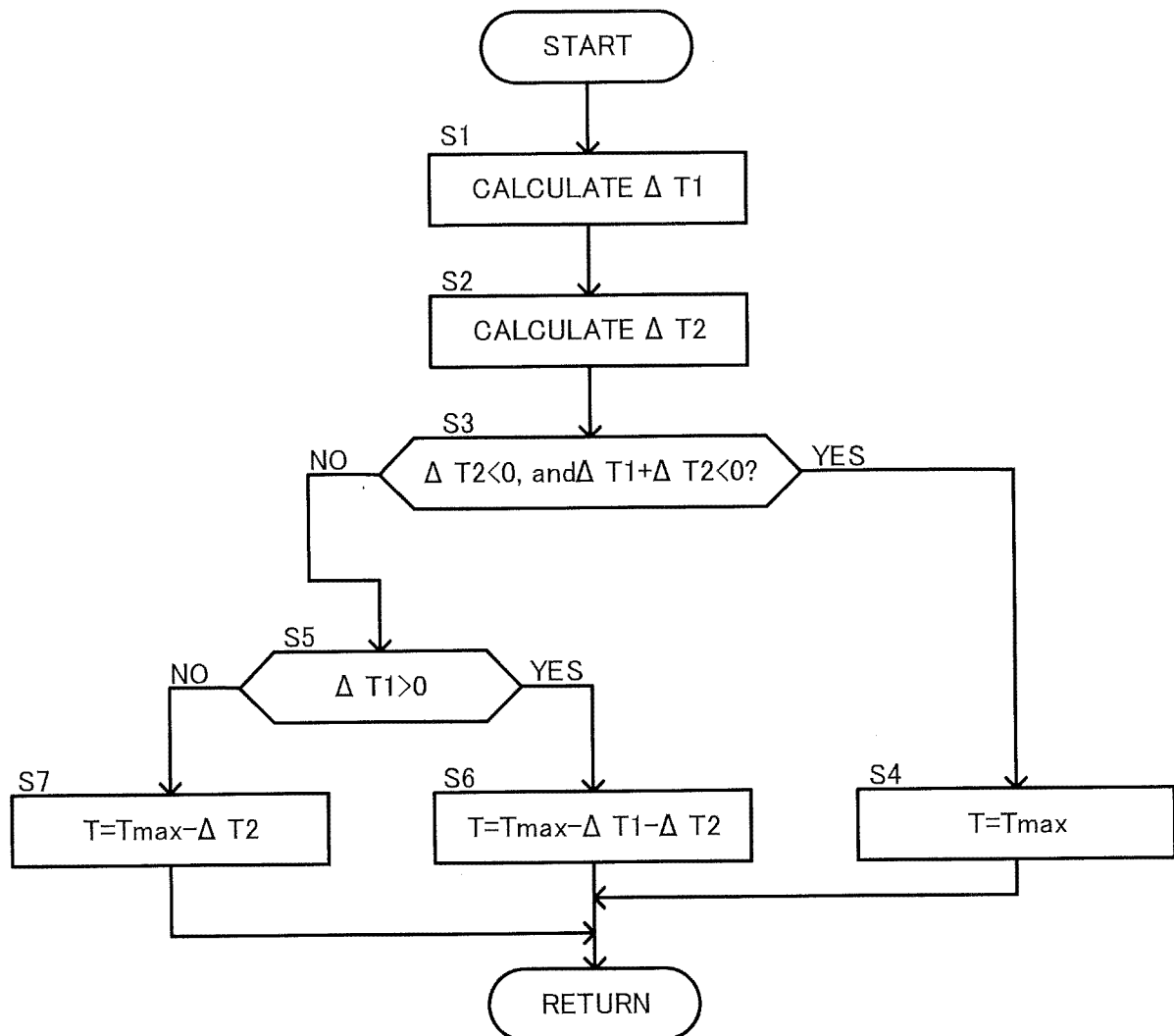
[圖4]



[圖5]



[圖6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/IB2020/000625

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. H01M8/04701 (2016.01) i
FI: H01M8/04701

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl. H01M8/04701

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2020
Registered utility model specifications of Japan 1996-2020
Published registered utility model applications of Japan 1994-2020

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2012/0034538 A1 (JAHNKE, FRED C.) 09 February 2012, entire text, all drawings	1-5
A	JP 2013-161602 A (NISSAN MOTOR CO., LTD.) 19 August 2013, entire text, all drawings	1-5
A	JP 2004-31135 A (HONDA MOTOR CO., LTD.) 29 January 2004, entire text, all drawings	1-5

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

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

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

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

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

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

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

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

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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
15.09.2020

Date of mailing of the international search report
06.10.2020

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

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/IB2020/000625

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
US 2012/0034538 A1	09.02.2012	US 2010/0047641 A1 WO 2010/021997 A2 KR 10-2011-0042120 A	
JP 2013-161602 A	19.08.2013	WO 2013/115226 A1	
JP 2004-31135 A	29.01.2004	US 2004/0091761 A1 DE 10328583 A1 CA 2433167 A1	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H01M 8/04701(2016.01)i FI: H01M8/04701														
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） H01M8/04701 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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2020年</td> </tr> </table> 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）			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2020年	日本国実用新案登録公報	1996-2020年	日本国登録実用新案公報	1994-2020年				
日本国実用新案公報	1922-1996年													
日本国公開実用新案公報	1971-2020年													
日本国実用新案登録公報	1996-2020年													
日本国登録実用新案公報	1994-2020年													
C. 関連すると認められる文献														
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号												
A	US 2012/0034538 A1 (JAHNKE, Fred C.) 09.02.2012 (2012-02-09) 全文, 全図	1-5												
A	JP 2013-161602 A (日産自動車株式会社) 19.08.2013 (2013-08-19) 全文, 全図	1-5												
A	JP 2004-31135 A (本田技研工業株式会社) 29.01.2004 (2004-01-29) 全文, 全図	1-5												
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。														
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの	“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	“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	“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	“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	“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）	“&” 同一パテントファミリー文献	“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献		“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献	
* 引用文献のカテゴリー	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの													
“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	“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													
“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	“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													
“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）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献														
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献														
国際調査を完了した日 18.09.2020		国際調査報告の発送日 06.10.2020												
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 富永 達朗 3H 3866 電話番号 03-3581-1101 内線 3316												

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/IB2020/000625

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
US	2012/0034538	A1	09.02.2012	US	2010/0047641	A1	
				WO	2010/021997	A2	
				KR	10-2011-0042120	A	
JP	2013-161602	A	19.08.2013	WO	2013/115226	A1	
JP	2004-31135	A	29.01.2004	US	2004/0091761	A1	
				DE	10328583	A1	
				CA	2433167	A1	