

(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
2012年8月16日(16.08.2012)



(10) 国際公開番号
WO 2012/108416 A1

- (51) 国際特許分類:
H01M 8/04 (2006.01) *H01M 8/10* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/052710
- (22) 国際出願日: 2012年2月7日(07.02.2012)
- (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 2011-027462 2011年2月10日(10.02.2011) JP
特願 2011-027466 2011年2月10日(10.02.2011) JP
特願 2011-027474 2011年2月10日(10.02.2011) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について):
シャープ株式会社(SHARP KABUSHIKI KAISHA)
[JP/JP]; 〒5458522 大阪府大阪市阿倍野区長池町
2番2号 Osaka (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 佐多 俊輔
(SATA, Shunsuke). 水畑 宏隆(MIZUHATA, Hiro-
taka). 吉田 章人(YOSHIDA, Akihito). 竹中 忍
(TAKENAKA, Shinobu).
- (74) 代理人: 特許業務法人深見特許事務所 (Fukami
Patent Office, p.c.); 〒5300005 大阪府大阪市北区中

之島二丁目2番7号 中之島セントラルタワー
Osaka (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,
BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO,
CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,
GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS,
KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT,
LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY,
MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA,
RO, RS, RU, RW, 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.

(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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシ
ア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨー
ロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,
ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,
MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR),
OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML,
MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: ALKALINE FUEL CELL SYSTEM

(54) 発明の名称: アルカリ形燃料電池システム

[図1]

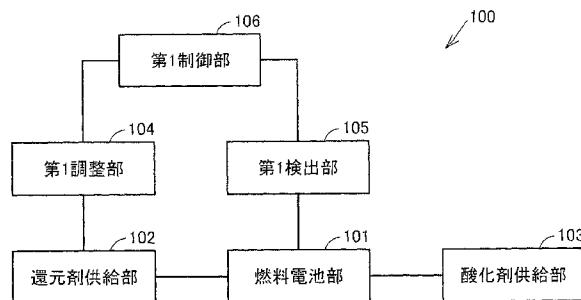


FIG. 1:
101 Fuel cell unit
102 Reducing agent supply unit
103 Oxidizing agent supply unit
104 First adjustment unit
105 First detection unit
106 First control unit

(57) Abstract: Provided is an alkaline fuel cell system which is provided with: a fuel cell unit that comprises an alkaline fuel cell which is sequentially provided with an anode electrode, an anion conducting electrolyte membrane and a cathode electrode in this order; a reducing agent supply unit for supplying a reducing agent to the anode electrode; an oxidizing agent supply unit for supplying an oxidizing agent to the cathode electrode; a first adjustment unit for adjusting the flow rate and/or the humidity of the reducing agent to be supplied to the anode electrode; a first detection unit for detecting at least the amount of change (Δi) per unit time of the current flowing between the anode electrode and the cathode electrode; and a first control unit that is connected to the first adjustment unit and the first detection unit for the purpose of controlling the adjustment of the flow rate and/or the humidity of the reducing agent by means of the first adjustment unit in accordance with the detection results of the first detection unit.

(57) 要約:

[続葉有]



アノード極、アニオン伝導性電解質膜およびカソード極をこの順で備えるアルカリ形燃料電池を含む燃料電池部と、アノード極に還元剤を供給する還元剤供給部と、カソード極に酸化剤を供給する酸化剤供給部と、アノード極に供給される還元剤の流量および／または湿度を調整する第1調整部と、アノード極とカソード極との間を流れる電流値の単位時間当たりの変化量 Δi を少なくとも検出する第1検出部と、第1調整部および第1検出部に接続され、第1検出部による検出結果に基づいて、第1調整部による還元剤の流量および／または湿度の調整を制御するための第1制御部とを備えるアルカリ形燃料電池システムが提供される。

明 細 書

発明の名称： アルカリ形燃料電池システム

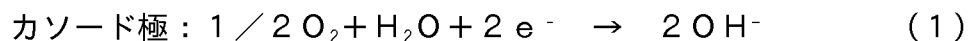
技術分野

[0001] 本発明は、アルカリ形燃料電池が有する電極（アノード極および／またはカソード極）の湿度（水分含有量）を最適に調整することができるアルカリ形燃料電池システムに関する。

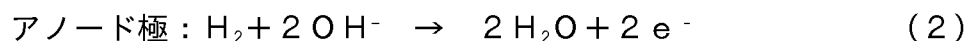
背景技術

[0002] 燃料電池は、小型軽量化や高出力密度を実現できる可能性を有していることから、携帯用電子機器用の新規電源や家庭用コジェネレーションシステムなどへの用途展開が精力的に進められている。燃料電池は、発電主要部として、電解質膜をアノード極およびカソード極で挟持した構成の膜電極複合体（MEA）を備えており、電解質膜の種類によって、固体高分子形燃料電池（直接形燃料電池を含む）、リン酸形燃料電池、熔融炭酸塩形燃料電池、固体酸化物形燃料電池、アルカリ形燃料電池などに分類される。

[0003] アルカリ形燃料電池は、電解質膜としてアニオン交換膜を用いた、電荷キャリアが水酸化物イオン（OH⁻）である燃料電池である〔たとえば、特開平11-135137号公報（特許文献1）参照〕。アルカリ形燃料電池においては、次のような電気化学反応により電力が取り出される。すなわち、カソード極に酸化剤および水（この水は、アノード極で生じ、電解質膜を透過した水であり得る）を供給すると、下記式（1）：



で表される触媒反応によりOH⁻が生成される。このOH⁻は、水分子との水和状態で電解質膜を介してアノード極側に伝達される。一方、アノード極では、供給された還元剤（燃料）、たとえばH₂ガスとカソード極から伝達されたOH⁻とが、下記式（2）：



で表される触媒反応を起こし、水および電子を生成する。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開平 1 1 - 1 3 5 1 3 7 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 上記式（2）に示されるように、アルカリ形燃料電池のアノード極では、反応により水が発生するが、その水の生成量はアノード極－カソード極間に流れる電流量の増減に応じて増減し、したがって、アノード極の湿度（水分含有量）も増減することになる。このようなアノード極の湿度変動は、アルカリ形燃料電池の出力電圧の低下を招き得る。すなわち、アノード極の湿度が過度に高くなると、水膜状となってアノード極の細孔を閉塞させ、還元剤の供給が阻害される、いわゆる「フラッディング」が生じる。また、湿度が過度に低くなると、電解質膜が乾燥した状態（以下、「ドライアップ」ともいう）になることによって電解質膜のアニオン伝導抵抗が増加する。「フラッディング」および「ドライアップ」はともにアルカリ形燃料電池の出力電圧を低下させる要因となる。

[0006] 一方、上記式（1）に示されるように、アルカリ形燃料電池のカソード極では、反応により水が消費されるが、その水の消費量はアノード極－カソード極間に流れる電流量の増減に応じて増減し、したがって、カソード極の湿度（水分含有量）も増減することになる。このようなカソード極の湿度変動もまた、アルカリ形燃料電池の出力電圧の低下を招き得る。すなわち、カソード極の湿度が過度に高くなると、水膜状となってカソード極の細孔を閉塞させ、酸化剤の供給が阻害される「フラッディング」が生じる。また、湿度が過度に低くなると、「ドライアップ」が生じて電解質膜のアニオン伝導抵抗が増加する。

[0007] 従来のアルカリ形燃料電池でも、「ドライアップ」および「フラッディング」を抑制するため、アノード極に供給する還元剤の湿度、および／または

、カソード極に供給する酸化剤の湿度を一定値（たとえば、相対湿度＝１００〔％ＲＨ〕）に調節することが行なわれてきたが、アルカリ形燃料電池の動作状態が変わることによって、上述のように、アノード極－カソード極間に流れる電流量が増減すると、アルカリ形燃料電池の電極の湿度（水分含有量）が変動するため、電極の湿度（水分含有量）を最適な状態に維持することができないという問題があった。

[0008] 本発明の目的は、アルカリ形燃料電池が有する電極（アノード極および／またはカソード極）の湿度（水分含有量）を最適に調整することにより、高い出力電圧を安定して維持することのできるアルカリ形燃料電池システムを提供することにある。

課題を解決するための手段

[0009] アルカリ形燃料電池のアノード極に供給される還元剤の流量（アノード極に導入される直前の流量）を N_t 、その還元剤の湿度を ϕ_w （ただし、 $0 \leq \phi_w \leq 1$ ）とすると、この還元剤の水分含有量は $\phi_w \times N_t$ である。そして、アノード極内で生成する水の量を N_r とすると、アノード極内での還元剤の流量はおよそ N_t であり、その水分含有量は $\phi_w \times N_t + N_r$ と計算される。そうすると、アノード極内での還元剤の湿度（アノード極の湿度と実質的に同じとみなすことができる。）は、下記式（３）：

$$\begin{aligned} \text{アノード極内での還元剤の湿度} &= (\phi_w \times N_t + N_r) / N_t \\ &= \phi_w + N_r / N_t \end{aligned} \quad (3)$$

と算出できる。

[0010] 上記式（３）は、アノード極の湿度が、還元剤の流量 N_t および／またはアノード極に導入される還元剤の湿度 ϕ_w の調整により制御可能であることを意味している。そして、アノード極の湿度（アノード極内での還元剤の湿度）は、アノード極から排出される還元剤の湿度から把握することができる。また、アノード極－カソード極間に流れる電流量が増加してアノード極内で生成する水の量 N_r が増加すると、アノード極の湿度が上昇することもわかる。

[0011] また、アルカリ形燃料電池のカソード極に供給される酸化剤の流量（カソ

ード極に導入される直前の流量)を N_t' 、その酸化剤の湿度を ϕ_w' (ただし、 $0 \leq \phi_w' \leq 1$) とすると、この酸化剤の水分含有量は $\phi_w' \times N_t'$ である。そして、カソード極内で消費される水の量を N_r' とすると、カソード極内での酸化剤の流量はおよそ N_t' であり、その水分含有量は $\phi_w' \times N_t' - N_r'$ と計算される。そうすると、カソード極内での酸化剤の湿度 (カソード極の湿度と実質的に同じとみなすことができる。) は、下記式 (4) :

$$\begin{aligned} \text{カソード極内での酸化剤の湿度} &= (\phi_w' \times N_t' - N_r') / N_t' \\ &= \phi_w' - N_r' / N_t' \end{aligned} \quad (4)$$

と算出できる。

[0012] 上記式 (4) は、カソード極の湿度が、酸化剤の流量 N_t' および／またはカソード極に導入される酸化剤の湿度 ϕ_w' の調整により制御可能であることを意味している。そして、カソード極の湿度 (カソード極内での酸化剤の湿度) は、カソード極から排出される酸化剤の湿度から把握することができる。また、アノード極ーカソード極間に流れる電流量が増加してカソード極内で消費される水の量 N_r' が増加すると、カソード極の湿度が低下することもわかる。本発明は、本発明者らによる以上のような着想に基づき、さらに種々の検討を重ねてなされたものである。

[0013] すなわち本発明は、以下のアルカリ形燃料電池システム [A] ~ [D] を提供する。

[A] アルカリ形燃料電池のアノード極の湿度を最適に調整することができるアルカリ形燃料電池システムであって、アノード極、アニオン伝導性電解質膜およびカソード極をこの順で備えるアルカリ形燃料電池を含む燃料電池部と、アノード極に還元剤を供給するための還元剤供給部と、カソード極に酸化剤を供給するための酸化剤供給部と、アノード極に供給される還元剤の流量および／または湿度を調整するための第1調整部と、アルカリ形燃料電池のアノード極とカソード極との間を流れる電流値の単位時間当たりの変化量 Δi (以下、単に Δi ともいう) を少なくとも検出する第1検出部と、第1調整部および第1検出部に接続され、第1検出部による検出結果に基づ

いて、第1調整部による還元剤の流量および／または湿度の調整を制御するための第1制御部とを備えるアルカリ形燃料電池システム。

[0014] 上記第1検出部は、アルカリ形燃料電池の出力電圧値の単位時間当たりの変化量 ΔV （以下、単に ΔV ともいう）および抵抗値の単位時間当たりの変化率 ΔR （以下、単に ΔR という）をさらに検出するものであることが好ましい。

[0015] 上記〔A〕のアルカリ形燃料電池システムは、たとえば次のような制御によりアノード極の湿度の調整を行なう。

[0016] （a）第1検出部によって検出された Δi が所定値 A_i （ただし、 A_i は負の値である。）より小さい場合には、第1制御部により、第1調整部が還元剤の流量の低減および／または還元剤の湿度の増加を行なうように制御し、第1検出部によって検出された Δi が所定値 B_i （ただし、 B_i は正の値である。）より大きい場合には、第1制御部により、第1調整部が還元剤の流量の増加および／または還元剤の湿度の低減を行なうように制御する。 Δi の所定値 A_i は、好ましくは $-50 \sim -25$ [$\text{mA} / \text{cm}^2 \cdot \text{min}$] の範囲内であり、所定値 B_i は、好ましくは $+25 \sim +50$ [$\text{mA} / \text{cm}^2 \cdot \text{min}$] の範囲内である。

[0017] （b）第1検出部によって検出された Δi が $A_i \sim B_i$ の範囲内である場合であって、かつ、第1検出部によって検出された ΔR が所定値 C_R （ただし、 C_R は正の値である。）以下である場合には、第1制御部により、第1検出部が ΔV を検出するように制御するとともに、該 ΔV が所定値 D_V （ただし、 D_V は負の値である。）未満である場合には、第1調整部が還元剤の流量の増加および／または還元剤の湿度の低減を行なうように制御する。一方、第1検出部によって検出された ΔR が所定値 C_R より大きい場合には、第1制御部により、第1調整部が還元剤の流量の低減および／または還元剤の湿度の増加を行なうように制御する。 ΔR の所定値 C_R は、好ましくは $+5 \sim +20$ [$\% / \text{min}$] の範囲内であり、 ΔV の所定値 D_V は、好ましくは $-50 \sim -2$ [mV / min] の範囲内である。

[0018] (c) 第1検出部によって検出された Δi が $A_i \sim B_i$ の範囲内である場合であって、かつ、第1検出部によって検出された ΔV が所定値 D_V （ただし、 D_V は負の値である。）未満である場合には、第1制御部により、第1検出部が ΔR を検出するように制御するとともに、該 ΔR が所定値 C_R （ただし、 C_R は正の値である。）以下である場合には、第1調整部が還元剤の流量の増加および／または還元剤の湿度の低減を行なうように制御する。一方、第1検出部によって検出された ΔR が所定値 C_R より大きい場合には、第1制御部により、第1調整部が還元剤の流量の低減および／または還元剤の湿度の増加を行なうように制御する。 ΔV の所定値 D_V は、好ましくは $-50 \sim -2$ [mV/min]の範囲内であり、 ΔR の所定値 C_R は、好ましくは $+5 \sim +20$ [%/min]の範囲内である。

[0019] 上記〔A〕のアルカリ形燃料電池システムが有するアルカリ形燃料電池は、アノードセパレータ、アノード極、アニオン伝導性電解質膜、カソード極およびカソードセパレータをこの順で備えるものであることができる。また、燃料電池部は、直列または並列に電氣的に接続された2以上のアルカリ形燃料電池を含むことができる。

[0020] 還元剤供給部は、たとえば、還元剤を保持する還元剤供給源とアルカリ形燃料電池のアノードセパレータとを接続する配管を含むものであることができる。この場合、第1調整部は、該配管に備えられた流量調整弁および／または調湿器であることができる。

[0021] 〔B〕アルカリ形燃料電池のカソード極の湿度を最適に調整することができるアルカリ形燃料電池システムであって、アノード極、アニオン伝導性電解質膜およびカソード極をこの順で備えるアルカリ形燃料電池を含む燃料電池部と、アノード極に還元剤を供給するための還元剤供給部と、カソード極に酸化剤を供給するための酸化剤供給部と、カソード極に供給される酸化剤の流量および／または湿度を調整するための第2調整部と、アルカリ形燃料電池のアノード極とカソード極との間を流れる電流値の単位時間当たりの変化量 Δi を少なくとも検出する第2検出部と、第2調整部および第2検出部

に接続され、第2検出部による検出結果に基づいて、第2調整部による酸化剤の流量および／または湿度の調整を制御するための第2制御部とを備えるアルカリ形燃料電池システム。

[0022] 上記第2検出部は、アルカリ形燃料電池の出力電圧値の単位時間当たりの変化量 ΔV および抵抗値の単位時間当たりの変化率 ΔR をさらに検出するものであることが好ましい。

[0023] 上記〔B〕のアルカリ形燃料電池システムは、たとえば次のような制御によりカソード極の湿度の調整を行なう。

[0024] (a) 第2検出部によって検出された Δi が所定値 A_i （ただし、 A_i は負の値である。）より小さい場合には、第2制御部により、第2調整部が酸化剤の流量の低減および／または酸化剤の湿度の低減を行なうように制御し、第2検出部によって検出された Δi が所定値 B_i （ただし、 B_i は正の値である。）より大きい場合には、第2制御部により、第2調整部が酸化剤の流量の増加および／または酸化剤の湿度の増加を行なうように制御する。 Δi の所定値 A_i は、好ましくは $-50 \sim -25$ [$\text{mA} / \text{cm}^2 \cdot \text{min}$] の範囲内であり、所定値 B_i は、好ましくは $+25 \sim +50$ [$\text{mA} / \text{cm}^2 \cdot \text{min}$] の範囲内である。

[0025] (b) 第2検出部によって検出された Δi が $A_i \sim B_i$ の範囲内である場合であって、かつ、第2検出部によって検出された ΔR が所定値 C_R （ただし、 C_R は正の値である。）以下である場合には、第2制御部により、第2検出部が ΔV を検出するように制御するとともに、該 ΔV が所定値 D_V （ただし、 D_V は負の値である。）未満である場合には、第2調整部が酸化剤の流量の低減および／または酸化剤の湿度の低減を行なうように制御する。一方、第2検出部によって検出された ΔR が所定値 C_R より大きい場合には、第2制御部により、第2調整部が酸化剤の流量の増加および／または酸化剤の湿度の増加を行なうように制御する。 ΔR の所定値 C_R は、好ましくは $+5 \sim +20$ [$\% / \text{min}$] の範囲内であり、 ΔV の所定値 D_V は、好ましくは $-50 \sim -2$ [mV / min] の範囲内である。

[0026] (c) 第2検出部によって検出された Δi が $A_i \sim B_i$ の範囲内である場合であって、かつ、第2検出部によって検出された ΔV が所定値 D_v （ただし、 D_v は負の値である。）未満である場合には、第2制御部により、第2検出部が ΔR を検出するように制御するとともに、該 ΔR が所定値 C_R （ただし、 C_R は正の値である。）以下である場合には、第2調整部が酸化剤の流量の低減および／または酸化剤の湿度の低減を行なうように制御する。一方、第2検出部によって検出された ΔR が所定値 C_R より大きい場合には、第2制御部により、第2調整部が酸化剤の流量の増加および／または酸化剤の湿度の増加を行なうように制御する。 ΔV の所定値 D_v は、好ましくは $-50 \sim -2$ [mV / min] の範囲内であり、 ΔR の所定値 C_R は、好ましくは $+5 \sim +20$ [% / min] の範囲内である。

[0027] 上記〔B〕のアルカリ形燃料電池システムが有するアルカリ形燃料電池は、アノードセパレータ、アノード極、アニオン伝導性電解質膜、カソード極およびカソードセパレータをこの順で備えるものであることができる。また、燃料電池部は、直列または並列に電氣的に接続された2以上のアルカリ形燃料電池を含むことができる。

[0028] 酸化剤供給部は、たとえば、酸化剤を保持する酸化剤供給源とアルカリ形燃料電池のカソードセパレータとを接続する配管を含むものであることができる。この場合、第2調整部は、該配管に備えられた流量調整弁および／または調湿器であることができる。

[0029] 〔C〕アルカリ形燃料電池のアノード極の湿度を最適に調整することができるアルカリ形燃料電池システムであって、アノード極、アニオン伝導性電解質膜およびカソード極をこの順で備えるアルカリ形燃料電池を含む燃料電池部と、アノード極に還元剤を供給するための還元剤供給部と、カソード極に酸化剤を供給するための酸化剤供給部と、アノード極に供給される還元剤の流量および／または湿度を調整するための第3調整部と、アノード極から排出される還元剤の相対湿度 H を少なくとも検出する第3検出部と、第3調整部および第3検出部に接続され、第3検出部による検出結果に基づいて、

第3調整部による還元剤の流量および／または湿度の調整を制御するための第3制御部とを備えるアルカリ形燃料電池システム。

[0030] 第3検出部は、アルカリ形燃料電池のアノード極とカソード極との間を流れる電流値の単位時間当たりの変化量 Δi および出力電圧値の単位時間当たりの変化量 ΔV をさらに検出するものであることが好ましい。

[0031] 上記〔C〕のアルカリ形燃料電池システムは、たとえば次のような制御によりアノード極の湿度の調整を行なう。

[0032] (a) 第3検出部によって検出された相対湿度 H が所定値 A_H （ただし、 A_H は100%RHより小さい値である。）以下である場合には、第3制御部は、第3調整部が還元剤の流量の低減および／または還元剤の湿度の増加を行なうように制御し、相対湿度 H が所定値 B_H （ただし、 B_H は100%RHより大きい値である。）以上である場合には、第3制御部は、第3調整部が還元剤の流量の増加および／または還元剤の湿度の低減を行なうように制御する。

[0033] ここで相対湿度 H とは、アルカリ形燃料電池の温度に置かれた還元剤が水蒸気として含むことができる水重量の最大値に対する、還元剤に含まれる水重量の比を百分率で表したものと定義され、100%RHより大きい値とは、還元剤に含まれる水重量が、アルカリ形燃料電池の温度に置かれた還元剤が水蒸気として含むことができる水重量の最大値より大きい場合となる。

[0034] 相対湿度 H の所定値 A_H は、好ましくは80～95 [%RH] の範囲内であり、所定値 B_H は、好ましくは105～150 [%RH] の範囲内である。

[0035] (b) 第3検出部によって検出された Δi が $C_i \sim D_i$ （ただし、 C_i は負の値であり、 D_i は正の値である。）の範囲内である場合において、第3検出部によって検出された相対湿度 H が所定値 E_H （ただし、 E_H は100%RHより小さい値である。）以下である場合には、第3制御部は、第3調整部が還元剤の流量の低減および／または還元剤の湿度の増加を行なうように制御する。一方、第3検出部によって検出された相対湿度 H が所定値 F_H （ただし、 F_H =100%RHである。）以上である場合には、第3制御部は、第3検出部が

ΔV を検出するように制御するとともに、該 ΔV が所定値 G_V （ただし、 G_V は負の値である。）未満である場合には、第3調整部が還元剤の流量の増加および／または還元剤の湿度の低減を行なうように制御する。

[0036] (c) 第3検出部によって検出された Δi が $C_i \sim D_i$ （ただし、 C_i は負の値であり、 D_i は正の値である。）の範囲内である場合において、第3検出部によって検出された ΔV が所定値 G_V （ただし、 G_V は負の値である。）未満である場合には、第3制御部は、第3検出部が相对湿度 H を検出するように制御するとともに、該相对湿度 H が所定値 E_H （ただし、 E_H は100%RHより小さい値である。）以下である場合には、第3調整部が還元剤の流量の低減および／または還元剤の湿度の増加を行なうように制御する。一方、相对湿度 H が所定値 F_H （ただし、 $F_H = 100\%RH$ である。）以上である場合には、第3調整部が還元剤の流量の増加および／または還元剤の湿度の低減を行なうように制御する。

[0037] 上記(b)および(c)のアノード極の湿度制御において、 Δi の所定値 C_i は、好ましくは $-50 \sim -25$ [mA/cm²・min]の範囲内であり、所定値 D_i は、好ましくは $+25 \sim +50$ [mA/cm²・min]の範囲内である。相对湿度 H の所定値 E_H は、好ましくは80~95 [%RH]の範囲内である。また、 ΔV の所定値 G_V は、好ましくは $-50 \sim -2$ [mV/min]の範囲内である。

[0038] 第3検出部によって検出された Δi が所定値 C_i より小さい場合には、第3制御部は、第3調整部が還元剤の流量の低減および／または還元剤の湿度の増加を行なうように制御し、第3検出部によって検出された Δi が所定値 D_i より大きい場合には、第3制御部は、第3調整部が還元剤の流量の増加および／または還元剤の湿度の低減を行なうように制御することが好ましい。

[0039] 上記[C]のアルカリ形燃料電池システムが有するアルカリ形燃料電池は、アノードセパレータ、アノード極、アニオン伝導性電解質膜、カソード極およびカソードセパレータをこの順で備えるものであることができる。還元剤供給部は、たとえば、還元剤を保持する還元剤供給源とアルカリ形燃料電

池のアノードセパレータとを接続する配管を含むものであることができる。

この場合、第3調整部は、該配管に備えられた流量調整弁および／または調湿器であることができる。

[0040] 〔D〕 アルカリ形燃料電池のカソード極の湿度を最適に調整することができるアルカリ形燃料電池システムであって、アノード極、アニオン伝導性電解質膜およびカソード極をこの順で備えるアルカリ形燃料電池を含む燃料電池部と、アノード極に還元剤を供給するための還元剤供給部と、カソード極に酸化剤を供給するための酸化剤供給部と、カソード極に供給される酸化剤の流量および／または湿度を調整するための第4調整部と、カソード極から排出される酸化剤の相対湿度 H' を少なくとも検出する第4検出部と、第4調整部および第4検出部に接続され、第4検出部による検出結果に基づいて、第4調整部による酸化剤の流量および／または湿度の調整を制御するための第4制御部とを備えるアルカリ形燃料電池システム。

[0041] 第4検出部は、アルカリ形燃料電池のアノード極とカソード極との間を流れる電流値の単位時間当たりの変化量 Δi および出力電圧値の単位時間当たりの変化量 ΔV をさらに検出するものであることが好ましい。

[0042] 上記〔D〕のアルカリ形燃料電池システムは、たとえば次のような制御によりカソード極の湿度の調整を行なう。

[0043] （a）第4検出部によって検出された相対湿度 H' が所定値 A_H' （ただし、 A_H' は100%RHより小さい値である。）以下である場合には、第4制御部は、第4調整部が酸化剤の流量の増加および／または酸化剤の湿度の増加を行なうように制御し、第4検出部によって検出された相対湿度 H' が所定値 B_H' （ただし、 B_H' は100%RHより大きい値である。）以上である場合には、第4制御部は、第4調整部が酸化剤の流量の低減および／または酸化剤の湿度の低減を行なうように制御する。

[0044] ここで相対湿度 H' とは、アルカリ形燃料電池の温度に置かれた酸化剤が水蒸気として含むことができる水重量の最大値に対する、酸化剤に含まれる水重量の比を百分率で表したものと定義され、100%RHより大きい値と

は、酸化剤に含まれる水重量が、アルカリ形燃料電池の温度に置かれた酸化剤が水蒸気として含むことができる水重量の最大値より大きい場合となる。

[0045] 相対湿度 H' の所定値 A_H' は、好ましくは70～95 [%RH]の範囲内であり、所定値 B_H' は、好ましくは105～130 [%RH]の範囲内である。

[0046] (b) 第4検出部によって検出された Δi が $C_i \sim D_i$ （ただし、 C_i は負の値であり、 D_i は正の値である。）の範囲内である場合において、第4検出部によって検出された相対湿度 H' が所定値 E_H' （ただし、 E_H' は100 %RHより小さい値である。）以下である場合には、第4制御部は、第4調整部が酸化剤の流量の増加および／または酸化剤の湿度の増加を行なうように制御する。一方、第4検出部によって検出された相対湿度 H' が所定値 F_H' （ただし、 $F_H' = 100 \% RH$ である。）以上である場合には、第4制御部は、第4検出部が ΔV を検出するように制御するとともに、該 ΔV が所定値 G_v （ただし、 G_v は負の値である。）未満である場合には、第4調整部が酸化剤の流量の低減および／または酸化剤の湿度の低減を行なうように制御する。

[0047] (c) 第4検出部によって検出された Δi が $C_i \sim D_i$ （ただし、 C_i は負の値であり、 D_i は正の値である。）の範囲内である場合において、第4検出部によって検出された ΔV が所定値 G_v （ただし、 G_v は負の値である。）未満である場合には、第4制御部は、第4検出部が相対湿度 H' を検出するように制御するとともに、該相対湿度 H' が所定値 E_H' （ただし、 E_H' は100 %RHより小さい値である。）以下である場合には、第4調整部が酸化剤の流量の増加および／または酸化剤の湿度の増加を行なうように制御する。一方、相対湿度 H' が所定値 F_H' （ただし、 $F_H' = 100 \% RH$ である。）以上である場合には、第4調整部が酸化剤の流量の低減および／または酸化剤の湿度の低減を行なうように制御する。

[0048] 上記(b)および(c)のカソード極の湿度制御において、 Δi の所定値 C_i は、好ましくは $-50 \sim -25$ [mA / cm² · min]の範囲内であり、所定値 D_i は、好ましくは $+25 \sim +50$ [mA / cm² · min]の範囲内で

ある。相対湿度 H' の所定値 E_H' は、好ましくは $70 \sim 95$ [%RH] の範囲内である。また、 ΔV の所定値 G_V は、好ましくは $-50 \sim -2$ [mV/min] の範囲内である。

[0049] 第4検出部によって検出された Δi が所定値 C_i より小さい場合には、第4制御部は、第4調整部が酸化剤の流量の低減および／または酸化剤の湿度の低減を行なうように制御し、第4検出部によって検出された Δi が所定値 D_i より大きい場合には、第4制御部は、第4調整部が酸化剤の流量の増加および／または酸化剤の湿度の増加を行なうように制御することが好ましい。

[0050] 上記〔D〕のアルカリ形燃料電池システムが有するアルカリ形燃料電池は、アノードセパレータ、アノード極、アニオン伝導性電解質膜、カソード極およびカソードセパレータをこの順で備えるものであることができる。酸化剤供給部は、たとえば、酸化剤供給源とアルカリ形燃料電池のカソードセパレータとを接続する配管を含むものであることができる。この場合、第4調整部は、該配管に備えられた流量調整弁および／または調湿器であることができる。

[0051] 本発明のアルカリ形燃料電池システム〔A〕～〔D〕において、燃料電池部は、直列または並列に電氣的に接続された2以上のアルカリ形燃料電池を含むことができる。本発明のアルカリ形燃料電池システム〔A〕～〔D〕に用いられる還元剤は好ましくは水素ガスであり、酸化剤は好ましくは空気である。

発明の効果

[0052] 本発明のアルカリ形燃料電池システム〔A〕、〔B〕またはその組み合わせによれば、アルカリ形燃料電池の動作状態を反映する Δi 、さらには ΔV 、 ΔR を検出し、それに基づき、アノード極に供給する還元剤および／またはカソード極に供給する酸化剤の湿度や流量を調整することで、アルカリ形燃料電池が有する電極（アノード極および／またはカソード極）の湿度（水分含有量）を最適に調整することができ、もって高い出力電圧を安定して維持することができる。

[0053] 本発明のアルカリ形燃料電池システム〔C〕、〔D〕またはその組み合わせによれば、アルカリ形燃料電池の動作状態を反映するアノード極から排出される還元剤の相対湿度 H および／またはカソード極から排出される酸化剤の相対湿度 H' 、さらには Δi 、 ΔV を検出し、それに基づき、アノード極に供給する還元剤および／またはカソード極に供給する酸化剤の湿度や流量を調整することで、アルカリ形燃料電池が有する電極（アノード極および／またはカソード極）の湿度（水分含有量）を最適に調整することができ、もって高い出力電圧を安定して維持することができる。

図面の簡単な説明

[0054] [図1]第1の実施形態に係るアルカリ形燃料電池システムの構成の一例を示す概略図である。

[図2]本発明に係るアルカリ形燃料電池システムに用いるアルカリ形燃料電池の好ましい一例を示す概略断面図である。

[図3]第1の実施形態に係るアルカリ形燃料電池システムによるアノード極の湿度制御の一例を示すフローチャートである。

[図4]第1の実施形態に係るアルカリ形燃料電池システムによるアノード極の湿度制御の別の一例を示すフローチャートである。

[図5]第1の実施形態に係るアルカリ形燃料電池システムによるアノード極の湿度制御の別の一例を示すフローチャートである。

[図6]第1の実施形態に係るアルカリ形燃料電池システムによるアノード極の湿度制御の別の一例を示すフローチャートである。

[図7]第1の実施形態に係るアルカリ形燃料電池システムによるアノード極の湿度制御の別の一例を示すフローチャートである。

[図8]第2の実施形態に係るアルカリ形燃料電池システムの構成の一例を示す概略図である。

[図9]第2の実施形態に係るアルカリ形燃料電池システムによるカソード極の湿度制御の一例を示すフローチャートである。

[図10]第2の実施形態に係るアルカリ形燃料電池システムによるカソード極

の湿度制御の別の一例を示すフローチャートである。

[図11]第2の実施形態に係るアルカリ形燃料電池システムによるカソード極の湿度制御の別の一例を示すフローチャートである。

[図12]第2の実施形態に係るアルカリ形燃料電池システムによるカソード極の湿度制御の別の一例を示すフローチャートである。

[図13]第2の実施形態に係るアルカリ形燃料電池システムによるカソード極の湿度制御の別の一例を示すフローチャートである。

[図14]第3の実施形態に係るアルカリ形燃料電池システムの構成の一例を示す概略図である。

[図15]第4の実施形態に係るアルカリ形燃料電池システムの構成の一例を示す概略図である。

[図16]第4の実施形態に係るアルカリ形燃料電池システムによるアノード極の湿度制御の一例を示すフローチャートである。

[図17]第4の実施形態に係るアルカリ形燃料電池システムによるアノード極の湿度制御の別の一例を示すフローチャートである。

[図18]第4の実施形態に係るアルカリ形燃料電池システムによるアノード極の湿度制御の別の一例を示すフローチャートである。

[図19]第4の実施形態に係るアルカリ形燃料電池システムによるアノード極の湿度制御の別の一例を示すフローチャートである。

[図20]第4の実施形態に係るアルカリ形燃料電池システムによるアノード極の湿度制御の別の一例を示すフローチャートである。

[図21]第4の実施形態に係るアルカリ形燃料電池システムによるアノード極の湿度制御の別の一例を示すフローチャートである。

[図22]第4の実施形態に係るアルカリ形燃料電池システムによるアノード極の湿度制御の別の一例を示すフローチャートである。

[図23]第5の実施形態に係るアルカリ形燃料電池システムの構成の一例を示す概略図である。

[図24]第5の実施形態に係るアルカリ形燃料電池システムによるカソード極

の湿度制御の一例を示すフローチャートである。

[図25]第5の実施形態に係るアルカリ形燃料電池システムによるカソード極の湿度制御の別の一例を示すフローチャートである。

[図26]第5の実施形態に係るアルカリ形燃料電池システムによるカソード極の湿度制御の別の一例を示すフローチャートである。

[図27]第5の実施形態に係るアルカリ形燃料電池システムによるカソード極の湿度制御の別の一例を示すフローチャートである。

[図28]第5の実施形態に係るアルカリ形燃料電池システムによるカソード極の湿度制御の別の一例を示すフローチャートである。

[図29]第5の実施形態に係るアルカリ形燃料電池システムによるカソード極の湿度制御の別の一例を示すフローチャートである。

[図30]第5の実施形態に係るアルカリ形燃料電池システムによるカソード極の湿度制御の別の一例を示すフローチャートである。

[図31]第6の実施形態に係るアルカリ形燃料電池システムの構成の一例を示す概略図である。

発明を実施するための形態

[0055] <第1の実施形態>

[a] アルカリ形燃料電池システムの構成

図1は、本実施形態に係るアルカリ形燃料電池システム100の構成の一例（上記アルカリ形燃料電池システム〔A〕の構成の一例）を示す概略図である。アルカリ形燃料電池システム100は、アルカリ形燃料電池を含む燃料電池部101；燃料電池部101に接続され、アルカリ形燃料電池のアノード極に還元剤を供給するための還元剤供給部102；燃料電池部101に接続され、アルカリ形燃料電池のカソード極に酸化剤を供給するための酸化剤供給部103；還元剤供給部102に接続され、アノード極に供給される還元剤の流量および／または湿度を調整するための第1調整部104；燃料電池部101に接続され、アルカリ形燃料電池のアノード極とカソード極との間を流れる電流値の単位時間当たりの変化量 Δi を少なくとも検出する第

1 検出部 105 ; ならびに、第 1 調整部 104 および第 1 検出部 105 に接続され、第 1 検出部 105 による検出結果に基づいて、第 1 調整部 104 による還元剤の流量および／または湿度の調整を制御するための第 1 制御部 106 を含む。

[0056] 第 1 検出部 105 は、電流値の単位時間当たりの変化量 Δi のほか、アルカリ形燃料電池の出力電圧値の単位時間当たりの変化量 ΔV および抵抗値の単位時間当たりの変化率 ΔR をさらに検出するものであることが好ましい。

[0057] 上記構成のアルカリ形燃料電池システム 100 によれば、 Δi 、さらには ΔV および ΔR のような電池特性を検出し、当該検出結果に基づいてリアルタイムにアルカリ形燃料電池のアノード極に供給される還元剤の流量および／または湿度の最適化を行なうことができるため、アノード極の湿度が最適化され、結果、上述したアノード極への還元剤の供給を阻害させる「フラッディング」および電解質膜の水分が過少となりアニオン伝導抵抗を増加させる「ドライアップ」の未然防止または改善を図ることが可能になる。これにより、安定して高い出力電圧を維持することができる。

[0058] (燃料電池部)

燃料電池部 101 はアルカリ形燃料電池から構成される。アルカリ形燃料電池とは、電解質膜としてアニオン伝導性電解質膜（アニオン交換膜）を備えた、電荷キャリアが水酸化物イオン（ OH^- ）である燃料電池である。アルカリ形燃料電池は、アノード極、アニオン伝導性電解質膜およびカソード極をこの順で有する膜電極複合体（MEA）を発電主要部として備える。

[0059] 図 2 は、本発明のアルカリ形燃料電池システム（本実施形態および後述する他の実施形態のアルカリ形燃料電池システム）に用いるアルカリ形燃料電池の好ましい一例を示す概略断面図であり、アルカリ形燃料電池の単セル構造を示したものである。図 2 に示されるアルカリ形燃料電池 200 は、アノード極 202、アニオン伝導性電解質膜 201 およびカソード極 203 をこの順で有する膜電極複合体（MEA）210 と、アノード極 202 の外面に積層されるアノードセパレータ 204 と、カソード極 203 の外面に積層さ

れるカソードセパレータ205とを備える。アノードセパレータ204およびカソードセパレータ205のMEA側表面には、それぞれ還元剤、酸化剤をアノード極202、カソード極203に導入するための還元剤流路206、酸化剤流路207が設けられている。

[0060] (1) アニオン伝導性電解質膜

アニオン伝導性電解質膜201としては、OH⁻イオンを伝導でき、かつ、アノード極202とカソード極203との間の短絡を防止するために電氣的絶縁性を有する限り特に制限されないが、アニオン伝導性固体高分子電解質膜を好適に用いることができる。アニオン伝導性固体高分子電解質膜の好ましい例は、たとえば、パーフルオロスルホン酸系、パーフルオロカルボン酸系、スチレンビニルベンゼン系、第4級アンモニウム系の固体高分子電解質膜（アニオン交換膜）が挙げられる。また、ポリアクリル酸に濃厚水酸化カリウム溶液を含浸させた膜やアニオン伝導性固体酸化物電解質膜をアニオン伝導性電解質膜201として用いることもできる。

[0061] アニオン伝導性電解質膜201は、アニオン伝導率が 10^{-5} S/cm 以上であることが好ましく、パーフルオロスルホン酸系高分子電解質膜などのアニオン伝導率が 10^{-3} S/cm 以上の電解質膜を用いることがより好ましい。アニオン伝導性電解質膜201の厚みは、通常 $5\sim300\text{ }\mu\text{m}$ であり、好ましくは $10\sim200\text{ }\mu\text{m}$ である。

[0062] (2) アノード極およびカソード極

アニオン伝導性電解質膜201の一方の面に形成されるアノード極202および他方の面に形成されるカソード極203には、触媒（それぞれアノード触媒、カソード触媒）と電解質（それぞれアノード電解質、カソード電解質）とを含有する多孔質層からなる触媒層（それぞれアノード触媒層、カソード触媒層）が少なくとも設けられる。これらの触媒層は、アニオン伝導性電解質膜201の表面に接して積層される。アノード触媒は、アノード極202に供給された還元剤とOH⁻とから、水および電子を生成する反応を触媒する。アノード電解質は、アニオン伝導性電解質膜201から伝導してきた

OH⁻を触媒反応サイトへ伝導する機能を有する。一方、カソード触媒は、カソード極203に供給された酸化剤および水と、アノード極202から伝達された電子とから、OH⁻を生成する反応を触媒する。カソード電解質は、生成したOH⁻をアニオン伝導性電解質膜201へ伝導する機能を有する。

[0063] アノード触媒およびカソード触媒としては、従来公知のものを使用することができ、たとえば、白金、鉄、コバルト、ニッケル、パラジウム、銀、ルテニウム、イリジウム、モリブデン、マンガン、これらの金属化合物、およびこれらの金属の2種以上を含む合金からなる微粒子が挙げられる。合金は、白金、鉄、コバルト、ニッケルのうち少なくとも2種以上を含有する合金が好ましく、たとえば、白金-鉄合金、白金-コバルト合金、鉄-コバルト合金、コバルト-ニッケル合金、鉄-ニッケル合金等、鉄-コバルト-ニッケル合金が挙げられる。アノード触媒とカソード触媒とは同種であってもよいし、異種であってもよい。

[0064] アノード触媒およびカソード触媒は、担体、好ましくは導電性の担体に担持されたものを用いることが好ましい。導電性担体としては、たとえば、アセチレンブラック、ファーネスブラック、チャンネルブラック、ケッチェンブラック等のカーボンブラック、黒鉛、活性炭等の導電性カーボン粒子が挙げられる。また、気相法炭素繊維（VGCF）、カーボンナノチューブ、カーボンナノワイヤー等の炭素繊維を用いることもできる。

[0065] アノード電解質およびカソード電解質としては、アニオン伝導性固体高分子電解質膜を構成する電解質と同様のものを用いることができる。アノード触媒層およびカソード触媒層における触媒と電解質との含有比は、重量基準で、通常5/1～1/4であり、好ましくは3/1～1/3である。

[0066] アノード極202およびカソード極203はそれぞれ、アノード、カソード触媒層上に積層されるアノードガス拡散層、カソードガス拡散層を備えていてもよい。これらのガス拡散層は、アノード極202、カソード極203に供給される還元剤または酸化剤を面内において拡散させる機能を有するとともに、アノード触媒層、カソード触媒層と電子の授受を行なう機能を有す

る。

[0067] アノードガス拡散層およびカソードガス拡散層は、導電性を有する多孔質層であることができ、具体的には、たとえば、カーボンペーパー；カーボンクロス；カーボン粒子を含有するエポキシ樹脂膜；金属または合金の発泡体、焼結体または繊維不織布などであることができる。アノードガス拡散層およびカソードガス拡散層の厚みはそれぞれ、厚み方向に対して垂直な方向（面内方向）への還元剤または酸化剤の拡散抵抗を低減させるために、 $10\mu\text{m}$ 以上であることが好ましく、厚み方向への拡散抵抗を低減させるために、 1mm 以下であることが好ましい。アノードガス拡散層およびカソードガス拡散層の厚みは、より好ましくは $100\sim 500\mu\text{m}$ である。

[0068] （３）アノードセパレータおよびカソードセパレータ

図２に示されるように、アルカリ形燃料電池は、通常、膜電極複合体２１０のアノード極２０２上に配置される、還元剤をアノード極２０２へ導入するためのアノードセパレータ２０４およびカソード極２０３上に配置される、酸化剤をカソード極２０３に導入するためのカソードセパレータ２０５を備える。アノードセパレータ２０４およびカソードセパレータ２０５はそれぞれ、膜電極複合体２１０側の面に還元剤または酸化剤を流通させるための溝からなる流路（それぞれ還元剤流路２０６、酸化剤流路２０７）を備えるものであることができる。当該流路は、１または２以上の溝から構成することができ、その形状は特に制限されず、ライン状、サーペンタイン状等であることができる。後述する還元剤供給部と還元剤流路２０６とを接続することにより、還元剤を還元剤流路２０６に流通させて、アノード極２０２に還元剤を供給することができる。同様に、後述する酸化剤供給部と酸化剤流路２０７とを接続することにより、酸化剤を酸化剤流路２０７に流通させて、カソード極２０３に酸化剤を供給することができる。

[0069] アノードセパレータ２０４およびカソードセパレータ２０５の材質は特に制限されず、たとえば、カーボン材料、導電性高分子、各種金属、ステンレスに代表される合金などの導電性材料のほか、各種プラスチック材料などの

非導電性材料が挙げられる。なかでも、アノードセパレータ 204 およびカソードセパレータ 205 に集電機能を付与できることから、導電性材料を用いることが好ましい。非導電性材料を用いる場合には、アノード極およびカソード極に別途、触媒層やガス拡散層上に積層される上記導電性材料からなる集電体（集電層）が設けられる。あるいは、アノードセパレータ 204 およびカソードセパレータ 205 を導電性材料から構成し、それらの外側または膜電極複合体 210 と各セパレータとの間に集電体を別途設けてもよい。アノードセパレータ 204 とカソードセパレータ 205（またはアノード集電体とカソード集電体）とを電氣的に接続することにより、アノード極とカソード極との電氣的接続を行なうことができる。

[0070] 本実施形態（および後述する他の実施形態）において、還元剤（燃料）としては、たとえば、 H_2 ガス、炭化水素ガス、アンモニアガスなどを用いることができる。なかでも、 H_2 ガスを用いることが好ましい。酸化剤としては、たとえば、 O_2 ガスや、空気等の O_2 を含むガスなどを用いることができる。なかでも、空気が好ましく用いられる。

[0071] 燃料電池部 101（および後述する他の実施形態のアルカリ形燃料電池システムが備える燃料電池部）は、アルカリ形燃料電池を 2 以上備えることができる。2 以上のアルカリ形燃料電池は、互いに直列に電氣的接続されていてもよいし、並列に電氣的接続されていてもよく、あるいはこれらの両者の電氣的接続を含んでいてもよい。たとえば、図 2 に示されるような単セルの複数を直列に積層した燃料電池スタックや、図 2 に示されるような単セルの複数を同一平面上に配置し、これらを並列に電氣的接続した平面状集積電池、および該平面状集積電池の複数を直列に積層した燃料電池スタックなどを挙げることができる。

[0072] （還元剤供給部および酸化剤供給部）

還元剤供給部 102 は、アルカリ形燃料電池のアノード極に還元剤を供給するための部位であり、たとえば、還元剤供給源（還元剤収容タンクなど）とアルカリ形燃料電池のアノード側（より具体的にはアノードセパレータの

還元剤流路)とを接続する配管であることができる。また、酸化剤供給部103は、アルカリ形燃料電池のカソード極に酸化剤を供給するための部位であり、たとえば、酸化剤供給源(酸化剤収容タンクなど)とアルカリ形燃料電池のカソード側(より具体的にはカソードセパレータの酸化剤流路)とを接続する配管であることができる。還元剤供給部102および酸化剤供給部103の材質は特に制限されず、高分子材料、金属、合金などであってよい。還元剤供給部102および酸化剤供給部103には、必要に応じて、還元剤または酸化剤の流動を促進するポンプやファンが設けられてもよい。

[0073] (第1調整部)

第1調整部104は、還元剤供給部102を流通する(アノード極に供給されることとなる)還元剤の流量あるいは湿度(相対湿度)、またはこれらの双方を調整するための部位であり、還元剤供給部102に接続される。第1調整部104は、たとえば、還元剤供給部102内に設けられた、還元剤の流量を調整する流量調整弁あるいは還元剤の湿度を調整する調湿器、またはこれらの双方であることができる。流量調整弁および調湿器は従来公知のものであってよい。

[0074] 調湿器の具体例を挙げれば、たとえば次のようなものが挙げられる。

1) 温度制御可能な水浴を有しており、還元剤を水浴中の水中へバブリングさせることにより加湿を行なう装置。水浴の温度を調整することにより、還元剤の湿度を増減させることができる。

[0075] 2) 還元剤供給部102内を流通する還元剤に対して、温度制御された霧状(スプレー状)の水を吹き込む装置。この装置においても水温の調整により、還元剤の湿度を増減させることができる。

[0076] 3) 細孔に水を含む多孔質金属(発泡金属など)を備え、該細孔内に還元剤を通過させることにより加湿を行なう装置。この装置においても多孔質金属の温度調整により、還元剤の湿度を増減させることができる。

[0077] 上記のような、温度により還元剤の湿度を調整する調湿器を用いる場合には、第1調整部104は、調湿器の温度(水温、多孔質金属の温度等)を検

知するための温度検知手段（温度センサ）を具備するとともに、燃料電池部 101 は、アルカリ形燃料電池内（特にアノード極）の温度を検知するための温度検知手段（温度センサ）を具備することが好ましい。この場合、後述する第 1 制御部 106 は、両者の温度検知手段による温度検知結果に基づき、調湿器が所望の温度調整を行なうように制御する。具体的には、調湿器の温度を高く／低くすることにより、還元剤の湿度を増加／低下させることができる。

[0078] 第 1 調整部 104 によって調節される「還元剤の湿度」は、下記式（5）：

$$\text{還元剤の湿度} = \left[\frac{\text{第 1 調整部（調湿器）の温度における水の飽和蒸気圧}}{\text{アルカリ形燃料電池の温度における水の飽和蒸気圧}} \right] \quad (5)$$

により定義される。

[0079] なお、ある温度 T における水の飽和蒸気圧は、各温度における水の飽和蒸気圧を記録したテーブルを第 1 制御部 106 に備え、それを参照することにより求めたり、近似的に下記式（6）：

$$\text{温度 T における水の飽和蒸気圧} = 6.11 \times 10^{\{7.5T/(T+237.3)\}} \quad [\text{hPa}] \quad (6)$$

を用いて算出したりすることで得ることができる。得られた還元剤の湿度を参照することにより、第 1 調整部 104 による還元剤の湿度調整を好適な範囲内で行なうことが可能になる。

[0080] なお、第 1 調整部 104 は、任意で、調整後（または調整前後）の還元剤の流量および／または湿度（すなわち、入口側湿度）を検知する検知器を有していてもよい。この場合、当該検知器の検知結果を参照することにより、第 1 調整部 104 による還元剤の流量および／または湿度調整を好適な範囲内で行なうことが可能になる。

[0081] （第 1 検出部）

第 1 検出部 105 は、燃料電池部 101 に接続される、アルカリ形燃料電池の電池特性を検出するための部位である。第 1 検出部 105 は、アルカリ

形燃料電池の電池特性として、アノード極とカソード極との間を流れる電流値の単位時間当たりの変化量 Δi を少なくとも検出する。本実施形態において、この Δi は、アルカリ形燃料電池がフラッディングまたはドライアップを生じる方向へ向かっているか否かを判断するためのパラメータである。したがって、 Δi を検出し、これに応じて還元剤の湿度を適切に調整することにより、フラッディングおよびドライアップを未然に防止することができる。

[0082] ここで Δi は、下記式(7)：

$$\Delta i = (i_1 - i_0) / (t_1 - t_0) \quad [\text{mA} / \text{cm}^2 \cdot \text{min}] \quad (7)$$

〔 i_0 は測定開始時間 t_0 (min)における電流量 (mA/cm²) であり、 i_1 は測定終了時間 t_1 における電流量である。〕

で表される。測定時間 (すなわち、 $t_1 - t_0$) は、1～10分の間で任意の測定時間を選択することができる。電流量 i_0 、 i_1 は、通常用いられている電流計やテスター等を用いて測定することができる。好ましくは、回路内に直接組み込んで電流量を常時測定することができる電流計が用いられる。

[0083] 第1検出部105は、フラッディングまたはドライアップがすでに生じているか、あるいはそのような兆候が認められるかを判断するためのパラメータとして、アルカリ形燃料電池の出力電圧値の単位時間当たりの変化量 ΔV および抵抗値の単位時間当たりの変化率 ΔR をさらに検出するものであることが好ましい。 ΔV はフラッディングを判断するために有効なパラメータであり、 ΔR はドライアップを判断するために有効なパラメータである。

[0084] ΔV は、下記式(8)：

$$\Delta V = (V_1 - V_0) / (t_1 - t_0) \quad [\text{mV} / \text{min}] \quad (8)$$

〔 V_0 は測定開始時間 t_0 (min)における電圧量 (mV) であり、 V_1 は測定終了時間 t_1 における電圧量である。〕

で表される。測定時間 (すなわち、 $t_1 - t_0$) は、1～10分の間で任意の測定時間を選択することができる。電圧量 V_0 、 V_1 は、通常用いられている電圧計やテスター等を用いて測定することができる。好ましくは、回路内に直接

、並列に組み込んで電圧量を常時測定することができる電圧計が用いられる。

[0085] また、 ΔR は、下記式（9）：

$$\Delta R = 100 \times (R_1 - R_0) / [R_0 \times (t_1 - t_0)] \quad [\% / \text{min}]$$

（9）

〔 R_0 は測定開始時間 t_0 （min）における抵抗値（m Ω ）であり、 R_1 は測定終了時間 t_1 における抵抗値（m Ω ）である。〕

で表される。測定時間（すなわち、 $t_1 - t_0$ ）は、1～10分の間で任意の測定時間を選択することができる。抵抗値 R_0 、 R_1 は、電気化学インピーダンス法（交流インピーダンス法）または電流遮断法により測定することができる。電気化学インピーダンス法とは、燃料電池に電子負荷装置（ポテンショガルバノスタット）と周波数応答解析装置（Frequency Response Analyzer, FRA）とを接続し、装置に内蔵した発信器から燃料電池に対し、所定の周波数正弦波信号を出力し、燃料電池から入力される電圧および電流信号を、印加した周波数領域でデータ変換して電気化学インピーダンスを得、複素数平面での実軸と得られたインピーダンススペクトルとの接点から抵抗値を求める方法である。また、電流遮断法とは、燃料電池に電子負荷装置を接続し、電流遮断時にはオーム損失がゼロになり、燃料電池の動作電圧が瞬間的に変化（電圧増加）することを利用して、燃料電池への電流遮断時に得られる電流・電圧波形から抵抗値を算出する方法である。

[0086] 上記の電気化学インピーダンス法および電流遮断法によって得られる、本発明において測定される抵抗は、一般に「セル抵抗」、「溶液抵抗」または「膜抵抗」と呼ばれる、アルカリ形燃料電池を構成するアニオン伝導性電解質膜、電極（触媒、電解質等）およびセパレータなどの抵抗である。このセル抵抗は、とりわけアニオン伝導性電解質膜の抵抗の寄与が大きく、そしてアニオン伝導性電解質膜の抵抗値はアニオン伝導性電解質膜の乾燥状態に大きく依存する。一方、アニオン伝導性電解質膜以外の抵抗（電極およびセパ

レータなどの抵抗)は、アニオン伝導性電解質膜の乾燥状態に関わらず、ほぼ一定の値を示す。したがって、本実施形態では、上記の電気化学インピーダンス法または電流遮断法によって得られるセル抵抗値をもってアニオン伝導性電解質膜の乾燥状態を把握する。すなわち本実施形態では、セル抵抗値の単位時間当たりの変化率(ΔR)が所定値 C_R (ただし、 C_R は正の値である。)より大きい場合には、アニオン伝導性電解質膜の抵抗もまた、単位時間当たりの変化率が正の値を示している(抵抗が増加している)と評価され、アニオン伝導性電解質膜に「ドライアップ」が生じていると判断する。

[0087] なお、上述のように、燃料電池部101(および後述する他の実施形態のアルカリ形燃料電池システムが備える燃料電池部)は、アルカリ形燃料電池を2以上備えることができる。この場合、 Δi 、または、 Δi 、 ΔV および ΔR 値は、それぞれのアルカリ形燃料電池ごとに測定されてもよいが、接続関係や制御の容易性の観点から、2以上のアルカリ形燃料電池を1つの燃料電池とみなして、全体としての Δi 、または、 Δi 、 ΔV および ΔR 値を測定することが好ましい。

[0088] (第1制御部)

第1制御部106は、第1検出部105から出力される検出結果信号(Δi 、または、 Δi 、 ΔV および ΔR 値)に基づいて、第1調整部104による還元剤の流量および/または湿度の調整を制御する部位であり、第1調整部104および第1検出部105に接続される。第1調整部104および燃料電池部101が上述の温度検知手段を備える場合には、これらとも接続され、温度検知手段からの検知信号に基づいて、調湿器による温度調整を制御する。具体的には、第1制御部106は、第1検出部105から出力される検出結果信号を、後述するフローに従って逐次受信し、受信された Δi 、 ΔV 、 ΔR 値と、予め設定した所定値との大小関係を判定する(この点については後で詳述する。)。この判定結果に基づき、アノード極の湿度が最適になるよう第1調整部104の制御を行なう。第1制御部106としては、特に制限されず、たとえば、パーソナルコンピュータなどを用いることができ

る。

[0089] (その他の構成部位)

本実施形態のアルカリ形燃料電池システム（および後述する他の実施形態のアルカリ形燃料電池システム）は、上記で述べたもの以外の他の構成部位を含むことができる。たとえばアルカリ形燃料電池システムは、通常、アルカリ形燃料電池のアノードセパレータを通過した還元剤を外部に排出するための還元剤排出部、および、カソードセパレータを通過した酸化剤を外部に排出するための酸化剤排出部を備える。還元剤排出部および酸化剤排出部はそれぞれ、アノードセパレータの還元剤流路、カソードセパレータの酸化剤流路の出口側端部に接続することができる。また、燃料電池部から排出された還元剤を放出できる程度まで希釈するための希釈部、あるいは、燃料電池部から排出された還元剤を還元剤供給部に戻すためのリサイクル用配管が設けられてもよい。

[0090] [b] アノード極の湿度制御

次に、アルカリ形燃料電池システム 100 によるアノード極の湿度制御について、いくつかの例を示して詳細に説明する。なお、下記に示すアノード極の湿度制御フローは、アルカリ形燃料電池の稼動中、所定の時間間隔を設けて繰り返し行なうことが好ましい。

[0091] (アノード極湿度制御フロー 1)

図 3 は、本実施形態のアルカリ形燃料電池システム 100 によるアノード極の湿度制御の一例を示すフローチャートである。図 3 に示される湿度制御においては、まず、第 1 検出部 105 により Δi が検出される。そして、検出された Δi 値が所定値 A_i （ただし、 A_i は負の値である。）より小さいか否か、および、所定値 B_i （ただし、 B_i は正の値である。）より大きいかな（すなわち、0 を含む $A_i \sim B_i$ の範囲内でないかどうか）が、第 1 制御部 106 により判定される（ステップ S301）。この判定結果に基づき、第 1 制御部 106 は、第 1 調整部 104 を次のように制御する。

[0092] [1] Δi が所定値 A_i より小さい場合には、還元剤の流量の低減および／

または還元剤の湿度の増加を行なうように制御する（ステップS302）。このような制御は、本実施形態では「 $\Delta i < A_i$ 」との判定結果が「ドライアップを生じる方向へ向かっている」と判断されることに基づく。「 $\Delta i < A_i$ （電流値の低下）」は、アノード極での反応により生成する水量の低下、ひいてはアノード極の湿度の低下をもたらし、結果、ドライアップを生じやすいからである。

[0093] [2] Δi が所定値 B_i より大きい場合には、還元剤の流量の増加および／または還元剤の湿度の低減を行なうように制御する（ステップS303）。このような制御は、本実施形態では「 $\Delta i > B_i$ 」との判定結果が「フラッディングを生じる方向へ向かっている」と判断されることに基づく。「 $\Delta i > B_i$ （電流値の上昇）」は、アノード極での反応により生成する水量の増加、ひいてはアノード極の湿度の増加をもたらし、結果、フラッディングを生じやすいからである。

[0094] このように、本例のアノード極の湿度制御は、ドライアップおよびフラッディングの発生を未然に防止するために適用することができる。すなわち、本例の湿度制御は、 Δi の検出結果に基づいて、フィードフォワード制御を行なうものである。また、本例のアノード極の湿度制御は、電流変化のみを検出すればよいと、迅速な制御を行なうことができる点において有利である。

[0095] アノード極の湿度制御は、還元剤の流量調整のみで行なってもよいし、還元剤の湿度調整のみで行なってもよいし、流量および湿度の双方を調整することにより行なってもよい（後述する他の湿度制御フローにおいても同様）。還元剤の流量調整は、アノード極の湿度制御を容易、かつ迅速に行なうことができる点で有利である。一方、還元剤の湿度調整は、アノード極の湿度制御を高い精度で行なうことができる点で有利である。

[0096] 所定値 A_i は、好ましくは $-50 \sim -25$ [$\text{mA} / \text{cm}^2 \cdot \text{min}$] の範囲内であり、より好ましくは $-40 \sim -30$ [$\text{mA} / \text{cm}^2 \cdot \text{min}$] の範囲内である。また、所定値 B_i は、好ましくは $+25 \sim +50$ [$\text{mA} / \text{cm}^2 \cdot \text{min}$]

〕の範囲内であり、より好ましくは $+30 \sim +40$ [$\text{mA} / \text{cm}^2 \cdot \text{min}$]の範囲内である。

[0097] 本例のアノード極の湿度制御において、検出された Δi 値が $A_i \sim B_i$ の範囲内である場合、少なくとも暫くはドライアップおよびフラッディングの発生はないと判断して、次回の Δi の検出時まで第1調整部104による還元剤の流量および／または湿度の調整を実施しないこともできるが、 Δi 値が $A_i \sim B_i$ の範囲内である場合においても、ドライアップまたはフラッディングが生じている可能性があることから、後述するアノード極湿度制御フロー2または3を引き続き実施することが好ましい（アノード極湿度制御フロー4参照）。

[0098] なお、アノード極の湿度を低減させるために還元剤の流量を増加させる場合においては、還元剤の利用効率を考慮して、還元剤の流量を極端に大きくすることは避けることが好ましい。一方、アノード極の湿度を増加させるために還元剤の流量を低減させる場合においては、要求される電力量を供給できなくなるおそれがあることから、還元剤の流量を極端に小さくすることは避けることが好ましい。また、アノード極の湿度を低減させるために還元剤の湿度（入口側湿度）を低減させる場合においては、還元剤の湿度を極端に小さくすることは避けることが好ましい。アノード極の入口側の湿度が極端に低くなることによってアノード極の入口側と出口側との間で極端な湿度差が生じ、ひいては反応量に極端な差が生じて、燃料電池の劣化が生じやすくなるためである。このような適切な範囲内での還元剤の流量および／または湿度の調整は、たとえば、上述した調整後（または調整前後）の還元剤の流量および／または湿度を検知する検知器の検知結果に基づく制御により達成することができる。以上の還元剤の流量および湿度の下限值および上限値に関する事項は、後述する他のアノード極湿度制御フローにおいても当てはまる。

[0099] （アノード極湿度制御フロー2）

図4は、本実施形態のアルカリ形燃料電池システム100によるアノード

極の湿度制御の別の一例を示すフローチャートである。図4に示される湿度制御においては、まず、第1検出部105により Δi が検出される。そして、検出された Δi 値が0を含む $A_i \sim B_i$ (A_i および B_i は上記と同じ意味である。)の範囲内であるか否かが、第1制御部106により判定される(ステップS401)。 Δi が $A_i \sim B_i$ の範囲内である場合、第1制御部106は、第1検出部105が ΔR を検出するように制御する(なお、 Δi が $A_i \sim B_i$ の範囲内でない場合には、上記アノード極湿度制御フロー1を実施すればよい)。そして、検出された ΔR 値が所定値 C_R (ただし、 C_R は正の値である。)以下であるか否かが、第1制御部106により判定される(ステップS402)。この判定結果に基づき、第1制御部106は、第1調整部104等を次のように制御する。

[0100] [1] ΔR が所定値 C_R 以下である場合には、第1制御部106は、第1検出部105が ΔV を検出するように制御する。そして、検出された ΔV 値が所定値 D_V (ただし、 D_V は負の値である。)未満であるか否かが、第1制御部106により判定される(ステップS403)。検出された ΔV が所定値 D_V 未満の場合には、還元剤の流量の増加および／または還元剤の湿度の低減を行なうように制御する(ステップS404)。このような制御は、本実施形態では、「 $\Delta R \leq C_R$ 」およびそれに続く「 $\Delta V < D_V$ 」との判定結果が「電圧値の低下がドライアップではなく、フラッディングによるもの」と判断されることに基づく。すなわち、「 $\Delta V < D_V$ 」(電圧値の低下)との判定結果はドライアップまたはフラッディングが生じていること、あるいはその傾向にあることを意味するが、「 $\Delta R \leq C_R$ 」との判定結果はドライアップ(あるいはその傾向)が生じていないことを意味している。

[0101] 一方、検出された ΔV 値が D_V 以上である場合には、還元剤の流量および／または湿度の調整は不要である。「 $\Delta V \geq D_V$ 」との判定結果は、電圧値が増加しており、ドライアップまたはフラッディング(あるいはそのような傾向)を生じていないと判断されるためである。

[0102] [2] ΔR が所定値 C_R より大きい場合には、還元剤の流量の低減および／

または還元剤の湿度の増加を行なうように制御する（ステップS405）。

このような制御は、本実施形態では、「 $\Delta R > C_R$ 」との判定結果が「ドライアップ（あるいはその傾向）を生じている」と判断されることに基づく。

[0103] 所定値 C_R は、好ましくは $+5 \sim +20$ [%/min] の範囲内であり、より好ましくは $+5 \sim +10$ [%/min] の範囲内である。また、所定値 D_v は、好ましくは $-50 \sim -2$ [mV/min] の範囲内であり、より好ましくは $-30 \sim -10$ [mV/min] の範囲内である。

[0104] このように、本例の湿度制御では、 Δi に加えて、アルカリ形燃料電池の ΔR および必要に応じて ΔV をこの順で検出し、アノード極の湿度の最適化を行なう。これらの電池特性をリアルタイムに検出することにより、アノード極の湿度状態（ドライアップまたはフラッディングを生じているか）を把握することができ、これに応じてアノード極の湿度を最適に制御することができる。本例の湿度制御は、 ΔR や ΔV の検出結果に基づいて、フィードバック制御を行なうものである。特に、本例の湿度制御によれば、ステップS402において「 $\Delta R \leq C_R$ 」でない（すなわち、「 $\Delta R > C_R$ 」）と判断されれば、 ΔV の検出は不要であり、比較的簡便にアノード極の湿度の最適化を行なうことができる。

[0105] （アノード極湿度制御フロー3）

図5は、本実施形態のアルカリ形燃料電池システム100によるアノード極の湿度制御の別の一例を示すフローチャートである。図5に示される湿度制御においては、まず、第1検出部105により Δi が検出される。そして、検出された Δi 値が0を含む $A_i \sim B_i$ （ A_i および B_i は上記と同じ意味である。）の範囲内であるか否かが、第1制御部106により判定される（ステップS501）。 Δi が $A_i \sim B_i$ の範囲内である場合、第1制御部106は、第1検出部105が ΔV を検出するように制御する（なお、 Δi が $A_i \sim B_i$ の範囲内でない場合には、上記アノード極湿度制御フロー1を実施すればよい）。そして、検出された ΔV 値が所定値 D_v （ D_v は上記と同じ意味である。）未満であるか否かが、第1制御部106により判定される（ステップS50

2)。この判定結果に基づき、第1制御部106は、第1調整部104等を次のように制御する。

[0106] [1] ΔV が所定値 D_v 未満である場合には、第1制御部106は、第1検出部105が ΔR を検出するように制御する。そして、検出された ΔR 値が所定値 C_R (C_R は上記と同じ意味である。)以下であるか否かが、第1制御部106により判定される(ステップS503)。検出された ΔR が所定値 C_R 以下の場合には、還元剤の流量の増加および／または還元剤の湿度の低減を行なうように制御する(ステップS504)。このような制御は、本実施形態では、「 $\Delta V < D_v$ 」およびそれに続く「 $\Delta R \leq C_R$ 」との判定結果が「電圧値の低下がドライアップではなく、フラッディングによるもの」と判断されることに基づく。すなわち、「 $\Delta V < D_v$ 」(電圧値の低下)との判定結果はドライアップまたはフラッディングが生じていること、あるいはその傾向にあることを意味するが、「 $\Delta R \leq C_R$ 」との判定結果はドライアップ(あるいはその傾向)が生じていないことを意味している。

[0107] 一方、ステップS503にて検出された ΔR 値が C_R より大きい場合には、還元剤の流量の低減および／または還元剤の湿度の増加を行なうように制御する(ステップS505)。このような制御は、本実施形態では、「 $\Delta R > C_R$ 」との判定結果が「ドライアップ(あるいはその傾向)を生じている」と判断されることに基づく。

[0108] [2] ΔV が所定値 D_v 以上の場合には、還元剤の流量および／または湿度の調整は不要である。「 $\Delta V \geq D_v$ 」との判定結果は、電圧値が増加しており、ドライアップまたはフラッディング(あるいはそのような傾向)を生じていないと判断されるためである。

[0109] このように、本例の湿度制御では、 Δi に加えて、アルカリ形燃料電池の ΔV および必要に応じて ΔR をこの順で検出し、アノード極の湿度の最適化を行なう。これらの電池特性をリアルタイムに検出することにより、アノード極の湿度状態(ドライアップまたはフラッディングを生じているか)を把握することができ、これに応じてアノード極の湿度を最適に制御することが

できる。本例の湿度制御は、 ΔR や ΔV の検出結果に基づいて、フィードバック制御を行なうものである。特に、本例の湿度制御によれば、ステップS502において「 $\Delta V < D_v$ 」でない（すなわち、「 $\Delta V \geq D_v$ 」）と判断されれば、 ΔR の検出は不要であり、比較的簡便にアノード極の湿度の最適化を行なうことができる。 ΔV の検出は ΔR より簡便であり、この点においても本例の湿度制御は有利である。

[0110] （アノード極湿度制御フロー4）

図6および7は、本実施形態のアルカリ形燃料電池システム100によるアノード極の湿度制御の別の例を示すフローチャートである。本例のアノード極の湿度制御は、上記アノード極湿度制御フロー1と、上記アノード極湿度制御フロー2または3とを組み合わせたものである。図6に示す制御フローが上記アノード極湿度制御フロー1とアノード極湿度制御フロー2との組み合わせであり、図7に示す制御フローが上記アノード極湿度制御フロー1とアノード極湿度制御フロー3との組み合わせである。すなわち本例は、上記アノード極湿度制御フロー1のステップS301（本例におけるS601またはS701）において、「 $A_i \leq \Delta i \leq B_i$ 」と判定された場合に、上記アノード極湿度制御フロー2または3の制御フローを実施するものである。具体的には、第1制御部106は、第1調整部104等を次のように制御する。

[0111] （1）図6に示される制御フロー（アノード極湿度制御フロー1と2との組み合わせ）

〔1〕 Δi が A_i より小さい場合には、還元剤の流量の低減および／または還元剤の湿度の増加を行なうように制御する（ステップS602）。

[0112] 〔2〕 Δi が B_i より大きい場合には、還元剤の流量の増加および／または還元剤の湿度の低減を行なうように制御する（ステップS603）。

[0113] 〔3〕 Δi が $A_i \sim B_i$ の範囲内である場合、第1制御部106は、第1検出部105が ΔR を検出するように制御し、検出された ΔR が C_R 以下であるか否かが、第1制御部106により判定される（ステップS604）。この判

定結果に基づき、第1制御部106は、第1調整部104等を次のように制御する。

[0114] [3-1] ΔR が C_R 以下である場合には、第1制御部106は、第1検出部105が ΔV を検出するように制御する。そして、検出された ΔV 値が D_v 未満であるか否かが、第1制御部106により判定される（ステップS605）。検出された ΔV が D_v 未満の場合には、還元剤の流量の増加および／または還元剤の湿度の低減を行なうように制御する（ステップS606）。一方、検出された ΔV が D_v 以上である場合には、還元剤の流量および／または湿度の調整は不要である。

[0115] [3-2] ΔR が C_R より大きい場合には、還元剤の流量の低減および／または還元剤の湿度の増加を行なうように制御する（ステップS607）。

[0116] (2) 図7に示される制御フロー（アノード極湿度制御フロー1と3との組み合わせ）

[1] Δi が A_i より小さい場合には、還元剤の流量の低減および／または還元剤の湿度の増加を行なうように制御する（ステップS702）。

[0117] [2] Δi が B_i より大きい場合には、還元剤の流量の増加および／または還元剤の湿度の低減を行なうように制御する（ステップS703）。

[0118] [3] Δi が $A_i \sim B_i$ の範囲内である場合、第1制御部106は、第1検出部105が ΔV を検出するように制御し、検出された ΔV 値が D_v 未満であるか否かが、第1制御部106により判定される（ステップS704）。この判定結果に基づき、第1制御部106は、第1調整部104等を次のように制御する。

[0119] [3-1] ΔV が D_v 未満である場合には、第1制御部106は、第1検出部105が ΔR を検出するように制御する。そして、検出された ΔR 値が C_R 以下であるか否かが、第1制御部106により判定される（ステップS705）。検出された ΔR が C_R 以下の場合には、還元剤の流量の増加および／または還元剤の湿度の低減を行なうように制御する（ステップS706）。一方、検出された ΔR が C_R より大きい場合には、還元剤の流量の低減および／

または還元剤の湿度の増加を行なうように制御する（ステップS707）。

[0120] [3-2] ΔV が D_v 以上の場合には、還元剤の流量および／または湿度の調整は不要である。

[0121] 本例によれば、最初に検出する Δi 値が採り得るすべての場合（ $\Delta i < A_i$ 、 $A_i \leq \Delta i \leq B_i$ および $\Delta i > B_i$ ）に応じて、適切に還元剤の流量および／または湿度を調整し、アノード極の湿度を最適に制御することができるため、ドライアップおよびフラッディングを効果的に抑制または未然防止することができる。 Δi の検出結果に基づくアノード極の湿度制御は、ドライアップおよびフラッディングの発生の未然防止に有効であり、 ΔR や ΔV の検出結果に基づくアノード極の湿度制御は、ドライアップおよびフラッディングの発生（またはその傾向）を改善するのに有効である。このように本例の湿度制御は、 Δi の検出結果に基づくフィードフォワード制御と ΔR や ΔV の検出結果に基づくフィードバック制御の2つの制御手法を組み合わせたものである。

[0122] <第2の実施形態>

[a] アルカリ形燃料電池システムの構成

図8は、本実施形態に係るアルカリ形燃料電池システム800の構成の一例（上記アルカリ形燃料電池システム[B]の構成の一例）を示す概略図である。アルカリ形燃料電池システム800は、アルカリ形燃料電池を含む燃料電池部801；燃料電池部801に接続され、アルカリ形燃料電池のアノード極に還元剤を供給するための還元剤供給部802；燃料電池部801に接続され、アルカリ形燃料電池のカソード極に酸化剤を供給するための酸化剤供給部803；酸化剤供給部803に接続され、カソード極に供給される酸化剤の流量および／または湿度を調整するための第2調整部804；燃料電池部801に接続され、アルカリ形燃料電池のアノード極とカソード極との間を流れる電流値の単位時間当たりの変化量 Δi を少なくとも検出する第2検出部805；ならびに、第2調整部804および第2検出部805に接続され、第2検出部805による検出結果に基づいて、第2調整部804に

よる酸化剤の流量および／または湿度の調整を制御するための第2制御部806を含む。

[0123] 第2検出部805は、電流値の単位時間当たりの変化量 Δi のほか、アルカリ形燃料電池の出力電圧値の単位時間当たりの変化量 ΔV および抵抗値の単位時間当たりの変化率 ΔR をさらに検出するものであることが好ましい。

[0124] 上記構成のアルカリ形燃料電池システム800によれば、 Δi 、さらには ΔV および ΔR のような電池特性を検出し、当該検出結果に基づいてリアルタイムにアルカリ形燃料電池のカソード極に供給される酸化剤の流量および／または湿度の最適化を行なうことができるため、カソード極の湿度が最適化され、結果、上述したカソード極への酸化剤の供給を阻害させる「フラッディング」および電解質膜の水分が過少となりアニオン伝導抵抗を増加させる「ドライアップ」の未然防止または改善を図ることが可能になる。これにより、安定して高い出力電圧を維持することができる。

[0125] 本実施形態のアルカリ形燃料電池システム800が備える燃料電池部801、還元剤供給部802、酸化剤供給部803はそれぞれ、上記第1の実施形態に係るアルカリ形燃料電池システム100が備える燃料電池部101、還元剤供給部102、酸化剤供給部103と同様の構成であることができ、燃料電池部101、還元剤供給部102および酸化剤供給部103について述べた事項が燃料電池部801、還元剤供給部802および酸化剤供給部803に対しても引用される。

[0126] (第2調整部)

第2調整部804は、酸化剤供給部803を流通する（カソード極に供給されることとなる）酸化剤の流量あるいは湿度（相対湿度）、またはこれらの双方を調整するための部位であり、酸化剤供給部803に接続される。第2調整部804は、たとえば、酸化剤供給部803内に設けられた、酸化剤の流量を調整する流量調整弁あるいは酸化剤の湿度を調整する調湿器、またはこれらの双方であることができる。流量調整弁および調湿器は従来公知のものであってよい。

[0127] 調湿器の具体例を挙げれば、たとえば次のようなものが挙げられる。

1) 温度制御可能な水浴を有しており、酸化剤を水浴中の水中へバブリングさせることにより加湿を行なう装置。水浴の温度を調整することにより、酸化剤の湿度を増減させることができる。

[0128] 2) 酸化剤供給部 803 内を流通する酸化剤に対して、温度制御された霧状（スプレー状）の水を吹き込む装置。この装置においても水温の調整により、酸化剤の湿度を増減させることができる。

[0129] 3) 細孔に水を含む多孔質金属（発泡金属など）を備え、該細孔内に酸化剤を通過させることにより加湿を行なう装置。この装置においても多孔質金属の温度調整により、酸化剤の湿度を増減させることができる。

[0130] 上記のような、温度により酸化剤の湿度を調整する調湿器を用いる場合には、第2調整部 804 は、調湿器の温度（水温、多孔質金属の温度等）を検知するための温度検知手段（温度センサ）を具備するとともに、燃料電池部 801 は、アルカリ形燃料電池内（特にカソード極）の温度を検知するための温度検知手段（温度センサ）を具備することが好ましい。この場合、後述する第2制御部 806 は、両者の温度検知手段による温度検知結果に基づき、調湿器が所望の温度調整を行なうように制御する。具体的には、調湿器の温度を高く／低くすることにより、酸化剤の湿度を増加／低下させることができる。

[0131] 第2調整部 804 によって調節される「酸化剤の湿度」は、下記式（10）：

$$\text{酸化剤の湿度} = \left[\frac{\text{第2調整部（調湿器）の温度における水の飽和蒸気圧}}{\text{アルカリ形燃料電池の温度における水の飽和蒸気圧}} \right] \quad (10)$$

により定義される。

[0132] なお、ある温度 T における水の飽和蒸気圧は、各温度における水の飽和蒸気圧を記録したテーブルを第2制御部 806 に備え、それを参照することにより求めたり、近似的に上記式（6）を用いて算出したりすることで得ることができる。得られた酸化剤の湿度を参照することにより、第2調整部 80

4 による酸化剤の湿度調整を好適な範囲内で行なうことが可能になる。

[0133] 第2調整部804は、任意で、調整後（または調整前後）の酸化剤の流量および／または湿度（すなわち、入口側湿度）を検知する検知器を有していてもよい。この場合、当該検知器の検知結果を参照することにより、第2調整部804による酸化剤の流量および／または湿度調整を好適な範囲内で行なうことが可能になる。

[0134] （第2検出部）

第2検出部805は、燃料電池部801に接続される、アルカリ形燃料電池の電池特性を検出するための部位である。第2検出部805は、アルカリ形燃料電池の電池特性として、アノード極とカソード極との間を流れる電流値の単位時間当たりの変化量 Δi を少なくとも検出する。本実施形態において、この Δi は、アルカリ形燃料電池がフラッディングまたはドライアップを生じる方向へ向かっているか否かを判断するためのパラメータである。したがって、 Δi を検出し、これに応じて酸化剤の湿度を適切に調整することにより、フラッディングおよびドライアップを未然に防止することができる。本実施形態においても Δi は上記式（7）で表される。

[0135] 第2検出部805は、フラッディングまたはドライアップがすでに生じているか、あるいはそのような兆候が認められるかを判断するためのパラメータとして、アルカリ形燃料電池の出力電圧値の単位時間当たりの変化量 ΔV および抵抗値の単位時間当たりの変化率 ΔR をさらに検出するものであることが好ましい。 ΔV はフラッディングを判断するために有効なパラメータであり、 ΔR はドライアップを判断するために有効なパラメータである。本実施形態においても ΔV 、 ΔR はそれぞれ、上記式（8）、（9）で表され、上記式（9）における抵抗値 R_0 、 R_1 は、電気化学インピーダンス法（交流インピーダンス法）または電流遮断法により測定することができる。本実施形態においても、電気化学インピーダンス法または電流遮断法によって得られるセル抵抗値をもってアニオン伝導性電解質膜の乾燥状態を把握する。すなわち本実施形態では、セル抵抗値の単位時間当たりの変化率（ ΔR ）が所定

値 C_R （ただし、 C_R は正の値である。）より大きい場合には、アニオン伝導性電解質膜の抵抗もまた、単位時間当たりの変化率が正の値を示している（抵抗が増加している）と評価され、アニオン伝導性電解質膜に「ドライアップ」が生じていると判断する。

[0136] （第2制御部）

第2制御部806は、第2検出部805から出力される検出結果信号（ Δi 、または、 Δi 、 ΔV および ΔR 値）に基づいて、第2調整部804による酸化剤の流量および／または湿度の調整を制御する部位であり、第2調整部804および第2検出部805に接続される。第2調整部804および燃料電池部801が上述の温度検知手段を備える場合には、これらとも接続され、温度検知手段からの検知信号に基づいて、調湿器による温度調整を制御する。具体的には、第2制御部806は、第2検出部805から出力される検出結果信号を、後述するフローに従って逐次受信し、受信された Δi 、 ΔV 、 ΔR 値と、予め設定した所定値との大小関係を判定する（この点については後で詳述する。）。この判定結果に基づき、カソード極の湿度が最適になるよう第2調整部804の制御を行なう。第2制御部806としては、特に制限されず、たとえば、パーソナルコンピュータなどを用いることができる。

[0137] [b] カソード極の湿度制御

次に、アルカリ形燃料電池システム800によるカソード極の湿度制御について、いくつかの例を示して詳細に説明する。なお、下記に示すカソード極の湿度制御フローは、アルカリ形燃料電池の稼動中、所定の時間間隔を設けて繰り返し行なうことが好ましい。

[0138] （カソード極湿度制御フロー1）

図9は、本実施形態のアルカリ形燃料電池システム800によるカソード極の湿度制御の一例を示すフローチャートである。図9に示される湿度制御においては、まず、第2検出部805により Δi が検出される。そして、検出された Δi 値が所定値 A_i （ただし、 A_i は負の値である。）より小さいか否

か、および、所定値 B_i （ただし、 B_i は正の値である。）より大きいかな否か（すなわち、0 を含む $A_i \sim B_i$ の範囲内でないかどうか）が、第2制御部806により判定される（ステップS901）。この判定結果に基づき、第2制御部806は、第2調整部804を次のように制御する。

[0139] 〔1〕 Δi が所定値 A_i より小さい場合には、酸化剤の流量の低減および／または酸化剤の湿度の低減を行なうように制御する（ステップS902）。このような制御は、本実施形態では「 $\Delta i < A_i$ 」との判定結果が「フラッディングを生じる方向へ向かっている」と判断されることに基づく。「 $\Delta i < A_i$ （電流値の低下）」は、カソード極での反応により消費される水量の低下、したがってカソード極の湿度の増加をもたらし、結果、フラッディングを生じやすいからである。

[0140] 〔2〕 Δi が所定値 B_i より大きい場合には、酸化剤の流量の増加および／または酸化剤の湿度の増加を行なうように制御する（ステップS903）。このような制御は、本実施形態では「 $\Delta i > B_i$ 」との判定結果が「ドライアップを生じる方向へ向かっている」と判断されることに基づく。「 $\Delta i > B_i$ （電流値の上昇）」は、カソード極での反応により消費される水量の増加、したがってカソード極の湿度の低下をもたらし、結果、ドライアップを生じやすいからである。

[0141] このように、本例のカソード極の湿度制御は、ドライアップおよびフラッディングの発生を未然に防止するために適用することができる。すなわち、本例の湿度制御は、 Δi の検出結果に基づいて、フィードフォワード制御を行なうものである。また、本例のカソード極の湿度制御は、電流変化のみを検出すればよいため、迅速な制御を行なうことができる点において有利である。

[0142] カソード極の湿度制御は、酸化剤の流量調整のみで行なってもよいし、酸化剤の湿度調整のみで行なってもよいし、流量および湿度の双方を調整することにより行なってもよい（後述する他の湿度制御フローにおいても同様）。酸化剤の流量調整は、カソード極の湿度制御を容易、かつ迅速に行なうこ

とができる点で有利である。一方、酸化剤の湿度調整は、カソード極の湿度制御を高い精度で行なうことができる点で有利である。

[0143] 所定値 A_i は、好ましくは $-50 \sim -25$ [$\text{mA} / \text{cm}^2 \cdot \text{min}$] の範囲内であり、より好ましくは $-40 \sim -30$ [$\text{mA} / \text{cm}^2 \cdot \text{min}$] の範囲内である。また、所定値 B_i は、好ましくは $+25 \sim +50$ [$\text{mA} / \text{cm}^2 \cdot \text{min}$] の範囲内であり、より好ましくは $+30 \sim +40$ [$\text{mA} / \text{cm}^2 \cdot \text{min}$] の範囲内である。

[0144] 本例のカソード極の湿度制御において、検出された Δi 値が $A_i \sim B_i$ の範囲内である場合、少なくとも暫くはドライアップおよびフラッディングの発生はないと判断して、次回の Δi の検出時まで第2調整部804による酸化剤の流量および／または湿度の調整を実施しないこともできるが、 Δi 値が $A_i \sim B_i$ の範囲内である場合においても、ドライアップまたはフラッディングが生じている可能性があることから、後述するカソード極湿度制御フロー2または3を引き続き実施することが好ましい（カソード極湿度制御フロー4参照）。

[0145] なお、カソード極の湿度を増加させるために酸化剤の流量を増加させる場合においては、酸化剤供給のためにファンなどの補機を用いたときに補機の電力ロスが大きくなることから、酸化剤の流量を極端に大きくすることは避けることが好ましい。一方、カソード極の湿度を低減させるために酸化剤の流量を低減させる場合においては、要求される電力量を供給できなくなるおそれがあることから、酸化剤の流量を極端に小さくすることは避けることが好ましい。また、カソード極の湿度を増加させるために酸化剤の湿度を増加させる場合においては、酸化剤の湿度を極端に大きくすることは避けることが好ましい。カソード極の入口側の湿度が極端に高くなることによってカソード極の入口側と出口側との間で極端な湿度差が生じ、ひいては反応量に極端な差が生じて、燃料電池の劣化が生じやすくなるためである。このような適切な範囲内の酸化剤の流量および／または湿度の調整は、たとえば、上述した調整後（または調整前後）の酸化剤の流量および／または湿度を検知

する検知器の検知結果に基づく制御により達成することができる。以上の酸化剤の流量および湿度の下限値および上限値に関する事項は、後述する他のカソード極湿度制御フローにおいても当てはまる。

[0146] (カソード極湿度制御フロー 2)

図 10 は、本実施形態のアルカリ形燃料電池システム 800 によるカソード極の湿度制御の別の一例を示すフローチャートである。図 10 に示される湿度制御においては、まず、第 2 検出部 805 により Δi が検出される。そして、検出された Δi 値が 0 を含む $A_i \sim B_i$ (A_i および B_i は上記と同じ意味である。) の範囲内であるか否かが、第 2 制御部 806 により判定される (ステップ S1001)。 Δi が $A_i \sim B_i$ の範囲内である場合、第 2 制御部 806 は、第 2 検出部 805 が ΔR を検出するように制御する (なお、 Δi が $A_i \sim B_i$ の範囲内でない場合には、上記カソード極湿度制御フロー 1 を実施すればよい)。そして、検出された ΔR 値が所定値 C_R (ただし、 C_R は正の値である。) 以下であるか否かが、第 2 制御部 806 により判定される (ステップ S1002)。この判定結果に基づき、第 2 制御部 806 は、第 2 調整部 804 等を次のように制御する。

[0147] [1] ΔR が所定値 C_R 以下である場合には、第 2 制御部 806 は、第 2 検出部 805 が ΔV を検出するように制御する。そして、検出された ΔV 値が所定値 D_V (ただし、 D_V は負の値である。) 未満であるか否かが、第 2 制御部 806 により判定される (ステップ S1003)。検出された ΔV が所定値 D_V 未満の場合には、酸化剤の流量の低減および／または酸化剤の湿度の低減を行なうように制御する (ステップ S1004)。このような制御は、本実施形態では、「 $\Delta R \leq C_R$ 」 およびそれに続く「 $\Delta V < D_V$ 」との判定結果が「電圧値の低下がドライアップではなく、フラッディングによるもの」と判断されることに基づく。すなわち、「 $\Delta V < D_V$ 」 (電圧値の低下) との判定結果はドライアップまたはフラッディングが生じていること、あるいはその傾向にあることを意味するが、「 $\Delta R \leq C_R$ 」との判定結果はドライアップ (あるいはその傾向) が生じていないことを意味している。

[0148] 一方、検出された ΔV 値が D_v 以上である場合には、酸化剤の流量および／または湿度の調整は不要である。「 $\Delta V \geq D_v$ 」との判定結果は、電圧値が増加しており、ドライアップまたはフラッディング（あるいはそのような傾向）を生じていないと判断されるためである。

[0149] [2] ΔR が所定値 C_R より大きい場合には、酸化剤の流量の増加および／または酸化剤の湿度の増加を行なうように制御する（ステップS1005）。このような制御は、本実施形態では、「 $\Delta R > C_R$ 」との判定結果が「ドライアップ（あるいはその傾向）を生じている」と判断されることに基づく。

[0150] 所定値 C_R は、好ましくは $+5 \sim +20$ [%/min] の範囲内であり、より好ましくは $+5 \sim +10$ [%/min] の範囲内である。また、所定値 D_v は、好ましくは $-50 \sim -2$ [mV/min] の範囲内であり、より好ましくは $-30 \sim -10$ [mV/min] の範囲内である。

[0151] このように、本例の湿度制御では、 Δi に加えて、アルカリ形燃料電池の ΔR および必要に応じて ΔV をこの順で検出し、カソード極の湿度の最適化を行なう。これらの電池特性をリアルタイムに検出することにより、カソード極の湿度状態（ドライアップまたはフラッディングを生じているか）を把握することができ、これに応じてカソード極の湿度を最適に制御することができる。本例の湿度制御は、 ΔR や ΔV の検出結果に基づいて、フィードバック制御を行なうものである。特に、本例の湿度制御によれば、ステップS1002において「 $\Delta R \leq C_R$ 」でない（すなわち、「 $\Delta R > C_R$ 」）と判断されれば、 ΔV の検出は不要であり、比較的簡便にカソード極の湿度の最適化を行なうことができる。

[0152] （カソード極湿度制御フロー3）

図11は、本実施形態のアルカリ形燃料電池システム800によるカソード極の湿度制御の別の一例を示すフローチャートである。図11に示される湿度制御においては、まず、第2検出部805により Δi が検出される。そして、検出された Δi 値が0を含む $A_i \sim B_i$ （ A_i および B_i は上記と同じ意味である。）の範囲内であるか否かが、第2制御部806により判定される（

ステップS 1 1 0 1)。Δ i が $A_i \sim B_i$ の範囲内である場合、第2制御部8 0 6は、第2検出部8 0 5がΔ Vを検出するように制御する（なお、Δ i が $A_i \sim B_i$ の範囲内でない場合には、上記カソード極湿度制御フロー1を実施すればよい）。そして、検出されたΔ V値が所定値 D_v （ D_v は上記と同じ意味である。）未満であるか否かが、第2制御部8 0 6により判定される（ステップS 1 1 0 2）。この判定結果に基づき、第2制御部8 0 6は、第2調整部8 0 4等を次のように制御する。

[0153] 〔1〕 Δ Vが所定値 D_v 未満である場合には、第2制御部8 0 6は、第2検出部8 0 5がΔ Rを検出するように制御する。そして、検出されたΔ R値が所定値 C_R （ C_R は上記と同じ意味である。）以下であるか否かが、第2制御部8 0 6により判定される（ステップS 1 1 0 3）。検出されたΔ Rが所定値 C_R 以下の場合には、酸化剤の流量の低減および／または酸化剤の湿度の低減を行なうように制御する（ステップS 1 1 0 4）。このような制御は、本実施形態では、「 $\Delta V < D_v$ 」およびそれに続く「 $\Delta R \leq C_R$ 」との判定結果が「電圧値の低下がドライアップではなく、フラッディングによるもの」と判断されることに基づく。すなわち、「 $\Delta V < D_v$ 」（電圧値の低下）との判定結果はドライアップまたはフラッディングが生じていること、あるいはその傾向にあることを意味するが、「 $\Delta R \leq C_R$ 」との判定結果はドライアップ（あるいはその傾向）が生じていないことを意味している。

[0154] 一方、ステップS 1 1 0 3にて検出されたΔ R値が C_R より大きい場合には、酸化剤の流量の増加および／または酸化剤の湿度の増加を行なうように制御する（ステップS 1 1 0 5）。このような制御は、本実施形態では、「 $\Delta R > C_R$ 」との判定結果が「ドライアップ（あるいはその傾向）を生じている」と判断されることに基づく。

[0155] 〔2〕 Δ Vが所定値 D_v 以上の場合には、酸化剤の流量および／または湿度の調整は不要である。「 $\Delta V \geq D_v$ 」との判定結果は、電圧値が増加しており、ドライアップまたはフラッディング（あるいはそのような傾向）を生じていないと判断されるためである。

[0156] このように、本例の湿度制御では、 Δi に加えて、アルカリ形燃料電池の ΔV および必要に応じて ΔR をこの順で検出し、カソード極の湿度の最適化を行なう。これらの電池特性をリアルタイムに検出することにより、カソード極の湿度状態（ドライアップまたはフラッディングを生じているか）を把握することができ、これに応じてカソード極の湿度を最適に制御することができる。本例の湿度制御は、 ΔR や ΔV の検出結果に基づいて、フィードバック制御を行なうものである。特に、本例の湿度制御によれば、ステップS 1102において「 $\Delta V < D_v$ 」でない（すなわち、「 $\Delta V \geq D_v$ 」）と判断されれば、 ΔR の検出は不要であり、比較的簡便にカソード極の湿度の最適化を行なうことができる。 ΔV の検出は ΔR より簡便であり、この点においても本実施形態は有利な形態である。

[0157] （カソード極湿度制御フロー4）

図12および13は、本実施形態のアルカリ形燃料電池システム800によるカソード極の湿度制御の別の例を示すフローチャートである。本例のカソード極の湿度制御は、上記カソード極湿度制御フロー1と、上記カソード極湿度制御フロー2または3とを組み合わせたものである。図12に示す制御フローが上記カソード極湿度制御フロー1とカソード極湿度制御フロー2との組み合わせであり、図13に示す制御フローが上記カソード極湿度制御フロー1とカソード極湿度制御フロー3との組み合わせである。すなわち、本例は、上記カソード極湿度制御フロー1のステップS901（本実施形態におけるS1201またはS1301）において、「 $A_i \leq \Delta i \leq B_i$ 」と判定された場合に、上記カソード極湿度制御フロー2または3の制御フローを実施するものである。具体的には、第2制御部806は、第2調整部804等を次のように制御する。

[0158] （1）図12に示される制御フロー（カソード極湿度制御フロー1と2との組み合わせ）

〔1〕 Δi が A_i より小さい場合には、酸化剤の流量の低減および／または酸化剤の湿度の低減を行なうように制御する（ステップS1202）。

- [0159] [2] Δi が B_i より大きい場合には、酸化剤の流量の増加および／または酸化剤の湿度の増加を行なうように制御する（ステップ S 1 2 0 3）。
- [0160] [3] Δi が $A_i \sim B_i$ の範囲内である場合、第 2 制御部 8 0 6 は、第 2 検出部 8 0 5 が ΔR を検出するように制御し、検出された ΔR が C_R 以下であるか否かが、第 2 制御部 8 0 6 により判定される（ステップ S 1 2 0 4）。この判定結果に基づき、第 2 制御部 8 0 6 は、第 2 調整部 8 0 4 等を次のように制御する。
- [0161] [3 - 1] ΔR が C_R 以下である場合には、第 2 制御部 8 0 6 は、第 2 検出部 8 0 5 が ΔV を検出するように制御する。そして、検出された ΔV 値が D_v 未満であるか否かが、第 2 制御部 8 0 6 により判定される（ステップ S 1 2 0 5）。検出された ΔV が D_v 未満の場合には、酸化剤の流量の低減および／または酸化剤の湿度の低減を行なうように制御する（ステップ S 1 2 0 6）。一方、検出された ΔV が D_v 以上である場合には、酸化剤の流量および／または湿度の調整は不要である。
- [0162] [3 - 2] ΔR が C_R より大きい場合には、酸化剤の流量の増加および／または酸化剤の湿度の増加を行なうように制御する（ステップ S 1 2 0 7）。
- [0163] (2) 図 1 3 に示される制御フロー（カソード極湿度制御フロー 1 と 3 との組み合わせ）
- [1] Δi が A_i より小さい場合には、酸化剤の流量の低減および／または酸化剤の湿度の低減を行なうように制御する（ステップ S 1 3 0 2）。
- [0164] [2] Δi が B_i より大きい場合には、酸化剤の流量の増加および／または酸化剤の湿度の増加を行なうように制御する（ステップ S 1 3 0 3）。
- [0165] [3] Δi が $A_i \sim B_i$ の範囲内である場合、第 2 制御部 8 0 6 は、第 2 検出部 8 0 5 が ΔV を検出するように制御し、検出された ΔV 値が D_v 未満であるか否かが、第 2 制御部 8 0 6 により判定される（ステップ S 1 3 0 4）。この判定結果に基づき、第 2 制御部 8 0 6 は、第 2 調整部 8 0 4 等を次のように制御する。
- [0166] [3 - 1] ΔV が D_v 未満である場合には、第 2 制御部 8 0 6 は、第 2 検出

部 8 0 5 が ΔR を検出するように制御する。そして、検出された ΔR 値が C_R 以下であるか否かが、第 2 制御部 8 0 6 により判定される（ステップ S 1 3 0 5）。検出された ΔR が C_R 以下の場合には、酸化剤の流量の低減および／または酸化剤の湿度の低減を行なうように制御する（ステップ S 1 3 0 6）。一方、検出された ΔR が C_R より大きい場合には、酸化剤の流量の増加および／または酸化剤の湿度の増加を行なうように制御する（ステップ S 1 3 0 7）。

[0167] 〔3－2〕 ΔV が D_v 以上の場合には、酸化剤の流量および／または湿度の調整は不要である。

[0168] 本例によれば、最初に検出する Δi 値が採り得るすべての場合（ $\Delta i < A_i$ 、 $A_i \leq \Delta i \leq B_i$ および $\Delta i > B_i$ ）に応じて、適切に酸化剤の流量および／または湿度を調整し、カソード極の湿度を最適に制御することができるため、ドライアップおよびフラッディングを効果的に抑制または未然防止することができる。 Δi の検出結果に基づくカソード極の湿度制御は、ドライアップおよびフラッディングの発生の未然防止に有効であり、 ΔR や ΔV の検出結果に基づくカソード極の湿度制御は、ドライアップおよびフラッディングの発生（またはその傾向）を改善するのに有効である。このように本例の湿度制御は、 Δi の検出結果に基づくフィードフォワード制御と ΔR や ΔV の検出結果に基づくフィードバック制御の 2 つの制御手法を組み合わせたものである。

[0169] ＜第 3 の実施形態＞

図 1 4 は、本実施形態に係るアルカリ形燃料電池システム 1 4 0 0 の構成の一例を示す概略図であり、アノード極に供給される還元剤の流量および／または湿度を調整するための第 1 調整部 1 4 0 4 a と、カソード極に供給される酸化剤の流量および／または湿度を調整するための第 2 調整部 1 4 0 4 b とを備えるアルカリ形燃料電池システムの構成を示したものである。図 1 4 に示されるアルカリ形燃料電池システム 1 4 0 0 は、アルカリ形燃料電池が有するアノード極およびカソード極の湿度を最適に調整することが可能な

システムであり、上記第 1 および第 2 の実施形態を組み合わせたものといえる。

[0170] 図 14 に示されるアルカリ形燃料電池システム 1400 は、アルカリ形燃料電池を含む燃料電池部 1401；燃料電池部 1401 に接続され、アルカリ形燃料電池のアノード極に還元剤を供給するための還元剤供給部 1402；燃料電池部 1401 に接続され、アルカリ形燃料電池のカソード極に酸化剤を供給するための酸化剤供給部 1403；還元剤供給部 1402 に接続され、アノード極に供給される還元剤の流量および／または湿度を調整するための第 1 調整部 1404a；酸化剤供給部 1403 に接続され、カソード極に供給される酸化剤の流量および／または湿度を調整するための第 2 調整部 1404b；燃料電池部 1401 に接続され、アルカリ形燃料電池のアノード極とカソード極との間を流れる電流値の単位時間当たりの変化量 Δi を少なくとも検出する検出部 1405；ならびに、第 1 および第 2 調整部 1404a, 1404b ならびに検出部 1405 に接続され、検出部 1405 による検出結果に基づいて、第 1 調整部 1404a による還元剤の流量および／または湿度の調整、ならびに、第 2 調整部 1404b による酸化剤の流量および／または湿度の調整を制御するための制御部 1406 を含む。

[0171] 本実施形態のアルカリ形燃料電池システム 1400 が備える燃料電池部、還元剤供給部および酸化剤供給部の構成は、上記第 1 の実施形態で説明したものと同様であることができる。第 1 および第 2 調整部 1404a, 1404b もまた、それぞれ第 1 の実施形態における第 1 調整部 104、第 2 の実施形態における第 2 調整部 804 と同様であることができる。検出部 1405 は、 Δi のほか、アルカリ形燃料電池の出力電圧値の単位時間当たりの変化量 ΔV および抵抗値の単位時間当たりの変化率 ΔR をさらに検出するものであることが好ましい。

[0172] 制御部 1406 は、第 1 調整部 1404a による還元剤の流量および／または湿度の調整と、第 2 調整部 1404b による酸化剤の流量および／または湿度の調整とをそれぞれ独立に制御できるものである。第 1 調整部 140

4 a による還元剤の流量および／または湿度の調整を制御する制御部と、第2調整部1404bによる酸化剤の流量および／または湿度の調整を制御する制御部とを別個に備えていてもよい。

[0173] 本実施形態のアルカリ形燃料電池システム1400によれば、 Δi 、さらには ΔV および ΔR のような電池特性を検出し、当該検出結果に基づいてリアルタイムにアルカリ形燃料電池のアノード極に供給される還元剤の流量および／または湿度の最適化を行なうとともに、カソード極に供給される酸化剤の流量および／または湿度の最適化を行なうことができるため、アノード極、さらにはカソード極の湿度が最適化され、その結果、フラッディングおよびドライアップの未然防止または改善をより効果的に図ることが可能になる。これにより、安定して高い出力電圧を維持することができる。

[0174] 本実施形態のアルカリ形燃料電池システム1400は、上述したアノード極の湿度制御とカソード極の湿度制御とを、アルカリ形燃料電池の稼動中、それぞれ独立に並行して実施する。具体的なアノード極の湿度制御フローおよびカソード極の湿度制御フローは上述のとおりである。

[0175] <第4の実施形態>

[a] アルカリ形燃料電池システムの構成

図15は、本実施形態に係るアルカリ形燃料電池システム1500の構成の一例（上記アルカリ形燃料電池システム〔C〕の構成の一例）を示す概略図である。アルカリ形燃料電池システム1500は、アルカリ形燃料電池が有するアノード極の湿度を最適に調整することが可能なシステムであり、アルカリ形燃料電池を含む燃料電池部1501；燃料電池部1501に接続され、アルカリ形燃料電池のアノード極に還元剤を供給するための還元剤供給部1502；燃料電池部1501に接続され、アルカリ形燃料電池のカソード極に酸化剤を供給するための酸化剤供給部1503；還元剤供給部1502に接続され、アノード極に供給される還元剤の流量および／または湿度を調整するための第3調整部1504；燃料電池部1501に接続され、アルカリ形燃料電池のアノード極から排出される還元剤の相対湿度Hを少なくと

も検出する第3検出部1505；ならびに、第3調整部1504および第3検出部1505に接続され、第3検出部1505による検出結果に基づいて、第3調整部1504による還元剤の流量および／または湿度の調整を制御するための第3制御部1506を含む。

[0176] 第3検出部1505は、アノード極から排出される還元剤の相対湿度Hのほか、好ましくは、アルカリ形燃料電池のアノード極とカソード極との間を流れる電流値の単位時間当たりの変化量 Δi および出力電圧値の単位時間当たりの変化量 ΔV をさらに検出するものである。

[0177] なお以下では、アノード極に供給される還元剤の湿度（相対湿度）を還元剤の「入口側湿度（入口側相対湿度）」とも称し、アノード極から排出される還元剤の湿度（相対湿度H）を還元剤の「出口側湿度（出口側相対湿度H）」とも称する。

[0178] 本実施形態のアルカリ形燃料電池システム1500によれば、還元剤の出口側相対湿度H、さらには Δi および ΔV のような電池特性を検出し、当該検出結果に基づいてリアルタイムにアルカリ形燃料電池のアノード極に供給される還元剤の流量および／または湿度（入口側湿度）の最適化を行なうことができるため、アノード極の湿度が最適化され、結果、上述したアノード極への還元剤の供給を阻害させる「フラッディング」および電解質膜の水分が過少となりアニオン伝導抵抗を増加させる「ドライアップ」の未然防止または改善を図ることが可能になる。これにより、安定して高い出力電圧を維持することができる。

[0179] 本実施形態のアルカリ形燃料電池システム1500が備える燃料電池部1501、還元剤供給部1502、酸化剤供給部1503、第3調整部1504はそれぞれ、上記第1の実施形態に係るアルカリ形燃料電池システム100が備える燃料電池部101、還元剤供給部102、酸化剤供給部103、第1調整部104と同様の構成であることができ、燃料電池部101、還元剤供給部102、酸化剤供給部103および第1調整部104について述べた事項が燃料電池部1501、還元剤供給部1502、酸化剤供給部150

3および第3調整部1504に対しても引用される。

[0180] 第3調整部1504は、任意で、調整後（または調整前後）の還元剤の流量および／または湿度（すなわち、入口側湿度）を検知する検知器を有していてもよい。この場合、当該検知器の検知結果を参照することにより、第3調整部1504による還元剤の流量および／または湿度調整を好適な範囲内で行なうことが可能になる。

[0181] （第3検出部）

第3検出部1505は、燃料電池部1501に接続される、アルカリ形燃料電池のアノード極から排出される還元剤の相対湿度H（出口側相対湿度H）を少なくとも検出するための部位である。本実施形態において、出口側相対湿度Hは、アルカリ燃料電池にフラッディングもしくはドライアップがすでに生じているか（あるいはそのような兆候が認められるか）否かを判断するためのパラメータである。出口側相対湿度Hを検出し、この検出結果に基づき、アノード極に供給される還元剤の流量および／または湿度を適切に調整することにより、フラッディングもしくはドライアップの改善を図ることができる。

[0182] 第3検出部1505は、図2を参照して、アノードセパレータ204が有する還元剤流路206の出口側端部または当該端部に接続される、還元剤を外部に排出するための還元剤排出部に設けられる湿度計を含むものであることができる。還元剤の相対湿度Hの検出を行なう湿度計としては、たとえば、タスコジャパン株式会社製「高精度圧力露点プローブTMS-442-5」などの湿度計を利用することができる。たとえば、湿度計を還元剤排出部に設置し、湿度計および還元剤排出部を、アルカリ形燃料電池の温度より高い温度に保持することで、水の凝結を伴うことなく、100%RH以上の相対湿度Hを計測することができる。

[0183] 第3検出部1505は、アルカリ形燃料電池のフラッディングまたはドライアップ状態を判断するための他のパラメータとして、アルカリ形燃料電池のアノード極とカソード極との間を流れる電流値の単位時間当たりの変化量

Δi および出力電圧値の単位時間当たりの変化量 ΔV をさらに検出するものであることが好ましい。 Δi はアルカリ形燃料電池がフラッディングまたはドライアップを生じる方向へ向かっているか否かを判断するために有効なパラメータである。また、 ΔV はフラッディングを判断するために有効なパラメータである。本実施形態においても Δi 、 ΔV はそれぞれ、上記式 (7)、(8) で表される。

[0184] (第3制御部)

第3制御部1506は、第3検出部1505から出力される検出結果信号(相対湿度H、または、相対湿度H、 Δi および ΔV 値)に基づいて、第3調整部1504による還元剤の流量および／または湿度の調整を制御する部位であり、第3調整部1504および第3検出部1505に接続される。第3調整部1504および燃料電池部1501が上述の温度検知手段を備える場合には、これらとも接続され、温度検知手段からの検知信号に基づいて、調湿器による温度調整を制御する。具体的には、第3制御部1506は、第3検出部1505から出力される検出結果信号を、後述するフローに従って逐次受信し、受信された相対湿度H、 Δi 、 ΔV 値と、予め設定した所定値との大小関係を判定する(この点については後で詳述する。)。この判定結果に基づき、アノード極の湿度が最適になるよう第3調整部1504による還元剤の流量および／または湿度の調整の制御を行なう。第3制御部1506としては、特に制限されず、たとえば、パーソナルコンピュータなどを用いることができる。

[0185] [b] アノード極の湿度制御

次に、アルカリ形燃料電池システム1500によるアノード極の湿度制御について、いくつかの例を示して詳細に説明する。なお、下記に例示するアノード極の湿度制御フローは、アルカリ形燃料電池の稼動中、所定の時間間隔を設けて繰り返し行なうことが好ましい。

[0186] (アノード極湿度制御フロー1)

図16は、本実施形態のアルカリ形燃料電池システム1500によるアノ

ード極の湿度制御の一例を示すフローチャートである。図16に示される湿度制御においては、まず、第3検出部1505により出口側相対湿度 H が検出される。そして、検出された H が所定値 A_H （ただし、 A_H は100%RHより小さい値である。）以下であるか否か、および、所定値 B_H （ただし、 B_H は100%RHより大きい値である。）以上であるか否か（換言すれば、 H が100%RHを含む A_H 超 B_H 未満の範囲内でないかどうか）が、第3制御部1506により判定される（ステップS1601）。この判定結果に基づき、第3制御部1506は、第3調整部1504を次のように制御する。

[0187] 〔1〕 H が所定値 A_H 以下である場合には、アノード極に供給される還元剤の流量の低減および／または還元剤の湿度（入口側湿度）の増加を行なうように制御する（ステップS1602）。このような制御は、本実施形態では「 $H \leq A_H$ 」との判定結果が「ドライアップ（あるいはその傾向）を生じている」と判断されることに基づく。「 $H \leq A_H$ 」（排出された還元剤の相対湿度が過度に低いこと）は、アノード極内の湿度が十分に高くないことを意味しているといえるからである。

[0188] 〔2〕 H が所定値 B_H 以上である場合には、アノード極に供給される還元剤の流量の増加および／または還元剤の湿度（入口側湿度）の低減を行なうように制御する（ステップS1603）。このような制御は、本実施形態では「 $H \geq B_H$ 」との判定結果が「フラッディング（あるいはその傾向）を生じている」と判断されることに基づく。「 $H \geq B_H$ 」（排出された還元剤の相対湿度が過度に高いこと）は、アノード極内の湿度が過度に高くなっていることを意味しているといえるからである。

[0189] このように、本例のアノード極の湿度制御は、ドライアップおよびフラッディングの発生（またはその傾向）を改善するために適用することができる。すなわち、本例の湿度制御は、相対湿度 H の検出結果に基づいて、フィードバック制御を行なうものである。本例のアノード極の湿度制御は、出口側相対湿度 H のみを検出すればよいため、迅速な制御を行なうことができる点において有利である。

[0190] アノード極の湿度制御は、アノード極に供給される還元剤の流量調整のみで行なってもよいし、還元剤の湿度調整のみで行なってもよいし、流量および湿度の双方を調整することにより行なってもよい（後述する他の湿度制御フローにおいても同様である。）。還元剤の流量調整は、アノード極の湿度制御を容易、かつ迅速に行なうことができる点で有利である。一方、還元剤の湿度調整は、アノード極の湿度制御を高い精度で行なうことができる点で有利である。

[0191] なお、アノード極の湿度を低減させるために還元剤の流量を増加させる場合においては、還元剤の利用効率を考慮して、還元剤の流量を極端に大きくすることは避けることが好ましい。一方、アノード極の湿度を増加させるために還元剤の流量を低減させる場合においては、要求される電力量を供給できなくなるおそれがあることから、還元剤の流量を極端に小さくすることは避けることが好ましい。また、アノード極の湿度を低減させるために還元剤の湿度（入口側湿度）を低減させる場合においては、還元剤の湿度を極端に小さくすることは避けることが好ましい。アノード極の入口側の湿度が極端に低くなることによってアノード極の入口側と出口側との間で極端な湿度差が生じ、ひいては反応量に極端な差が生じて、燃料電池の劣化が生じやすくなるためである。このような適切な範囲内での還元剤の流量および／または湿度の調整は、たとえば、上述した調整後（または調整前後）の還元剤の流量および／または湿度を検知する検知器の検知結果に基づく制御により達成することができる。以上の還元剤の流量および湿度の下限值および上限値に関する事項は、後述する他の湿度制御フローにおいても当てはまる。

[0192] 所定値 A_H は、好ましくは 80～95 [%RH] の範囲内であり、より好ましくは 90～95 [%RH] の範囲内である。また、所定値 B_H は、好ましくは 105～150 [%RH] の範囲内であり、より好ましくは 105～130 [%RH] の範囲内である。

[0193] 本例の湿度制御において、検出された H が $A_H < H < B_H$ を満たす場合には、ドライアップおよびフラッシング（またはその傾向）は生じていないと判

断して、次回のHの検出時まで第3調整部1504による還元剤の流量および／または湿度の調整を実施しないことができる。

[0194] (アノード極湿度制御フロー2)

図17は、本実施形態のアルカリ形燃料電池システム1500によるアノード極の湿度制御の別の一例を示すフローチャートである。図17に示される湿度制御においては、まず、第3検出部1505により Δi が検出される。そして、検出された Δi が0を含む $C_i \sim D_i$ （ただし、 C_i は負の値であり、 D_i は正の値である。）の範囲内であるか否かが、第3制御部1506により判定される（ステップS1701）。 Δi が $C_i \sim D_i$ の範囲内である場合（すなわち、アルカリ形燃料電池の動作状態の変化がほぼなく、電流量の増減によるアノード極で生成する水の量の変化がほぼないと判断できる場合）、第3制御部1506は、第3検出部1505が出口側相対湿度Hを検出するように制御する（なお、 Δi が $C_i \sim D_i$ の範囲内でない場合については後述。）。そして、検出されたHが所定値 A_H （ A_H は上記と同じ意味である。）以下であるか否か、および、所定値 B_H （ B_H は上記と同じ意味である。）以上であるか否か（換言すれば、Hが A_H 超 B_H 未満の範囲内でないかどうか）が、第3制御部1506により判定される（ステップS1702）。この判定結果に基づき、第3制御部1506は、第3調整部1504等を次のように制御する。

[0195] [1] Hが所定値 A_H 以下である場合には、第3制御部1506は、アノード極に供給される還元剤の流量の低減および／または還元剤の湿度の増加を行なうように制御する（ステップS1703）。このような制御は、本実施形態では「 $H \leq A_H$ 」との判定結果が「ドライアップ（あるいはその傾向）を生じている」と判断されることに基づく。「 $H \leq A_H$ 」（排出された還元剤の相対湿度が過度に低いこと）は、アノード極内の湿度が十分に高くないことを意味しているといえるからである。

[0196] [2] Hが所定値 B_H 以上である場合には、第3制御部1506は、アノード極に供給される還元剤の流量の増加および／または還元剤の湿度（入口側

湿度)の低減を行なうように制御する(ステップS1704)。このような制御は、本実施形態では「 $H \geq B_H$ 」との判定結果が「フラッディング(あるいはその傾向)を生じている」と判断されることに基づく。「 $H \geq B_H$ 」(排出された還元剤の相対湿度が過度に高いこと)は、アノード極内の湿度が過度に高くなっていることを意味しているといえるからである。

[0197] 検出された H が $A_H < H < B_H$ を満たす場合には、ドライアップおよびフラッディング(またはその傾向)は生じていないと判断して、次回の Δi の検出時まで第3調整部1504による還元剤の流量および/または湿度の調整を実施しないことができる。

[0198] 以上のフロー制御により、電流量の増減によるアノード極で生成する水の量の変化がほぼない場合において生じ得るドライアップおよびフラッディング(またはその傾向)を改善することができる。

[0199] Δi の所定値 C_i は、好ましくは $-50 \sim -25$ [$\text{mA}/\text{cm}^2 \cdot \text{min}$]の範囲内であり、より好ましくは $-40 \sim -30$ [$\text{mA}/\text{cm}^2 \cdot \text{min}$]の範囲内である。所定値 D_i は、好ましくは $+25 \sim +50$ [$\text{mA}/\text{cm}^2 \cdot \text{min}$]の範囲内であり、より好ましくは $+30 \sim +40$ [$\text{mA}/\text{cm}^2 \cdot \text{min}$]の範囲内である。

[0200] ここで、図18を参照して、検出された Δi が $C_i \sim D_i$ の範囲内でない場合においては、第3制御部1506は、第3調整部1504を次のように制御することが好ましい。

[0201] [1] Δi が所定値 C_i より小さい場合には、アノード極に供給される還元剤の流量の低減および/または還元剤の湿度の増加を行なうように制御する(ステップS1801)。このような制御は、本実施形態では「 $\Delta i < C_i$ 」との判定結果が「ドライアップを生じる方向へ向かっている」と判断されることに基づく。「 $\Delta i < C_i$ (電流値の低下)」は、アノード極での反応により生成する水量の低下、ひいてはアノード極の湿度の低下をもたらし、結果、ドライアップを生じやすいからである。

[0202] [2] Δi が所定値 D_i より大きい場合には、アノード極に供給される還元

剤の流量の増加および／または還元剤の湿度の低減を行なうように制御する（ステップS 1 8 0 2）。このような制御は、本実施形態では「 $\Delta i > D_i$ 」との判定結果が「フラッディングを生じる方向へ向かっている」と判断されることに基づく。「 $\Delta i > D_i$ （電流値の上昇）」は、アノード極での反応により生成する水量の増加、ひいてはアノード極の湿度の増加をもたらし、結果、フラッディングを生じやすいからである。

[0203] このように、本例の湿度制御では、 Δi および相対湿度Hをこの順で検出し、アノード極の湿度の最適化を行なう。これらの特性をリアルタイムに検出することにより、アノード極の湿度状態を把握することができ、これに応じてアノード極の湿度を最適に制御することができる。 Δi の検出結果に基づくアノード極の湿度制御は、ドライアップおよびフラッディングの発生の未然防止に有効であり、相対湿度Hの検出結果に基づくアノード極の湿度制御は、ドライアップおよびフラッディングの発生（またはその傾向）を改善するのに有効である。このように本例の湿度制御は、 Δi の検出結果に基づくフィードフォワード制御と相対湿度Hの検出結果に基づくフィードバック制御の2つの制御手法を組み合わせたものである。

[0204] （アノード極湿度制御フロー3）

図19は、本実施形態のアルカリ形燃料電池システム1500によるアノード極の湿度制御の別の一例を示すフローチャートである。図19に示される湿度制御においては、まず、第3検出部1505により Δi が検出される。そして、検出された Δi が0を含む $C_i \sim D_i$ （ C_i および D_i は上記と同じ意味である。）の範囲内であるか否かが、第3制御部1506により判定される（ステップS 1 9 0 1）。 Δi が $C_i \sim D_i$ の範囲内である場合、第3制御部1506は、第3検出部1505が出口側相対湿度Hを検出するように制御する（なお、 Δi が $C_i \sim D_i$ の範囲内でない場合については後述。）。そして、検出されたHが所定値 E_H （ただし、 E_H は100%RHより小さい値である。）以下であるか否か、および、所定値 F_H （ただし、 $F_H = 100\%RH$ である。）以上であるか否か（換言すれば、Hが E_H 超 F_H 未満の範囲内でないかど

うか) が、第3制御部1506により判定される(ステップS1902)。
この判定結果に基づき、第3制御部1506は、第3調整部1504等を次のように制御する。

- [0205] 〔1〕Hが所定値 E_H 以下である場合には、第3制御部1506は、アノード極に供給される還元剤の流量の低減および／または還元剤の湿度の増加を行なうように制御する(ステップS1903)。このような制御は、本実施形態では「 $H \leq E_H$ 」との判定結果が「ドライアップ(あるいはその傾向)を生じている」と判断されることに基づく。
- [0206] 〔2〕Hが所定値 F_H 以上である場合には、第3制御部1506は、第3検出部1505が ΔV を検出するように制御する。そして、検出された ΔV が所定値 G_V (ただし、 G_V は負の値である。)未満であるか否かが、第3制御部1506により判定される(ステップS1904)。検出された ΔV が所定値 G_V 未満の場合には、アノード極に供給される還元剤の流量の増加および／または還元剤の湿度の低減を行なうように制御する(ステップS1905)。このような制御は、本実施形態では、「 $H \geq F_H$ 」およびそれに続く「 $\Delta V < G_V$ 」との判定結果が「電圧値の低下がドライアップではなく、フラッディングによるもの」と判断されることに基づく。すなわち、「 $\Delta V < G_V$ 」(電圧値の低下)との判定結果はドライアップまたはフラッディングが生じていること、あるいはその傾向にあることを意味するが、「 $H \geq F_H$ 」との判定結果はドライアップ(あるいはその傾向)が生じていないことを意味している。
- [0207] 一方、ステップS1904において検出された ΔV が G_V 以上である場合には、還元剤の流量および／または湿度の調整は不要である。「 $\Delta V \geq G_V$ 」との判定結果は、電圧値が増加しており、ドライアップまたはフラッディング(あるいはそのような傾向)を生じていないと判断されるためである。
- [0208] 〔3〕ステップS1902において検出されたHが $E_H < H < F_H$ を満たす場合には、ドライアップおよびフラッディング(またはその傾向)は生じていないと判断して、次回の Δi の検出時まで第3調整部1504による還元剤

の流量および／または湿度の調整を実施しないことができる。

[0209] 相対湿度 H の所定値 E_H は、好ましくは80～95 [%RH] の範囲内であり、より好ましくは90～95 [%RH] の範囲内である。また、 ΔV の所定値 G_V は、好ましくは-50～-2 [mV/min] の範囲内であり、より好ましくは-30～-10 [mV/min] の範囲内である。

[0210] ここで、図20を参照して、検出された Δi が $C_i \sim D_i$ の範囲内でない場合においては、上述のアノード極湿度制御フロー2と同様、第3制御部1506は、第3調整部1504を次のように制御することが好ましい。

[0211] [1] Δi が所定値 C_i より小さい場合には、アノード極に供給される還元剤の流量の低減および／または還元剤の湿度の増加を行なうように制御する（ステップS2001）。

[0212] [2] Δi が所定値 D_i より大きい場合には、アノード極に供給される還元剤の流量の増加および／または還元剤の湿度の低減を行なうように制御する（ステップS2002）。

[0213] このように、本例の湿度制御では、 Δi 、相対湿度 H および ΔV をこの順で検出し、アノード極の湿度の最適化を行なう。これらの特性をリアルタイムに検出することにより、アノード極の湿度状態を把握することができ、これに応じてアノード極の湿度を最適に制御することができる。 Δi の検出結果に基づくアノード極の湿度制御は、ドライアップおよびフラッディングの発生の未然防止に有効であり、相対湿度 H および ΔV の検出結果に基づくアノード極の湿度制御は、ドライアップおよびフラッディングの発生（またはその傾向）を改善するのに有効である。このように本例の湿度制御は、 Δi の検出結果に基づくフィードフォワード制御と相対湿度 H および ΔV の検出結果に基づくフィードバック制御の2つの制御手法を組み合わせたものである。特に、本例によれば、ステップS1902において「 $H \geq F_H$ 」でないと判定されれば、 ΔV の検出は不要であり、比較的簡便にアノード極の湿度の最適化を行なうことができる。

[0214] （アノード極湿度制御フロー4）

図21は、本実施形態のアルカリ形燃料電池システム1500によるアノード極の湿度制御の別の一例を示すフローチャートである。図21に示される湿度制御においては、まず、第3検出部1505により Δi が検出される。そして、検出された Δi が0を含む $C_i \sim D_i$ (C_i および D_i は上記と同じ意味である。)の範囲内であるか否かが、第3制御部1506により判定される(ステップS2101)。 Δi が $C_i \sim D_i$ の範囲内である場合、第3制御部1506は、第3検出部1505が ΔV を検出するように制御する(なお、 Δi が $C_i \sim D_i$ の範囲内でない場合については後述。)。そして、検出された ΔV が所定値 G_v (G_v は上記と同じ意味である。)未満であるか否かが、第3制御部1506により判定される(ステップS2102)。この判定結果に基づき、第3制御部1506は、第3調整部1504等を次のように制御する。

[0215] [1] ΔV が所定値 G_v 未満である場合には、第3制御部1506は、第3検出部1505が出口側相対湿度 H を検出するように制御する。そして、検出された H が所定値 E_H (E_H は上記と同じ意味である。)以下であるか否か、および、所定値 F_H (F_H は上記と同じ意味である。)以上であるか否か(換言すれば、 H が E_H 超 F_H 未満の範囲内でないかどうか)が、第3制御部1506により判定される(ステップS2103)。検出された H が所定値 E_H 以下である場合には、第3制御部1506は、アノード極に供給される還元剤の流量の低減および／または還元剤の湿度の増加を行なうように制御する(ステップS2104)。このような制御は、本発明では「 $H \leq E_H$ 」との判定結果が「ドライアップ(あるいはその傾向)を生じている」と判断されることに基づく。

[0216] 一方、ステップS803にて検出された H が所定値 F_H 以上である場合には、第3制御部1506は、アノード極に供給される還元剤の流量の増加および／または還元剤の湿度の低減を行なうように制御する(ステップS805)。このような制御は、本実施形態では、「 $\Delta V < G_v$ 」およびそれに続く「 $H \geq F_H$ 」との判定結果が「電圧値の低下がドライアップではなく、フラッデ

ィングによるもの」と判断されることに基づく。すなわち、「 $\Delta V < G_v$ 」（電圧値の低下）との判定結果はドライアップまたはフラッディングが生じていること、あるいはその傾向にあることを意味するが、「 $H \geq F_H$ 」との判定結果はドライアップ（あるいはその傾向）が生じていないことを意味している。

[0217] 〔2〕ステップS 2 1 0 3において検出されたHが $E_H < H < F_H$ を満たす場合には、ドライアップおよびフラッディング（またはその傾向）は生じていないと判断して、次回の Δi の検出時まで第3調整部1 5 0 4による還元剤の流量および／または湿度の調整を実施しないことができる。

[0218] 〔3〕ステップS 2 1 0 2において検出された ΔV が所定値 G_v 以上である場合には、還元剤の流量および／または湿度の調整は不要である。「 $\Delta V \geq G_v$ 」との判定結果は、電圧値が増加しており、ドライアップまたはフラッディング（あるいはそのような傾向）を生じていないと判断されるためである。

[0219] 図2 2に示されるように、本例の湿度制御においても、検出された Δi が $C_i \sim D_i$ の範囲内でない場合においては、第3制御部1 5 0 6は、上述のアノード極湿度制御フロー2および3と同様の制御を行なうことが好ましい。すなわち、 Δi が所定値 C_i より小さい場合には、アノード極に供給される還元剤の流量の低減および／または還元剤の湿度の増加を行なうように制御し（ステップS 2 2 0 1）、 Δi が所定値 D_i より大きい場合には、還元剤の流量の増加および／または還元剤の湿度の低減を行なうように制御する（ステップS 2 2 0 2）ことが好ましい。

[0220] このように、本例の湿度制御では、 Δi 、 ΔV および相対湿度Hをこの順で検出し、アノード極の湿度の最適化を行なう。これらの特性をリアルタイムに検出することにより、アノード極の湿度状態を把握することができ、これに応じてアノード極の湿度を最適に制御することができる。 Δi の検出結果に基づくアノード極の湿度制御は、ドライアップおよびフラッディングの発生未然防止に有効であり、相対湿度Hおよび ΔV の検出結果に基づくア

ノード極の湿度制御は、ドライアップおよびフラッディングの発生（またはその傾向）を改善するのに有効である。このように本例の湿度制御は、 Δi の検出結果に基づくフィードフォワード制御と相対湿度 H および ΔV の検出結果に基づくフィードバック制御の2つの制御手法を組み合わせたものである。特に、本例によれば、ステップS 2 1 0 2において「 $\Delta V < G_v$ 」でない（すなわち、「 $\Delta V \geq G_v$ 」）と判断されれば、出口側相対湿度 H の検出は不要であり、比較的簡便にアノード極の湿度の最適化を行なうことができる。

[0221] <第5の実施形態>

[a] アルカリ形燃料電池システムの構成

図23は、本実施形態に係るアルカリ形燃料電池システム2300の構成の一例（上記アルカリ形燃料電池システム〔D〕の構成の一例）を示す概略図である。アルカリ形燃料電池システム2300は、アルカリ形燃料電池が有するカソード極の湿度を最適に調整することが可能なシステムであり、アルカリ形燃料電池を含む燃料電池部2301；燃料電池部2301に接続され、アルカリ形燃料電池のアノード極に還元剤を供給するための還元剤供給部2302；燃料電池部2301に接続され、アルカリ形燃料電池のカソード極に酸化剤を供給するための酸化剤供給部2303；酸化剤供給部2303に接続され、カソード極に供給される酸化剤の流量および／または湿度を調整するための第4調整部2304；燃料電池部2301に接続され、アルカリ形燃料電池のカソード極から排出される酸化剤の相対湿度 H' を少なくとも検出する第4検出部2305；ならびに、第4調整部2304および第4検出部2305に接続され、第4検出部2305による検出結果に基づいて、第4調整部2304による酸化剤の流量および／または湿度の調整を制御するための第4制御部2306を含む。

[0222] 第4検出部2305は、カソード極から排出される酸化剤の相対湿度 H' のほか、好ましくは、アルカリ形燃料電池のアノード極とカソード極との間を流れる電流値の単位時間当たりの変化量 Δi および出力電圧値の単位時間当たりの変化量 ΔV をさらに検出するものである。

[0223] なお以下では、カソード極に供給される酸化剤の湿度（相対湿度）を酸化剤の「入口側湿度（入口側相対湿度）」とも称し、カソード極から排出される酸化剤の湿度（相対湿度 H' ）を酸化剤の「出口側湿度（出口側相対湿度 H' ）」とも称する。

[0224] 本実施形態のアルカリ形燃料電池システム2300によれば、酸化剤の出口側相対湿度 H' 、さらには Δi および ΔV のような電池特性を検出し、当該検出結果に基づいてリアルタイムにアルカリ形燃料電池のカソード極に供給される酸化剤の流量および／または湿度（入口側湿度）の最適化を行なうことができるため、カソード極の湿度が最適化され、結果、上述したカソード極への酸化剤の供給を阻害させる「フラッディング」および電解質膜の水分が過少となりアニオン伝導抵抗を増加させる「ドライアップ」の未然防止または改善を図ることが可能になる。これにより、安定して高い出力電圧を維持することができる。

[0225] 本実施形態のアルカリ形燃料電池システム2300が備える燃料電池部2301、還元剤供給部2302、酸化剤供給部2303、第4調整部2304はそれぞれ、上記第1の実施形態に係るアルカリ形燃料電池システム100が備える燃料電池部101、還元剤供給部102、酸化剤供給部103、上記第2の実施形態に係るアルカリ形燃料電池システム100が備える第2調整部804と同様の構成であることができ、燃料電池部101、還元剤供給部102、酸化剤供給部103および第2調整部804について述べた事項が燃料電池部2301、還元剤供給部2302、酸化剤供給部2303および第4調整部2304に対しても引用される。

[0226] 第4調整部2304は、任意で、調整後（または調整前後）の酸化剤の流量および／または湿度（すなわち、入口側湿度）を検知する検知器を有していてもよい。この場合、当該検知器の検知結果を参照することにより、第4調整部2304による酸化剤の流量および／または湿度調整を好適な範囲内で行なうことが可能になる。

[0227] （第4検出部）

第4検出部2305は、燃料電池部2301に接続される、アルカリ形燃料電池のカソード極から排出される酸化剤の相対湿度 H' （出口側相対湿度 H' ）を少なくとも検出するための部位である。本実施形態において、出口側相対湿度 H' は、アルカリ燃料電池にフラッディングもしくはドライアップがすでに生じているか（あるいはそのような兆候が認められるか）否かを判断するためのパラメータである。出口側相対湿度 H' を検出し、この検出結果に基づき、カソード極に供給される酸化剤の流量および／または湿度を適切に調整することにより、フラッディングもしくはドライアップの改善を図ることができる。

[0228] 第4検出部2305は、図2を参照して、カソードセパレータ205が有する酸化剤流路207の出口側端部または当該端部に接続される、酸化剤を外部に排出するための酸化剤排出部に設けられる湿度計を含むものであることができる。酸化剤の相対湿度 H' の検出を行なう湿度計としては、たとえば、タスコジャパン株式会社製「高精度圧力露点プローブTMS-442-5」などの湿度計を利用することができる。たとえば、湿度計を酸化剤排出部に設置し、湿度計および酸化剤排出部を、アルカリ形燃料電池の温度より高い温度に保持することで、水の凝結を伴うことなく、100%RH以上の相対湿度 H' を計測することができる。

[0229] 第4検出部2305は、アルカリ形燃料電池のフラッディングまたはドライアップ状態を判断するための他のパラメータとして、アルカリ形燃料電池のアノード極とカソード極との間を流れる電流値の単位時間当たりの変化量 Δi および出力電圧値の単位時間当たりの変化量 ΔV をさらに検出するものであることが好ましい。 Δi はアルカリ燃料電池がフラッディングまたはドライアップを生じる方向へ向かっているか否かを判断するために有効なパラメータである。また、 ΔV はフラッディングを判断するために有効なパラメータである。 Δi および ΔV はそれぞれ、第1の実施形態における Δi および ΔV と同様、上記式(7)および(8)で定義される。

[0230] （第4制御部）

第4制御部2306は、第4検出部2305から出力される検出結果信号（相対湿度 H' 、または、相対湿度 H' 、 Δi および ΔV 値）に基づいて、第4調整部2304による酸化剤の流量および／または湿度の調整を制御する部位であり、第4調整部2304および第4検出部2305に接続される。第4調整部2304および燃料電池部2301が、第1の実施形態において説明したような温度検知手段を備える場合には、これらとも接続され、温度検知手段からの検知信号に基づいて、調湿器による温度調整を制御する。具体的には、第4制御部2306は、第4検出部2305から出力される検出結果信号を、後述するフローに従って逐次受信し、受信された相対湿度 H' 、 Δi 、 ΔV 値と、予め設定した所定値との大小関係を判定する（この点については後で詳述する。）。この判定結果に基づき、カソード極の湿度が最適になるよう第4調整部2304による酸化剤の流量および／または湿度の調整の制御を行なう。第4制御部2306としては、特に制限されず、たとえば、パーソナルコンピュータなどを用いることができる。

[0231] [b] カソード極の湿度制御

次に、アルカリ形燃料電池システム2300によるカソード極の湿度制御について、いくつかの例を示して詳細に説明する。なお、下記に例示するカソード極の湿度制御フローは、アルカリ形燃料電池の稼動中、所定の時間間隔を設けて繰り返し行なうことが好ましい。

[0232] （カソード極湿度制御フロー1）

図24は、本実施形態のアルカリ形燃料電池システム2300によるカソード極の湿度制御の一例を示すフローチャートである。図24に示される湿度制御においては、まず、第4検出部2305により出口側相対湿度 H' が検出される。そして、検出された H' が所定値 A_H' （ただし、 A_H' は100%RHより小さい値である。）以下であるか否か、および、所定値 B_H' （ただし、 B_H' は100%RHより大きい値である。）以上であるか否か（換言すれば、 H' が100%RHを含む A_H' 超 B_H' 未満の範囲内でないかどうか）が、第4制御部2306により判定される（ステップS2401）。この

判定結果に基づき、第4制御部2306は、第4調整部2304を次のように制御する。

[0233] 〔1〕 H' が所定値 A_H' 以下である場合には、カソード極に供給される酸化剤の流量の増加および／または酸化剤の湿度（入口側湿度）の増加を行なうように制御する（ステップS2402）。このような制御は、本実施形態では「 $H' \leq A_H'$ 」との判定結果が「ドライアップ（あるいはその傾向）を生じている」と判断されることに基づく。「 $H' \leq A_H'$ 」（排出された酸化剤の相対湿度が過度に低いこと）は、カソード極内の湿度が十分に高くないことを意味しているといえるからである。

[0234] 〔2〕 H' が所定値 B_H' 以上である場合には、カソード極に供給される酸化剤の流量の低減および／または酸化剤の湿度（入口側湿度）の低減を行なうように制御する（ステップS2403）。このような制御は、本実施形態では「 $H' \geq B_H'$ 」との判定結果が「フラッディング（あるいはその傾向）を生じている」と判断されることに基づく。「 $H' \geq B_H'$ 」（排出された酸化剤の相対湿度が過度に高いこと）は、カソード極内の湿度が過度に高くなっていることを意味しているといえるからである。

[0235] このように、本例のカソード極の湿度制御は、ドライアップおよびフラッディングの発生（またはその傾向）を改善するために適用することができる。すなわち、本例の湿度制御は、相対湿度 H' の検出結果に基づいて、フィードバック制御を行なうものである。本例のカソード極の湿度制御は、出口側相対湿度 H' のみを検出すればよいため、迅速な制御を行なうことができる点において有利である。

[0236] カソード極の湿度制御は、カソード極に供給される酸化剤の流量調整のみで行なってもよいし、酸化剤の湿度調整のみで行なってもよいし、流量および湿度の双方を調整することにより行なってもよい（後述する他の湿度制御フローにおいても同様である。）。酸化剤の流量調整は、カソード極の湿度制御を容易、かつ迅速に行なうことができる点で有利である。一方、酸化剤の湿度調整は、カソード極の湿度制御を高い精度で行なうことができる点で

有利である。

[0237] なお、カソード極の湿度を増加させるために酸化剤の流量を増加させる場合においては、酸化剤供給のためにファンなどの補機を用いたときに補機の電力ロスが大きくなることから、酸化剤の流量を極端に大きくすることは避けることが好ましい。一方、カソード極の湿度を低減させるために酸化剤の流量を低減させる場合においては、要求される電力量を供給できなくなるおそれがあることから、酸化剤の流量を極端に小さくすることは避けることが好ましい。また、カソード極の湿度を増加させるために酸化剤の湿度（入口側湿度）を増加させる場合においては、酸化剤の湿度を極端に大きくすることは避けることが好ましい。カソード極の入口側の湿度が極端に高くなることによってカソード極の入口側と出口側との間で極端な湿度差が生じ、ひいては反応量に極端な差が生じて、燃料電池の劣化が生じやすくなるためである。このような適切な範囲内での酸化剤の流量および／または湿度の調整は、たとえば、上述した調整後（または調整前後）の酸化剤の流量および／または湿度を検知する検知器の検知結果に基づく制御により達成することができる。以上の酸化剤の流量および湿度の下限值および上限値に関する事項は、後述する他の湿度制御フローにおいても当てはまる。

[0238] 所定値 A_H' は、好ましくは 70～95 [%RH] の範囲内であり、より好ましくは 85～95 [%RH] の範囲内である。また、所定値 B_H' は、好ましくは 105～130 [%RH] の範囲内であり、より好ましくは 105～115 [%RH] の範囲内である。

[0239] 本例の湿度制御において、検出された H' が $A_H' < H' < B_H'$ を満たす場合には、ドライアップおよびフラッディング（またはその傾向）は生じていないと判断して、次回の H' の検出時まで第4調整部2304による酸化剤の流量および／または湿度の調整を実施しないことができる。

[0240] （カソード極湿度制御フロー2）

図25は、本実施形態のアルカリ形燃料電池システム2300によるカソード極の湿度制御の別の一例を示すフローチャートである。図25に示され

る湿度制御においては、まず、第4検出部2305により Δi が検出される。そして、検出された Δi が0を含む $C_i \sim D_i$ （ただし、 C_i は負の値であり、 D_i は正の値である。）の範囲内であるか否かが、第4制御部2306により判定される（ステップS2501）。 Δi が $C_i \sim D_i$ の範囲内である場合（すなわち、アルカリ形燃料電池の動作状態の変化がほぼなく、電流量の増減によるカソード極で消費される水の量の変化がほぼないと判断できる場合）、第4制御部2306は、第4検出部2305が出口側相対湿度 H' を検出するように制御する（なお、 Δi が $C_i \sim D_i$ の範囲内でない場合については後述。）。そして、検出された H' が所定値 A_H' （ A_H' は上記と同じ意味である。）以下であるか否か、および、所定値 B_H' （ B_H' は上記と同じ意味である。）以上であるか否か（換言すれば、 H' が A_H' 超 B_H' 未満の範囲内でないかどうか）が、第4制御部2306により判定される（ステップS2502）。この判定結果に基づき、第4制御部2306は、第4調整部2304等を次のように制御する。

[0241] 〔1〕 H' が所定値 A_H' 以下である場合には、第4制御部2306は、カソード極に供給される酸化剤の流量の増加および／または酸化剤の湿度の増加を行なうように制御する（ステップS2503）。このような制御は、本実施形態では「 $H' \leq A_H'$ 」との判定結果が「ドライアップ（あるいはその傾向）を生じている」と判断されることに基づく。「 $H' \leq A_H'$ 」（排出された酸化剤の相対湿度が過度に低いこと）は、カソード極内の湿度が十分に高くないことを意味しているといえるからである。

[0242] 〔2〕 H' が所定値 B_H' 以上である場合には、第4制御部2306は、カソード極に供給される酸化剤の流量の低減および／または酸化剤の湿度（入口側湿度）の低減を行なうように制御する（ステップS2504）。このような制御は、本実施形態では「 $H' \geq B_H'$ 」との判定結果が「フラッディング（あるいはその傾向）を生じている」と判断されることに基づく。「 $H' \geq B_H'$ 」（排出された酸化剤の相対湿度が過度に高いこと）は、カソード極内の湿度が過度に高くなっていることを意味しているといえるからである。

- [0243] 検出された H' が $A_H' < H' < B_H'$ を満たす場合には、ドライアップおよびフラッシング（またはその傾向）は生じていないと判断して、次回の Δi の検出時まで第4調整部2304による酸化剤の流量および／または湿度の調整を実施しないことができる。
- [0244] 以上のフロー制御により、電流量の増減によるカソード極で消費される水の量の変化がほぼない場合において生じ得るドライアップおよびフラッシング（またはその傾向）を改善することができる。
- [0245] Δi の所定値 C_i は、好ましくは $-50 \sim -25$ [$\text{mA} / \text{cm}^2 \cdot \text{min}$]の範囲内であり、より好ましくは $-40 \sim -30$ [$\text{mA} / \text{cm}^2 \cdot \text{min}$]の範囲内である。所定値 D_i は、好ましくは $+25 \sim +50$ [$\text{mA} / \text{cm}^2 \cdot \text{min}$]の範囲内であり、より好ましくは $+30 \sim +40$ [$\text{mA} / \text{cm}^2 \cdot \text{min}$]の範囲内である。
- [0246] ここで、図26を参照して、検出された Δi が $C_i \sim D_i$ の範囲内でない場合においては、第4制御部2306は、第4調整部2304を次のように制御することが好ましい。
- [0247] [1] Δi が所定値 C_i より小さい場合には、カソード極に供給される酸化剤の流量の低減および／または酸化剤の湿度の低減を行なうように制御する（ステップS2601）。このような制御は、本実施形態では「 $\Delta i < C_i$ 」との判定結果が「フラッシングを生じる方向へ向かっている」と判断されることに基づく。「 $\Delta i < C_i$ （電流値の低下）」は、カソード極での反応により消費される水量の低下、したがってカソード極の湿度の増加をもたらし、結果、フラッシングを生じやすいからである。
- [0248] [2] Δi が所定値 D_i より大きい場合には、カソード極に供給される酸化剤の流量の増加および／または酸化剤の湿度の増加を行なうように制御する（ステップS1302）。このような制御は、本実施形態では「 $\Delta i > D_i$ 」との判定結果が「ドライアップを生じる方向へ向かっている」と判断されることに基づく。「 $\Delta i > D_i$ （電流値の上昇）」は、カソード極での反応により消費される水量の増加、したがってカソード極の湿度の低下をもたらす、

結果、ドライアップを生じやすいからである。

[0249] このように、本例の湿度制御では、 Δi および相対湿度 H' をこの順で検出し、カソード極の湿度の最適化を行なう。これらの特性をリアルタイムに検出することにより、カソード極の湿度状態を把握することができ、これに応じてカソード極の湿度を最適に制御することができる。 Δi の検出結果に基づくカソード極の湿度制御は、ドライアップおよびフラッディングの発生の未然防止に有効であり、相対湿度 H' の検出結果に基づくカソード極の湿度制御は、ドライアップおよびフラッディングの発生（またはその傾向）を改善するのに有効である。このように本例の湿度制御は、 Δi の検出結果に基づくフィードフォワード制御と相対湿度 H' の検出結果に基づくフィードバック制御の2つの制御手法を組み合わせたものである。

[0250] （カソード極湿度制御フロー3）

図27は、本実施形態のアルカリ形燃料電池システム2300によるカソード極の湿度制御の別の一例を示すフローチャートである。図27に示される湿度制御においては、まず、第4検出部2305により Δi が検出される。そして、検出された Δi が0を含む $C_i \sim D_i$ （ C_i および D_i は上記と同じ意味である。）の範囲内であるか否かが、第4制御部2306により判定される（ステップS2701）。 Δi が $C_i \sim D_i$ の範囲内である場合、第4制御部2306は、第4検出部2305が出口側相対湿度 H' を検出するように制御する（なお、 Δi が $C_i \sim D_i$ の範囲内でない場合については後述。）。そして、検出された H' が所定値 E_H' （ただし、 E_H' は100%RHより小さい値である。）以下であるか否か、および、所定値 F_H' （ただし、 $F_H' = 100\%RH$ である。）以上であるか否か（換言すれば、 H' が E_H' 超 F_H' 未満の範囲内でないかどうか）が、第4制御部2306により判定される（ステップS2702）。この判定結果に基づき、第4制御部2306は、第4調整部2304等を次のように制御する。

[0251] [1] H' が所定値 E_H' 以下である場合には、第4制御部2306は、カソード極に供給される酸化剤の流量の増加および／または酸化剤の湿度の増

加を行なうように制御する（ステップS 2 7 0 3）。このような制御は、本実施形態では、「 $H' \leq E_H'$ 」との判定結果が「ドライアップ（あるいはその傾向）を生じている」と判断されることに基づく。

[0252] 〔2〕 H' が所定値 F_H' 以上である場合には、第4制御部2306は、第4検出部2305が ΔV を検出するように制御する。そして、検出された ΔV が所定値 G_V （ただし、 G_V は負の値である。）未満であるか否かが、第4制御部2306により判定される（ステップS 2 7 0 4）。検出された ΔV が所定値 G_V 未満の場合には、カソード極に供給される酸化剤の流量の低減および／または酸化剤の湿度の低減を行なうように制御する（ステップS 2 7 0 5）。このような制御は、本実施形態では、「 $H' \geq F_H'$ 」およびそれに続く「 $\Delta V < G_V$ 」との判定結果が「電圧値の低下がドライアップではなく、フラッディングによるもの」と判断されることに基づく。すなわち、「 $\Delta V < G_V$ 」（電圧値の低下）との判定結果はドライアップまたはフラッディングが生じていること、あるいはその傾向にあることを意味するが、「 $H' \geq F_H'$ 」との判定結果はドライアップ（あるいはその傾向）が生じていないことを意味している。

[0253] 一方、ステップS 2 7 0 4において検出された ΔV が G_V 以上である場合には、酸化剤の流量および／または湿度の調整は不要である。「 $\Delta V \geq G_V$ 」との判定結果は、電圧値が増加しており、ドライアップまたはフラッディング（あるいはそのような傾向）を生じていないと判断されるためである。

[0254] 〔3〕 ステップS 2 7 0 2において検出された H' が $E_H' < H' < F_H'$ を満たす場合には、ドライアップおよびフラッディング（またはその傾向）は生じていないと判断して、次回の Δi の検出時まで第4調整部2304による酸化剤の流量および／または湿度の調整を実施しないことができる。

[0255] 相対湿度 H' の所定値 E_H' は、好ましくは70～95 [%RH]の範囲内であり、より好ましくは85～95 [%RH]の範囲内である。また、 ΔV の所定値 G_V は、好ましくは-50～-2 [mV/min]の範囲内であり、より好ましくは-30～-10 [mV/min]の範囲内である。

[0256] ここで、図28を参照して、検出された Δi が $C_i \sim D_i$ の範囲内でない場合においては、上述のカソード極湿度制御フロー2と同様、第4制御部2306は、第4調整部2304を次のように制御することが好ましい。

[0257] [1] Δi が所定値 C_i より小さい場合には、カソード極に供給される酸化剤の流量の低減および／または酸化剤の湿度の低減を行なうように制御する（ステップS2801）。

[0258] [2] Δi が所定値 D_i より大きい場合には、カソード極に供給される酸化剤の流量の増加および／または酸化剤の湿度の増加を行なうように制御する（ステップS2802）。

[0259] このように、本例の湿度制御では、 Δi 、相対湿度 H' および ΔV をこの順で検出し、カソード極の湿度の最適化を行なう。これらの特性をリアルタイムに検出することにより、カソード極の湿度状態を把握することができ、これに応じてカソード極の湿度を最適に制御することができる。 Δi の検出結果に基づくカソード極の湿度制御は、ドライアップおよびフラッディングの発生の未然防止に有効であり、相対湿度 H' および ΔV の検出結果に基づくカソード極の湿度制御は、ドライアップおよびフラッディングの発生（またはその傾向）を改善するのに有効である。このように本例の湿度制御は、 Δi の検出結果に基づくフィードフォワード制御と相対湿度 H' および ΔV の検出結果に基づくフィードバック制御の2つの制御手法を組み合わせたものである。特に、本例によれば、ステップS2702において「 $H' \geq F_H'$ 」でないと判定されれば、 ΔV の検出は不要であり、比較的簡便にカソード極の湿度の最適化を行なうことができる。

[0260] （カソード極湿度制御フロー4）

図29は、本実施形態のアルカリ形燃料電池システム2300によるカソード極の湿度制御の別の一例を示すフローチャートである。図29に示される湿度制御においては、まず、第4検出部2305により Δi が検出される。そして、検出された Δi が0を含む $C_i \sim D_i$ （ C_i および D_i は上記と同じ意味である。）の範囲内であるか否かが、第4制御部2306により判定され

る（ステップS 2 9 0 1）。 Δi が $C_i \sim D_i$ の範囲内である場合、第4制御部2 3 0 6は、第4検出部2 3 0 5が ΔV を検出するように制御する（なお、 Δi が $C_i \sim D_i$ の範囲内でない場合については後述。）。そして、検出された ΔV が所定値 G_v （ G_v は上記と同じ意味である。）未満であるか否かが、第4制御部2 3 0 6により判定される（ステップS 2 9 0 2）。この判定結果に基づき、第4制御部2 3 0 6は、第4調整部2 3 0 4等を次のように制御する。

[0261] 〔1〕 ΔV が所定値 G_v 未満である場合には、第4制御部2 3 0 6は、第4検出部2 3 0 5が出口側相対湿度 H' を検出するように制御する。そして、検出された H' が所定値 E_H' （ E_H' は上記と同じ意味である。）以下であるか否か、および、所定値 F_H' （ F_H' は上記と同じ意味である。）以上であるか否か（換言すれば、 H' が E_H' 超 F_H' 未満の範囲内でないかどうか）が、第4制御部2 3 0 6により判定される（ステップS 2 9 0 3）。検出された H' が所定値 E_H' 以下である場合には、第4制御部2 3 0 6は、カソード極に供給される酸化剤の流量の増加および／または酸化剤の湿度の増加を行なうように制御する（ステップS 2 9 0 4）。このような制御は、本実施形態では、「 $H' \leq E_H'$ 」との判定結果が「ドライアップ（あるいはその傾向）を生じている」と判断されることに基づく。

[0262] 一方、ステップS 2 9 0 3にて検出された H' が所定値 F_H' 以上である場合には、第4制御部2 3 0 6は、カソード極に供給される酸化剤の流量の低減および／または酸化剤の湿度の低減を行なうように制御する（ステップS 2 9 0 5）。このような制御は、本実施形態では、「 $\Delta V < G_v$ 」およびそれに続く「 $H' \geq F_H'$ 」との判定結果が「電圧値の低下がドライアップではなく、フラッディングによるもの」と判断されることに基づく。すなわち、「 $\Delta V < G_v$ 」（電圧値の低下）との判定結果はドライアップまたはフラッディングが生じていること、あるいはその傾向にあることを意味するが、「 $H' \geq F_H'$ 」との判定結果はドライアップ（あるいはその傾向）が生じていないことを意味している。

- [0263] [2] ステップS 2 9 0 3において検出された H' が $E_H' < H' < F_H'$ を満たす場合には、ドライアップおよびフラッディング（またはその傾向）は生じていないと判断して、次回の Δi の検出時まで第4調整部2 3 0 4による酸化剤の流量および／または湿度の調整を実施しないことができる。
- [0264] [3] ステップS 2 9 0 2において検出された ΔV が所定値 G_V 以上である場合には、酸化剤の流量および／または湿度の調整は不要である。「 $\Delta V \geq G_V$ 」との判定結果は、電圧値が増加しており、ドライアップまたはフラッディング（あるいはそのような傾向）を生じていないと判断されるためである。
- [0265] 図30に示されるように、本例の湿度制御においても、検出された Δi が $C_i \sim D_i$ の範囲内でない場合においては、第4制御部2 3 0 6は、上述のカソード極湿度制御フロー2および3と同様の制御を行なうことが好ましい。すなわち、 Δi が所定値 C_i より小さい場合には、カソード極に供給される酸化剤の流量の低減および／または酸化剤の湿度の低減を行なうように制御し（ステップS 3 0 0 1）、 Δi が所定値 D_i より大きい場合には、酸化剤の流量の増加および／または酸化剤の湿度の増加を行なうように制御する（ステップS 3 0 0 2）ことが好ましい。
- [0266] このように、本例の湿度制御では、 Δi 、 ΔV および相対湿度 H' をこの順で検出し、カソード極の湿度の最適化を行なう。これらの特性をリアルタイムに検出することにより、カソード極の湿度状態を把握することができ、これに応じてカソード極の湿度を最適に制御することができる。 Δi の検出結果に基づくカソード極の湿度制御は、ドライアップおよびフラッディングの発生の未然防止に有効であり、相対湿度 H' および ΔV の検出結果に基づくカソード極の湿度制御は、ドライアップおよびフラッディングの発生（またはその傾向）を改善するのに有効である。このように本例の湿度制御は、 Δi の検出結果に基づくフィードフォワード制御と相対湿度 H' および ΔV の検出結果に基づくフィードバック制御の2つの制御手法を組み合わせたものである。特に、本例によれば、ステップS 2 9 0 2において「 $\Delta V < G_V$ 」

でない（すなわち、「 $\Delta V \geq G_v$ 」）と判断されれば、出口側相対湿度 H' の検出は不要であり、比較的簡便にカソード極の湿度の最適化を行なうことができる。

[0267] <第6の実施形態>

図31は、本実施形態に係るアルカリ形燃料電池システム3100の構成の一例を示す概略図であり、アノード極に供給される還元剤の流量および／または湿度を調整するための第3調整部3104aと、カソード極に供給される酸化剤の流量および／または湿度を調整するための第4調整部3104bとを備えるアルカリ形燃料電池システムの構成を示したものである。図31に示されるアルカリ形燃料電池システム3100は、アルカリ形燃料電池が有するアノード極およびカソード極の湿度を最適に調整することが可能なシステムであり、上記第4および第5の実施形態を組み合わせたものといえる。

[0268] 図31に示されるアルカリ形燃料電池システム3100は、アルカリ形燃料電池を含む燃料電池部3101；燃料電池部3101に接続され、アルカリ形燃料電池のアノード極に還元剤を供給するための還元剤供給部3102；燃料電池部3101に接続され、アルカリ形燃料電池のカソード極に酸化剤を供給するための酸化剤供給部3103；還元剤供給部3102に接続され、アノード極に供給される還元剤の流量および／または湿度を調整するための第3調整部3104a；酸化剤供給部3103に接続され、カソード極に供給される酸化剤の流量および／または湿度を調整するための第4調整部3104b；燃料電池部3101に接続され、アルカリ形燃料電池のアノード極から排出される還元剤の相対湿度 H およびカソード極から排出される酸化剤の相対湿度 H' を少なくとも検出する検出部3105；ならびに、第3調整部3104a、第4調整部3104bおよび検出部3105に接続され、検出部3105による検出結果に基づいて、第3調整部3104aによる還元剤の流量および／または湿度の調整、ならびに、第4調整部3104bによる酸化剤の流量および／または湿度の調整を制御するための制御部31

06を含む。

[0269] 検出部3105は、アノード極から排出される還元剤の相対湿度 H およびカソード極から排出される酸化剤の相対湿度 H' のほか、好ましくは、アルカリ形燃料電池のアノード極とカソード極との間を流れる電流値の単位時間当たりの変化量 Δi および出力電圧値の単位時間当たりの変化量 ΔV をさらに検出するものである。

[0270] 本実施形態のアルカリ形燃料電池システム3100によれば、還元剤の出口側相対湿度 H 、酸化剤の出口側相対湿度 H' さらには Δi および ΔV のような電池特性を検出し、当該検出結果に基づいてリアルタイムにアルカリ形燃料電池のアノード極に供給される還元剤の流量および／または湿度（入口側湿度）、さらにはカソード極に供給される酸化剤の流量および／または湿度（入口側湿度）の最適化を行なうことができるため、アノード極、さらにはカソード極の湿度が最適化され、その結果、フラッディングおよびドライアップの未然防止または改善をより効果的に図ることが可能になる。これにより、安定して高い出力電圧を維持することができる。

[0271] 本実施形態のアルカリ形燃料電池システム3100が備える燃料電池部、還元剤供給部および酸化剤供給部の構成は、上記第4の実施形態で説明したものと同様であることができる。第3調整部3104aおよび第4調整部3104bもまた、それぞれ第4の実施形態における第3調整部1504、第5の実施形態における第4調整部2304と同様であることができる。

[0272] 検出部3105は、アノード極から排出される還元剤の相対湿度 H を検出する検出部と、カソード極から排出される酸化剤の相対湿度 H' を検出する検出部の、独立した2つの検出部から構成されていてもよい。

[0273] 制御部3106は、第3調整部3104aによる還元剤の流量および／または湿度の調整と、第4調整部3104bによる酸化剤の流量および／または湿度の調整とをそれぞれ独立に制御できるものであり、第3調整部3104aによる還元剤の流量および／または湿度の調整を制御する制御部と、第4調整部3104bによる酸化剤の流量および／または湿度の調整を制御す

る制御部の、独立した2つの制御部から構成されていてもよい。

- [0274] 本実施形態のアルカリ形燃料電池システム3100は、上述したアノード極の湿度制御とカソード極の湿度制御とを、アルカリ形燃料電池の稼動中、それぞれ独立に並行して実施する。具体的なアノード極の湿度制御フローおよびカソード極の湿度制御フローは上述のとおりである。

実施例

- [0275] 以下、実施例を挙げて本発明をより詳細に説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。

- [0276] 〔I〕アルカリ形燃料電池システム〔A〕の作製

<実施例1>

以下の手順でアルカリ形燃料電池システム〔A〕を作製した。

- [0277] (1) 膜電極複合体の作製

芳香族ポリエーテルスルホン酸と芳香族ポリチオエーテルスルホン酸との共重合体をクロロメチル化した後、アミノ化することにより、触媒層用のアニオン伝導性固体高分子電解質を得た。これをテトラヒドロフランに添加することにより、5重量%アニオン伝導性固体高分子電解質溶液を得た。

- [0278] Pt担持量が50重量%のPt/Cである触媒担持カーボン粒子（田中貴金属社製「TEC10E50E」）と、上記で得られた電解質溶液とを、重量比で2/0.2となるように混合し、さらにイオン交換水およびエタノールを添加することにより、アノード触媒層用の触媒ペーストを作製した。

- [0279] 同様に、Pt担持量が50重量%のPt/Cである触媒担持カーボン粒子（田中貴金属社製「TEC10E50E」）と、上記で得られた電解質溶液とを、重量比で2/0.2となるように混合し、さらにイオン交換水およびエタノールを添加することにより、カソード触媒層用の触媒ペーストを作製した。

- [0280] 次に、アノードガス拡散層としてカーボンペーパー（東レ社製「TGPH-060」、厚み約190 μ m）を縦23mm×横23mmのサイズに切り出し、そのアノードガス拡散層の一方の面に、上記のアノード触媒層用の

触媒ペーストを触媒量が 0.5 mg/cm^2 となるように、縦 23 mm ×横 23 mm のウィンドウを有したスクリーン印刷版を用いて塗布し、室温にて乾燥させることにより、アノードガス拡散層であるカーボンペーパーの片面の全面にアノード触媒層が形成されたアノード極を作製した。得られたアノード極の厚みは約 $200 \mu\text{m}$ であった。

[0281] 同様に、カソードガス拡散層としてカーボンペーパー（東レ社製「TGP-H-060」、厚み約 $190 \mu\text{m}$ ）を縦 23 mm ×横 23 mm のサイズに切り出し、そのカソードガス拡散層の一方の面に、上記のカソード触媒層用の触媒ペーストを触媒量が 0.5 mg/cm^2 となるように、縦 23 mm ×横 23 mm のウィンドウを有したスクリーン印刷版を用いて塗布し、室温にて乾燥させることにより、カソードガス拡散層であるカーボンペーパーの片面の全面にカソード触媒層が形成されたカソード極を作製した。得られたカソード極の厚みは約 $200 \mu\text{m}$ であった。

[0282] 次に、 $50 \text{ mm} \times 50 \text{ mm}$ のサイズに切り出したフッ素樹脂系高分子電解質（旭化成社製「アシプレックス」）をアニオン伝導性固体高分子電解質膜として用い、上記アノード極と電解質膜と上記カソード極をこの順で、それぞれの触媒層が電解質膜に対向するように重ね合わせた後、 130°C 、 10 kN で2分間の熱圧着を行なうことにより、アノード極およびカソード極を電解質膜に接合し、膜電極複合体を得た。上記重ね合わせは、アノード極とカソード極の電解質膜の面内における位置が一致するように、かつアノード極と電解質膜とカソード極の中心が一致するように行なった。

[0283] （2）アルカリ形燃料電池の作製

上記膜電極複合体を、市販の燃料電池セル（エレクトロケム社製）を分解して取り出した部品と組み合わせて燃料電池を作製した。具体的には、まず、アノード極側集電体（エンドプレート）／カーボン製アノード極セパレータ（ガスフロープレート）／ポリテトラフルオロエチレン製ガスケット／膜電極複合体／ポリテトラフルオロエチレン製ガスケット／カーボン製カソード極セパレータ（ガスフロープレート）／カソード極側集電体（エンドプレ

ート)の順に積層した。なお、両ガスケットの中心部には貫通孔が形成されているため、得られた積層体において、各極セパレータと膜電極複合体とは接触している。最後に、M3のボルトおよびナットを用いて5 N・mで締め付けることによって、アルカリ形燃料電池を得た。

[0284] (3) アルカリ形燃料電池システム〔A〕の作製

上で作製したアルカリ形燃料電池を燃料電池部101として用い、図1と同様の構成のアルカリ形燃料電池システム〔A〕を作製した。具体的には次のとおりである。

[0285] 還元剤供給部102としてのステンレス製の配管を燃料電池部101のアノード極セパレータに還元剤を供給できるように接続するとともに、酸化剤供給部103としてのステンレス製の配管を燃料電池部101のカソード極セパレータに酸化剤を供給できるように接続した。還元剤供給部102としてのステンレス製の配管は、第1調整部104としての流量調整弁および調湿器を有している。調湿器は、温度制御可能な水浴を有しており、還元剤を水浴中の水中へバブリングさせることにより加湿を行なうタイプである。第1検出部105としての電流計、電圧計および抵抗測定器(電気化学インピーダンス法により抵抗値を測定するための電子負荷装置および周波数応答解析装置)を、燃料電池部101のアノード極側集電体およびカソード極側集電体に接続した(電流計は燃料電池に対して直列、電圧計および抵抗測定器は燃料電池に対して並列に接続)。また、第1制御部106としてのパーソナルコンピュータを第1検出部105に接続して第1検出部105からの電気信号を受信可能にするとともに、第1調整部104に接続して、第1検出部105からの情報に基づき第1調整部104に制御情報を送信可能とした。また、燃料電池内部の温度をモニターするために、アノード極セパレータ内部の膜電極複合体近傍に温度センサを設置するとともに、調湿器内部の水浴の温度をモニターするための温度センサを該水浴中に設置した。これらの温度センサの検知結果を第1制御部106に送信できるようにした。

[0286] <比較例1>

第1調整部104および第1制御部106を有しないこと以外は実施例1と同様にしてアルカリ形燃料電池システムを作製した。

[0287] [11] アルカリ形燃料電池システム〔A〕を用いたアノード極の湿度制御実験およびその評価

(1) 図3に示されるフローチャートに従うアノード極の湿度制御

<実施例2>

実施例1で作製したアルカリ形燃料電池システム〔A〕におけるアルカリ形燃料電池のアノード極側集電体とカソード極側集電体とを電子機器を介して接続するとともに、アノード極セパレータに還元剤(H_2)を、カソード極セパレータに酸化剤(空気)を供給して、発電を開始した。この際、還元剤および酸化剤の流量および相対湿度、アノード極ーカソード極間の電流量、ならびにアルカリ形燃料電池内の温度を一定に制御した(電流量 $=300\text{ mA}/\text{cm}^2$ 、アルカリ形燃料電池内の温度 $=50^\circ\text{C}$)。その後、時刻 T_0 における電子機器からの出力増加要請に基づき、時刻 T_0 から時刻 T_1 にかけて直線的に電流量を $600\text{ mA}/\text{cm}^2$ まで増加させ、時刻 T_2 までこの電流量を維持した($T_1 - T_0 = 3\text{分}$)。

[0288] 以上の発電操作において、図3に示されるフローチャートに従い、次のようなアノード極の湿度制御を行なった。なお、所定値 B_i は $30\text{ mA}/\text{cm}^2 \cdot \text{min}$ に設定した。時刻 $T_0 \sim T_1$ における1分間、第1検出部105により電流量を測定して、電流量の単位時間当たりの変化量 Δi を検出し、「 $\Delta i > B_i$ 」との判定結果に基づき(ステップS301)、第1制御部106による制御により、還元剤の流量を2倍に増加させることにより、アノード極の湿度を低減させた(ステップS303)。このようなアノード極の湿度制御の結果、時刻 $T_1 \sim T_2$ において、安定した出力電圧を維持することができた。

[0289] 次に、時刻 T_2 における電子機器からの出力低減要請に基づき、時刻 T_2 から時刻 T_3 にかけて直線的に電流量を $600\text{ mA}/\text{cm}^2$ から $300\text{ mA}/\text{cm}^2$ まで低下させ、以後この電流量を維持した($T_3 - T_2 = 3\text{分}$)。

[0290] 以上の発電操作において、図3に示されるフローチャートに従い、次のよ

うなアノード極の湿度制御を行なった。なお、所定値 A_i は $-30 \text{ mA} / \text{cm}^2 \cdot \text{min}$ に設定した。時刻 $T_2 \sim T_3$ における 1 分間、第 1 検出部 105 により電流量を測定し、電流量の単位時間あたりの変化量 Δi を検出し、「 $\Delta i < A_i$ 」との判定結果に基づき（ステップ S301）、第 1 制御部 106 による制御により、還元剤の流量を半減させ、発電初期の流量に戻すことにより、アノード極の湿度を増加させた（ステップ S302）。このようなアノード極の湿度制御の結果、時刻 T_3 以降において、安定した出力電圧を維持することができた。

[0291] <実施例 3>

ステップ S303 において、還元剤の流量を増加させる代わりに、還元剤の相対湿度を初期値の約 95% となるように調整し、アノード極の湿度を低減させた以外は実施例 2 と同様にしてアノード極の湿度制御を行なった。また、ステップ S302 において、還元剤の流量を低減させる代わりに、還元剤の相対湿度を増加させ、発電初期の相対湿度に戻すことにより、アノード極の湿度を増加させた以外は実施例 2 と同様にしてアノード極の湿度制御を行なった。このようなアノード極の湿度制御の結果、時刻 $T_1 \sim T_2$ および時刻 T_3 以降において、安定した出力電圧を維持することができた。なお、相対湿度の増減は、第 1 調整部 104 の調湿器の温度を調整することにより行なった。

[0292] <比較例 2>

比較例 1 で作製したアルカリ形燃料電池システム（第 1 調整部 104 および第 1 制御部 106 を有しない。）を用いたこと以外は実施例 2 と同様にして発電操作を行なった。電子機器からの出力増加／低減要請に応じて、実施例 2 と同様に電流量を増加／低下させたが、発電開始以降、還元剤の流量および相対湿度は一定に維持した（これらの一定値は実施例 2 および 3 の初期値と同じである）。結果、時刻 $T_1 \sim T_2$ において、フラッシングが原因と見られる出力電圧の漸次的な低下が認められた。また、時刻 T_3 以降においては、ドライアップが原因と見られる出力電圧の漸次的な低下が認められた。

[0293] (2) 図4に示されるフローチャートに従うアノード極の湿度制御

<実施例4>

実施例1で作製したアルカリ形燃料電池システム〔A〕におけるアルカリ形燃料電池のアノード極側集電体とカソード極側集電体とを電子機器を介して接続するとともに、アノード極セパレータに還元剤 (H_2) を、カソード極セパレータに酸化剤 (空気) を供給して、発電を開始した。この際、還元剤および酸化剤の流量および相対湿度、アノード極ーカソード極間の電流量、ならびにアルカリ形燃料電池内の温度を一定に制御した (電流量 = 300 mA/cm^2 、アルカリ形燃料電池内の温度 = 50°C)。その後、時刻 T_0 における電子機器からの出力増加要請に基づき、時刻 T_0 から時刻 T_1 にかけて直線的に電流量を 700 mA/cm^2 まで増加させ、以後この電流量を維持した。

[0294] 以上の発電操作において、図4に示されるフローチャートに従い、次のようなアノード極の湿度制御を行なった。なお、所定値 A_i は $-30\text{ mA/cm}^2 \cdot \text{min}$ 、 B_i は $30\text{ mA/cm}^2 \cdot \text{min}$ 、 C_R は $5\%/\text{min}$ 、 D_V は -30 mV/min に設定した。時刻 T_1 以後における1分間、第1検出部105により電流量を測定し、電流量の単位時間当たりの変化量 $\Delta i = 5\text{ mA/cm}^2 \cdot \text{min}$ との検出結果から、「 $A_i \leq \Delta i \leq B_i$ 」との判定結果を得た (ステップS401)。続いて、当該判定結果に基づき抵抗値を測定し (測定時間1分)、抵抗値の単位時間当たりの変化率 $\Delta R = 2\%/\text{min}$ との検出結果から、「 $\Delta R \leq C_R$ 」との判定結果を得た (ステップS402)。さらに続いて、当該判定結果に基づき出力電圧値を測定し (測定時間1分)、出力電圧値の単位時間当たりの変化量 $\Delta V = -60\text{ mV/min}$ との検出結果から、「 $\Delta V < D_V$ 」との判定結果を得た (ステップS403)。

[0295] 当該判定結果に基づき、第1制御部106による制御により、還元剤の流量を約2.3倍に増加させることにより、アノード極の湿度を低減させた (ステップS404)。なお、以上のような図4に示される一連のフローを終了した後、図4のフローを複数回実施して、流量の微小な増減を行ない、流量を微調整 (最適化) した。フロー終了から次のフロー開始までの時間間隔

は5分とした。以上のようなアノード極の湿度制御の結果、出力電圧の低下が収まり、安定した出力電圧を達成することができた。

[0296] <実施例5>

ステップS404において、還元剤の流量を増加させる代わりに、還元剤の相対湿度を初期値の約95%となるように調整し、アノード極の湿度を低減させた以外は実施例4と同様にしてアノード極の湿度制御を行なった。なお、相対湿度を初期値の約95%となるように低減させた後、図4のフローを複数回実施して、相対湿度の微小な増減を行ない、相対湿度を微調整（最適化）した。フロー終了から次のフロー開始までの時間間隔は5分とした。このようなアノード極の湿度制御の結果、出力電圧の低下が収まり、安定した出力電圧を達成することができた。

[0297] <比較例3>

比較例1で作製したアルカリ形燃料電池システム（第1調整部104および第1制御部106を有しない。）を用いたこと以外は実施例4と同様にして発電操作を行なった。電子機器からの出力増加要請に応じて、実施例4と同様に電流量を700mA/cm²まで増加させたが、発電開始以降、還元剤の流量および相対湿度は一定に維持した（これらの一定値は実施例4および5の初期値と同じである）。結果、時刻T₁以降、時間の経過とともに、フラグgingが原因と見られる出力電圧の低下が徐々に顕著になっていった。

[0298] <実施例6>

実施例1で作製したアルカリ形燃料電池システム〔A〕におけるアルカリ形燃料電池のアノード極側集電体とカソード極側集電体とを電子機器を介して接続するとともに、アノード極セパレータに還元剤（H₂）を、カソード極セパレータに酸化剤（空気）を供給して、発電を開始した。この際、還元剤および酸化剤の流量および相対湿度、アノード極－カソード極間の電流量、ならびにアルカリ形燃料電池内の温度を一定に制御した（電流量＝700mA/cm²、アルカリ形燃料電池内の温度＝50℃）。その後、時刻T₀における電子機器からの出力低減要請に基づき、時刻T₀から時刻T₁にかけて直線的

に電流量を $200 \text{ mA} / \text{cm}^2$ まで低下させ、以後この電流量を維持した。

[0299] 以上の発電操作において、図4に示されるフローチャートに従い、次のようなアノード極の湿度制御を行なった。なお、所定値 A_i は $-30 \text{ mA} / \text{cm}^2 \cdot \text{min}$ 、 B_i は $30 \text{ mA} / \text{cm}^2 \cdot \text{min}$ 、 C_R は $5\% / \text{min}$ 、 D_V は $-30 \text{ mV} / \text{min}$ に設定した。時刻 T_1 以後における1分間、第1検出部105により電流量を測定し、 $\Delta i = -5 \text{ mA} / \text{cm}^2 \cdot \text{min}$ との検出結果から、「 $A_i \leq \Delta i \leq B_i$ 」との判定結果を得た（ステップS401）。続いて、当該判定結果に基づき抵抗値を測定し（測定時間1分）、抵抗値の単位時間当たりの変化率 $\Delta R = 10\% / \text{min}$ との検出結果から、「 $\Delta R > C_R$ 」との判定結果を得た（ステップS402）。

[0300] 当該判定結果に基づき、第1制御部106による制御により、還元剤の流量を初期値の約60%となるように調整し、アノード極の湿度を増加させた（ステップS405）。流量を初期値の約60%となるように低減させた後、図4のフローを複数回実施して、流量の微小な増減を行ない、流量を微調整（最適化）した。フロー終了から次のフロー開始までの時間間隔は5分とした。以上のようなアノード極の湿度制御の結果、抵抗値の増加が収まり、これに伴い、出力電圧も安定するようになった。

[0301] <実施例7>

ステップS405において、還元剤の流量を低減させる代わりに、還元剤の相対湿度を初期値の約104%となるように調整し、アノード極の湿度を増加させた以外は実施例6と同様にしてアノード極の湿度制御を行なった。なお、相対湿度を初期値の約104%となるように増加させた後、図4のフローを複数回実施して、相対湿度の微小な増減を行ない、相対湿度を微調整（最適化）した。フロー終了から次のフロー開始までの時間間隔は5分とした。このようなアノード極の湿度制御の結果、抵抗値の増加が収まり、これに伴い、出力電圧も安定するようになった。

[0302] <比較例4>

比較例1で作製したアルカリ形燃料電池システム（第1調整部104およ

び第1制御部106を有しない。)を用いたこと以外は実施例6と同様にして発電操作を行なった。電子機器からの出力低減要請に応じて、実施例6と同様に電流量を 200 mA/cm^2 まで低下させたが、発電開始以降、還元剤の流量および相対湿度は一定に維持した(これらの一定値は実施例6および7の初期値と同じである)。結果、時刻 T_1 以降、時間の経過とともに、ドライアップが原因と見られる抵抗値の増加および出力電圧の低下が徐々に顕著になっていった。

[0303] [111] アルカリ形燃料電池システム[B]の作製

＜実施例8＞

以下の手順でアルカリ形燃料電池システム[B]を作製した。

[0304] 実施例1と同様にして膜電極複合体を作製し、これを用いて実施例1と同様にしてアルカリ形燃料電池を作製した。

[0305] 得られたアルカリ形燃料電池を燃料電池部801として用い、図8と同様の構成のアルカリ形燃料電池システム[B]を作製した。具体的には次のとおりである。

[0306] 還元剤供給部802としてのステンレス製の配管を燃料電池部801のアノード極セパレータに還元剤を供給できるように接続するとともに、酸化剤供給部803としてのステンレス製の配管を燃料電池部801のカソード極セパレータに酸化剤を供給できるように接続した。酸化剤供給部803としてのステンレス製の配管は、第2調整部804としての流量調整弁および調湿器を有している。調湿器は、温度制御可能な水浴を有しており、酸化剤を水浴中の水中へバブリングさせることにより加湿を行なうタイプである。第2検出部805としての電流計、電圧計および抵抗測定器(電気化学インピーダンス法により抵抗値を測定するための電子負荷装置および周波数応答解析装置)を、燃料電池部801のアノード極側集電体およびカソード極側集電体に接続した(電流計は燃料電池に対して直列、電圧計および抵抗測定器は燃料電池に対して並列に接続)。また、第2制御部806としてのパーソナルコンピュータを第2検出部805に接続して第2検出部805からの電

気信号を受信可能にするとともに、第2調整部804に接続して、第2検出部805からの情報に基づき第2調整部804に制御情報を送信可能とした。また、燃料電池内部の温度をモニターするために、アノード極セパレータ内部の膜電極複合体近傍に温度センサを設置するとともに、調湿器内部の水浴の温度をモニターするための温度センサを該水浴中に設置した。これらの温度センサの検知結果を第2制御部806に送信できるようにした。

[0307] <比較例5>

第2調整部804および第2制御部806を有しないこと以外は実施例8と同様にしてアルカリ形燃料電池システムを作製した。

[0308] [IV] アルカリ形燃料電池システム[B]を用いたカソード極の湿度制御実験およびその評価

(1) 図9に示されるフローチャートに従うカソード極の湿度制御

<実施例9>

実施例8で作製したアルカリ形燃料電池システム[B]におけるアルカリ形燃料電池のアノード極側集電体とカソード極側集電体とを電子機器を介して接続するとともに、アノード極セパレータに還元剤(H_2)を、カソード極セパレータに酸化剤(空気)を供給して、発電を開始した。この際、還元剤および酸化剤の流量および相対湿度、アノード極-カソード極間の電流量、ならびにアルカリ形燃料電池内の温度を一定に制御した(電流量 $=300\text{ mA/cm}^2$ 、アルカリ形燃料電池内の温度 $=50^\circ\text{C}$)。その後、時刻 T_0 における電子機器からの出力増加要請に基づき、時刻 T_0 から時刻 T_1 にかけて直線的に電流量を 600 mA/cm^2 まで増加させ、時刻 T_2 までこの電流量を維持した($T_1 - T_0 = 3\text{分}$)。

[0309] 以上の発電操作において、図9に示されるフローチャートに従い、次のようなカソード極の湿度制御を行なった。なお、所定値 B_i は $30\text{ mA/cm}^2 \cdot \text{min}$ に設定した。時刻 $T_0 \sim T_1$ における1分間、第2検出部805により電流量を測定して、電流量の単位時間当たりの変化量 Δi を検出し、「 $\Delta i > B_i$ 」との判定結果に基づき(ステップS901)、第2制御部806による

制御により、酸化剤の流量を2倍に増加させることにより、カソード極の湿度を増加させた（ステップS903）。このようなカソード極の湿度制御の結果、時刻 $T_1 \sim T_2$ において、安定した出力電圧を維持することができた。

[0310] 次に、時刻 T_2 における電子機器からの出力低減要請に基づき、時刻 T_2 から時刻 T_3 にかけて直線的に電流量を $600 \text{ mA} / \text{cm}^2$ から $300 \text{ mA} / \text{cm}^2$ まで低下させ、以後この電流量を維持した（ $T_3 - T_2 = 3 \text{ 分}$ ）。

[0311] 以上の発電操作において、図9に示されるフローチャートに従い、次のようなカソード極の湿度制御を行なった。なお、所定値 A_i は $-30 \text{ mA} / \text{cm}^2 \cdot \text{min}$ に設定した。時刻 $T_2 \sim T_3$ における1分間、第2検出部805により電流量を測定し、電流量の単位時間あたりの変化量 Δi を検出し、「 $\Delta i < A_i$ 」との判定結果に基づき（ステップS901）、第2制御部806による制御により、酸化剤の流量を半減させ、発電初期の流量に戻すことにより、カソード極の湿度を低減させた（ステップS902）。このようなカソード極の湿度制御の結果、時刻 T_3 以降において、安定した出力電圧を維持することができた。

[0312] <実施例10>

ステップS903において、酸化剤の流量を増加させる代わりに、酸化剤の相対湿度を初期値の約105%となるように調整し、カソード極の湿度を増加させた以外は実施例9と同様にしてカソード極の湿度制御を行なった。また、ステップS902において、酸化剤の流量を低減させる代わりに、酸化剤の相対湿度を低減させ、発電初期の相対湿度に戻すことにより、カソード極の湿度を低減させた以外は実施例9と同様にしてカソード極の湿度制御を行なった。このようなカソード極の湿度制御の結果、時刻 $T_1 \sim T_2$ および時刻 T_3 以降において、安定した出力電圧を維持することができた。なお、相対湿度の増減は、第2調整部804の調湿器の温度を調整することにより行なった。

[0313] <比較例6>

比較例5で作製したアルカリ形燃料電池システム（第2調整部804およ

び第2制御部806を有しない。)を用いたこと以外は実施例9と同様にして発電操作を行なった。電子機器からの出力増加／低減要請に応じて、実施例9と同様に電流量を増加／低下させたが、発電開始以降、酸化剤の流量および相対湿度は一定に維持した(これらの一定値は実施例9および10の初期値と同じである)。結果、時刻 $T_1 \sim T_2$ において、ドライアップが原因と見られる出力電圧の漸次的な低下が認められた。また、時刻 T_3 以降においては、フラッディングが原因と見られる出力電圧の漸次的な低下が認められた。

[0314] (2) 図10に示されるフローチャートに従うカソード極の湿度制御
 <実施例11>

実施例8で作製したアルカリ形燃料電池システム〔B〕におけるアルカリ形燃料電池のアノード極側集電体とカソード極側集電体とを電子機器を介して接続するとともに、アノード極セパレータに還元剤(H_2)を、カソード極セパレータに酸化剤(空気)を供給して、発電を開始した。この際、還元剤および酸化剤の流量および相対湿度、アノード極ーカソード極間の電流量、ならびにアルカリ形燃料電池内の温度を一定に制御した(電流量 $=300\text{ mA/cm}^2$ 、アルカリ形燃料電池内の温度 $=50^\circ\text{C}$)。その後、時刻 T_0 における電子機器からの出力増加要請に基づき、時刻 T_0 から時刻 T_1 にかけて直線的に電流量を 700 mA/cm^2 まで増加させ、以後この電流量を維持した。

[0315] 以上の発電操作において、図10に示されるフローチャートに従い、次のようなカソード極の湿度制御を行なった。なお、所定値 A_i は $-30\text{ mA/cm}^2 \cdot \text{min}$ 、 B_i は $30\text{ mA/cm}^2 \cdot \text{min}$ 、 C_R は $5\%/\text{min}$ 、 D_V は -30 mV/min に設定した。時刻 T_1 以後における1分間、第2検出部805により電流量を測定し、電流量の単位時間当たりの変化量 $\Delta i = 5\text{ mA/cm}^2 \cdot \text{min}$ との検出結果から、「 $A_i \leq \Delta i \leq B_i$ 」との判定結果を得た(ステップS1001)。続いて、当該判定結果に基づき抵抗値を測定し(測定時間1分)、抵抗値の単位時間当たりの変化率 $\Delta R = 2\%/\text{min}$ との検出結果から、「 $\Delta R \leq C_R$ 」との判定結果を得た(ステップS1002)。さらに続いて、当該判定結果に基づき出力電圧値を測定し(測定時間1分)、出力

電圧値の単位時間当たりの変化量 $\Delta V = -60 \text{ mV} / \text{min}$ との検出結果から、「 $\Delta V < D_v$ 」との判定結果を得た（ステップS1003）。

[0316] 当該判定結果に基づき、第2制御部806による制御により、酸化剤の流量をおよそ半減させることにより、カソード極の湿度を低減させた（ステップS1004）。なお、以上のような図10に示される一連のフローを終了した後、図10のフローを複数回実施して、流量の微小な増減を行ない、流量を微調整（最適化）した。フロー終了から次のフロー開始までの時間間隔は5分とした。以上のようなカソード極の湿度制御の結果、出力電圧の低下が収まり、安定した出力電圧を達成することができた。

[0317] <実施例12>

ステップS1004において、酸化剤の流量を低減させる代わりに、酸化剤の相対湿度を初期値の約95%となるように調整し、カソード極の湿度を低減させた以外は実施例11と同様にしてカソード極の湿度制御を行なった。なお、相対湿度を初期値の約95%となるように低減させた後、図10のフローを複数回実施して、相対湿度の微小な増減を行ない、相対湿度を微調整（最適化）した。フロー終了から次のフロー開始までの時間間隔は5分とした。このようなカソード極の湿度制御の結果、出力電圧の低下が収まり、安定した出力電圧を達成することができた。

[0318] <比較例7>

比較例5で作製したアルカリ形燃料電池システム（第2調整部804および第2制御部806を有しない。）を用いたこと以外は実施例11と同様にして発電操作を行なった。電子機器からの出力増加要請に応じて、実施例11と同様に電流量を $700 \text{ mA} / \text{cm}^2$ まで増加させたが、発電開始以降、酸化剤の流量および相対湿度は一定に維持した（これらの一定値は実施例11および12の初期値と同じである）。結果、時刻 T_1 以降、時間の経過とともに、フラッシングが原因と見られる出力電圧の低下が徐々に顕著になっていった。

[0319] <実施例13>

実施例 8 で作製したアルカリ形燃料電池システム〔B〕におけるアルカリ形燃料電池のアノード極側集電体とカソード極側集電体とを電子機器を介して接続するとともに、アノード極セパレータに還元剤（ H_2 ）を、カソード極セパレータに酸化剤（空気）を供給して、発電を開始した。この際、還元剤および酸化剤の流量および相対湿度、アノード極－カソード極間の電流量、ならびにアルカリ形燃料電池内の温度を一定に制御した（電流量＝ $700\text{ mA}/\text{cm}^2$ 、アルカリ形燃料電池内の温度＝ 50°C ）。その後、時刻 T_0 における電子機器からの出力低減要請に基づき、時刻 T_0 から時刻 T_1 にかけて直線的に電流量を $200\text{ mA}/\text{cm}^2$ まで低下させ、以後この電流量を維持した。

[0320] 以上の発電操作において、図 10 に示されるフローチャートに従い、次のようなカソード極の湿度制御を行なった。なお、所定値 A_i は $-30\text{ mA}/\text{cm}^2 \cdot \text{min}$ 、 B_i は $30\text{ mA}/\text{cm}^2 \cdot \text{min}$ 、 C_R は $5\%/ \text{min}$ 、 D_V は $-30\text{ mV}/\text{min}$ に設定した。時刻 T_1 以後における 1 分間、第 2 検出部 805 により電流量を測定し、 $\Delta i = -5\text{ mA}/\text{cm}^2 \cdot \text{min}$ との検出結果から、「 $A_i \leq \Delta i \leq B_i$ 」との判定結果を得た（ステップ S1001）。続いて、当該判定結果に基づき抵抗値を測定し（測定時間 1 分）、抵抗値の単位時間当たりの変化率 $\Delta R = 10\%/ \text{min}$ との検出結果から、「 $\Delta R > C_R$ 」との判定結果を得た（ステップ S1002）。

[0321] 当該判定結果に基づき、第 2 制御部 806 による制御により、酸化剤の流量を初期値の約 3.8 倍となるように調整し、カソード極の湿度を増加させた（ステップ S1005）。流量を初期値の約 3.8 倍となるように増加させた後、図 10 のフローを複数回実施して、流量の微小な増減を行ない、流量を微調整（最適化）した。フロー終了から次のフロー開始までの時間間隔は 5 分とした。以上のようなカソード極の湿度制御の結果、抵抗値の増加が収まり、これに伴い、出力電圧も安定するようになった。

[0322] <実施例 14>

ステップ S1005 において、酸化剤の流量を増加させる代わりに、酸化剤の相対湿度を初期値の約 104% となるように調整し、カソード極の湿度

を増加させた以外は実施例 13 と同様にしてカソード極の湿度制御を行なった。なお、相対湿度を初期値の約 104% となるように増加させた後、図 10 のフローを複数回実施して、相対湿度の微小な増減を行ない、相対湿度を微調整（最適化）した。フロー終了から次のフロー開始までの時間間隔は 5 分とした。このようなカソード極の湿度制御の結果、抵抗値の増加が収まり、これに伴い、出力電圧も安定するようになった。

[0323] <比較例 8>

比較例 5 で作製したアルカリ形燃料電池システム（第 2 調整部 804 および第 2 制御部 806 を有しない。）を用いたこと以外は実施例 13 と同様にして発電操作を行なった。電子機器からの出力低減要請に応じて、実施例 13 と同様に電流量を $200\text{ mA} / \text{cm}^2$ まで低下させたが、発電開始以降、酸化剤の流量および相対湿度は一定に維持した（これらの一定値は実施例 13 および 14 の初期値と同じである）。結果、時刻 T_1 以降、時間の経過とともに、ドライアップが原因と見られる抵抗値の増加および出力電圧の低下が徐々に顕著になっていった。

[0324] [V] アルカリ形燃料電池システム [C] の作製

<実施例 15>

以下の手順でアルカリ形燃料電池システム [C] を作製した。

[0325] 実施例 1 と同様にして膜電極複合体を作製し、これを用いて実施例 1 と同様にしてアルカリ形燃料電池を作製した。

[0326] 得られたアルカリ形燃料電池を燃料電池部 1501 として用い、図 15 と同様の構成のアルカリ形燃料電池システム [C] を作製した。具体的には次のとおりである。

[0327] 還元剤供給部 1502 としてのステンレス製の配管を燃料電池部 1501 のアノード極セパレータに還元剤を供給できるように接続するとともに、酸化剤供給部 1503 としてのステンレス製の配管を燃料電池部 1501 のカソード極セパレータに酸化剤を供給できるように接続した。還元剤供給部 1502 としてのステンレス製の配管は、第 3 調整部 1504 としての流量調

整弁および調湿器を有している。調湿器は、温度制御可能な水浴を有しており、還元剤を水浴中の水中へバブリングさせることにより加湿を行なうタイプである。第3検出部1505として、アノード極セパレータが有する還元剤流路の出口側端部に湿度計（タスコジャパン株式会社製「高精度圧力露点プローブTMS-442-5」）を設置するとともに、電流計および電圧計を、燃料電池部1501のアノード極側集電体およびカソード極側集電体に接続した（電流計は燃料電池に対して直列、電圧計は燃料電池に対して並列に接続）。また、第3制御部1506としてのパーソナルコンピュータを第3検出部1505に接続して第3検出部1505からの電気信号を受信可能にするとともに、第3調整部1504に接続して、第3検出部1505からの情報に基づき第3調整部1504に制御情報を送信可能とした。また、燃料電池内部の温度をモニターするために、アノード極セパレータ内部の膜電極複合体近傍に温度センサを設置するとともに、調湿器内部の水浴の温度をモニターするための温度センサを該水浴中に設置した。これらの温度センサの検知結果を第3制御部1506に送信できるようにした。

[0328] <比較例9>

第3調整部1504および第3制御部1506を有しないこと以外は実施例15と同様にしてアルカリ形燃料電池システムを作製した。

[0329] [V1] アルカリ形燃料電池システム[C]を用いたアノード極の湿度制御実験およびその評価

(1) 図18に示されるフローチャートに従うアノード極の湿度制御

<実施例16>

実施例15で作製したアルカリ形燃料電池システム[C]におけるアルカリ形燃料電池のアノード極側集電体とカソード極側集電体とを電子機器を介して接続するとともに、アノード極セパレータに還元剤(H_2)を、カソード極セパレータに酸化剤(空気)を供給して、発電を開始した。この際、還元剤および酸化剤の流量および相対湿度、アノード極-カソード極間の電流量、ならびにアルカリ形燃料電池内の温度を一定に制御した(電流量=300

mA / cm^2 、アルカリ形燃料電池内の温度 = 50°C)。その後、時刻 T_0 における電子機器からの出力増加要請に基づき、時刻 T_0 から時刻 T_1 にかけて直線的に電流量を $600 \text{ mA} / \text{cm}^2$ まで増加させ、時刻 T_2 までこの電流量を維持した ($T_1 - T_0 = 5$ 分)。

[0330] 以上の発電操作において、図 18 に示されるフローチャートに従い、次のようなアノード極の湿度制御を行なった。なお、所定値 C_i は $-30 \text{ mA} / \text{cm}^2 \cdot \text{min}$ 、 D_i は $30 \text{ mA} / \text{cm}^2 \cdot \text{min}$ 、 A_H は $90\% \text{ RH}$ 、 B_H は $110\% \text{ RH}$ に設定した。時刻 $T_0 \sim T_1$ における 1 分間、第 3 検出部 1505 により電流量を測定して、電流量の単位時間当たりの変化量 Δi を検出し、「 $\Delta i > D_i$ 」との判定結果に基づき (ステップ S 1701)、第 3 制御部 1506 による制御により、還元剤の流量を 2 倍に増加させることにより、アノード極の湿度を低減させた (ステップ S 1802)。このようなアノード極の湿度制御の結果、時刻 $T_1 \sim T_2$ において、安定した出力電圧を維持することができた。

[0331] 次に、時刻 T_2 における電子機器からの出力低減要請に基づき、時刻 T_2 から時刻 T_3 にかけて直線的に電流量を $600 \text{ mA} / \text{cm}^2$ から $300 \text{ mA} / \text{cm}^2$ まで低下させ、以後この電流量を維持した ($T_3 - T_2 = 5$ 分)。

[0332] 以上の発電操作において、図 18 に示されるフローチャートに従い、次のようなアノード極の湿度制御を行なった。なお、所定値 C_i は $-30 \text{ mA} / \text{cm}^2 \cdot \text{min}$ に設定した。時刻 $T_2 \sim T_3$ における 1 分間、第 3 検出部 1505 により電流量を測定し、電流量の単位時間あたりの変化量 Δi を検出し、「 $\Delta i < C_i$ 」との判定結果に基づき (ステップ S 1701)、第 3 制御部 1506 による制御により、還元剤の流量を半減させ、発電初期の流量に戻すことにより、アノード極の湿度を増加させた (ステップ S 1801)。このようなアノード極の湿度制御の結果、時刻 T_3 以降において、安定した出力電圧を維持することができた。

[0333] <実施例 17>

ステップ S 1802 において、還元剤の流量を増加させる代わりに、還元

剤の相対湿度を初期値の約 95% となるように調整し、アノード極の湿度を低減させた以外は実施例 16 と同様にしてアノード極の湿度制御を行なった。また、ステップ S 1801 において、還元剤の流量を低減させる代わりに、還元剤の相対湿度を増加させ、発電初期の相対湿度に戻すことにより、アノード極の湿度を増加させた以外は実施例 16 と同様にしてアノード極の湿度制御を行なった。このようなアノード極の湿度制御の結果、時刻 $T_1 \sim T_2$ および時刻 T_3 以降において、安定した出力電圧を維持することができた。なお、相対湿度の増減は、第 3 調整部 1504 の調湿器の温度を調整することにより行なった。

[0334] <比較例 10>

比較例 9 で作製したアルカリ形燃料電池システム（第 3 調整部 1504 および第 3 制御部 1506 を有しない。）を用いたこと以外は実施例 16 と同様にして発電操作を行なった。電子機器からの出力増加／低減要請に応じて、実施例 16 と同様に電流量を増加／低下させたが、発電開始以降、還元剤の流量および相対湿度は一定に維持した（これらの一定値は実施例 16 および 17 の初期値と同じである）。結果、時刻 $T_1 \sim T_2$ において、フラッシングが原因と見られる出力電圧の漸次的な低下が認められた。また、時刻 T_3 以降においては、ドライアップが原因と見られる出力電圧の漸次的な低下が認められた。

[0335] <実施例 18>

実施例 15 で作製したアルカリ形燃料電池システム〔C〕におけるアルカリ形燃料電池のアノード極側集電体とカソード極側集電体とを電子機器を介して接続するとともに、アノード極セパレータに還元剤（ H_2 ）を、カソード極セパレータに酸化剤（空気）を供給して、発電を開始した。この際、還元剤および酸化剤の流量および相対湿度、アノード極－カソード極間の電流量、ならびにアルカリ形燃料電池内の温度を一定に制御した（電流量 = 300 mA / cm²、アルカリ形燃料電池内の温度 = 50℃）。その後、時刻 T_0 における電子機器からの出力増加要請に基づき、時刻 T_0 から時刻 T_1 にかけて直線

的に電流量を $700 \text{ mA} / \text{cm}^2$ まで増加させ、以後この電流量を維持した。

[0336] 以上の発電操作において、図18に示されるフローチャートに従い、次のようなアノード極の湿度制御を行なった。なお、所定値 C_i は $-30 \text{ mA} / \text{cm}^2 \cdot \text{min}$ 、 D_i は $30 \text{ mA} / \text{cm}^2 \cdot \text{min}$ 、 A_H は $90\% \text{ RH}$ 、 B_H は $110\% \text{ RH}$ に設定した。時刻 T_1 以後における1分間、第3検出部1505により電流量を測定し、電流量の単位時間当たりの変化量 $\Delta i = 10 \text{ mA} / \text{cm}^2 \cdot \text{min}$ との検出結果から、「 $C_i \leq \Delta i \leq D_i$ 」との判定結果を得た（ステップS1701）。続いて、当該判定結果に基づき相対湿度 H を測定し（測定時間1分）、相対湿度 $H = 115\% \text{ RH}$ との検出結果から、「 $H \geq B_H$ 」との判定結果を得た（ステップS1702）。

[0337] 当該判定結果に基づき、第3制御部1506による制御により、還元剤の流量を約2倍に増加させることにより、アノード極の湿度を減少させた（ステップS1704）。なお、以上のような図18に示される一連のフローを終了した後、図18のフローを複数回実施して、流量の微小な増減を行ない、流量を微調整（最適化）した。フロー終了から次のフロー開始までの時間間隔は5分とした。以上のようなアノード極の湿度制御の結果、出力電圧の低下が収まり、安定した出力電圧を達成することができた。

[0338] <実施例19>

ステップS1704において、還元剤の流量を増加させる代わりに、還元剤の相対湿度を初期値の約95%となるように調整し、アノード極の湿度を減少させた以外は実施例18と同様にしてアノード極の湿度制御を行なった。なお、相対湿度を初期値の約95%となるように減少させた後、図18のフローを複数回実施して、相対湿度の微小な増減を行ない、相対湿度を微調整（最適化）した。フロー終了から次のフロー開始までの時間間隔は5分とした。このようなアノード極の湿度制御の結果、出力電圧の低下が収まり、安定した出力電圧を達成することができた。

[0339] <比較例11>

比較例9で作製したアルカリ形燃料電池システム（第3調整部1504お

よび第3制御部1506を有しない。)を用いたこと以外は実施例18と同様にして発電操作を行なった。電子機器からの出力増加要請に応じて、実施例18と同様に電流量を 700 mA/cm^2 まで増加させたが、発電開始以降、還元剤の流量および相対湿度は一定に維持した(これらの一定値は実施例18および19の初期値と同じである)。結果、時刻 T_1 以降、時間の経過とともに、フラッディングが原因と見られる出力電圧の低下が徐々に顕著になっていった。

[0340] <実施例20>

実施例15で作製したアルカリ形燃料電池システム[C]におけるアルカリ形燃料電池のアノード極側集電体とカソード極側集電体とを電子機器を介して接続するとともに、アノード極セパレータに還元剤(H_2)を、カソード極セパレータに酸化剤(空気)を供給して、発電を開始した。この際、還元剤および酸化剤の流量および相対湿度、アノード極-カソード極間の電流量、ならびにアルカリ形燃料電池内の温度を一定に制御した(電流量= 700 mA/cm^2 、アルカリ形燃料電池内の温度= 50°C)。その後、時刻 T_0 における電子機器からの出力低減要請に基づき、時刻 T_0 から時刻 T_1 にかけて直線的に電流量を 200 mA/cm^2 まで低下させ、以後この電流量を維持した。

[0341] 以上の発電操作において、図18に示されるフローチャートに従い、次のようなアノード極の湿度制御を行なった。なお、所定値 C_i は $-30\text{ mA/cm}^2 \cdot \text{min}$ 、 D_i は $30\text{ mA/cm}^2 \cdot \text{min}$ 、 A_H は $90\% \text{ RH}$ 、 B_H は $110\% \text{ RH}$ に設定した。時刻 T_1 以後における1分間、第3検出部1505により電流量を測定し、電流量の単位時間当たりの変化量 $\Delta i = 10\text{ mA/cm}^2 \cdot \text{min}$ との検出結果から、「 $C_i \leq \Delta i \leq D_i$ 」との判定結果を得た(ステップS1701)。続いて、当該判定結果に基づき相対湿度 H を測定し(測定時間1分)、相対湿度 $H = 85\%$ との検出結果から、「 $H \leq A_H$ 」との判定結果を得た(ステップS1702)。

[0342] 当該判定結果に基づき、第3制御部1506による制御により、還元剤の流量を約60%に減少させることにより、アノード極の湿度を増加させた(

ステップS 1 7 0 3)。流量を約60%倍に減少させた後、図18のフローを複数回実施して、流量の微小な増減を行ない、流量を微調整（最適化）した。フロー終了から次のフロー開始までの時間間隔は5分とした。以上のようなアノード極の湿度制御の結果、出力電圧の低下が収まり、安定した出力電圧を達成することができた。

[0343] <実施例21>

ステップS 1 7 0 3において、還元剤の流量を減少させる代わりに、還元剤の相対湿度を初期値の約104%となるように調整し、アノード極の湿度を増加させた以外は実施例20と同様にしてアノード極の湿度制御を行なった。なお、相対湿度を初期値の約104%となるように増加させた後、図18のフローを複数回実施して、相対湿度の微小な増減を行ない、相対湿度を微調整（最適化）した。フロー終了から次のフロー開始までの時間間隔は5分とした。このようなアノード極の湿度制御の結果、出力電圧の低下が収まり、安定した出力電圧を達成することができた。

[0344] <比較例12>

比較例9で作製したアルカリ形燃料電池システム（第3調整部1504および第3制御部1506を有しない。）を用いたこと以外は実施例20と同様にして発電操作を行なった。電子機器からの出力増加要請に応じて、実施例20と同様に電流量を200mA/cm²まで低下させたが、発電開始以降、還元剤の流量および相対湿度は一定に維持した（これらの一定値は実施例20および21の初期値と同じである）。結果、時刻T₁以降、時間の経過とともに、ドライアップが原因と見られる出力電圧の低下が徐々に顕著になっていった。

[0345] （2）図20に示されるフローチャートに従うアノード極の湿度制御

<実施例22>

実施例15で作製したアルカリ形燃料電池システム〔C〕におけるアルカリ形燃料電池のアノード極側集電体とカソード極側集電体とを電子機器を介して接続するとともに、アノード極セパレータに還元剤（H₂）を、カソード

極セパレータに酸化剤（空気）を供給して、発電を開始した。この際、還元剤および酸化剤の流量および相対湿度、アノード極－カソード極間の電流量、ならびにアルカリ形燃料電池内の温度を一定に制御した（電流量＝ 300 mA/cm^2 、アルカリ形燃料電池内の温度＝ 50°C ）。その後、時刻 T_0 における電子機器からの出力増加要請に基づき、時刻 T_0 から時刻 T_1 にかけて直線的に電流量を 700 mA/cm^2 まで増加させ、以後この電流量を維持した。

[0346] 以上の発電操作において、図20に示されるフローチャートに従い、次のようなアノード極の湿度制御を行なった。なお、所定値 C_i は $-30\text{ mA/cm}^2 \cdot \text{min}$ 、 D_i は $30\text{ mA/cm}^2 \cdot \text{min}$ 、 E_H は $90\%RH$ 、 F_H は $100\%RH$ 、 G_V は -30 mV/min に設定した。時刻 T_1 以後における1分間、第3検出部1505により電流量を測定し、電流量の単位時間当たりの変化量 $\Delta i = 10\text{ mA/cm}^2 \cdot \text{min}$ との検出結果から、「 $C_i \leq \Delta i \leq D_i$ 」との判定結果を得た（ステップS1901）。続いて、当該判定結果に基づき相対湿度 H を測定し（測定時間1分）、相対湿度 $H = 100\%RH$ との検出結果から、「 $H \geq F_H$ 」との判定結果を得た（ステップS1902）。さらに続いて、当該判定結果に基づき出力電圧値を測定し（測定時間1分）、出力電圧値の単位時間当たりの変化量 $\Delta V = -60\text{ mV/min}$ との検出結果から、「 $\Delta V < G_V$ 」との判定結果を得た（ステップS1904）。

[0347] 当該判定結果に基づき、第3制御部1506による制御により、還元剤の流量を約2.3倍に増加させることにより、アノード極の湿度を減少させた（ステップS1905）。流量を約2.3倍に増加させた後、図20のフローを複数回実施して、流量の微小な増減を行ない、流量を微調整（最適化）した。フロー終了から次のフロー開始までの時間間隔は5分とした。以上のようなアノード極の湿度制御の結果、出力電圧の低下が収まり、安定した出力電圧を達成することができた。

[0348] <実施例23>

ステップS1905において、還元剤の流量を増加させる代わりに、還元剤の相対湿度を初期値の約95%となるように調整し、アノード極の湿度を

減少させた以外は実施例 22 と同様にしてアノード極の湿度制御を行なった。なお、相対湿度を初期値の約 95% となるように減少させた後、図 20 のフローを複数回実施して、相対湿度の微小な増減を行ない、相対湿度を微調整（最適化）した。フロー終了から次のフロー開始までの時間間隔は 5 分とした。このようなアノード極の湿度制御の結果、出力電圧の低下が収まり、安定した出力電圧を達成することができた。

[0349] <比較例 13>

比較例 9 で作製したアルカリ形燃料電池システム（第 3 調整部 1504 および第 3 制御部 1506 を有しない。）を用いたこと以外は実施例 22 と同様にして発電操作を行なった。電子機器からの出力増加要請に応じて、実施例 22 と同様に電流量を $700 \text{ mA} / \text{cm}^2$ まで増加させたが、発電開始以降、還元剤の流量および相対湿度は一定に維持した（これらの一定値は実施例 22 および 23 の初期値と同じである）。結果、時刻 T_1 以降、時間の経過とともに、フラッディングが原因と見られる出力電圧の低下が徐々に顕著になっていった。

[0350] <実施例 24>

実施例 15 で作製したアルカリ形燃料電池システム〔C〕におけるアルカリ形燃料電池のアノード極側集電体とカソード極側集電体とを電子機器を介して接続するとともに、アノード極セパレータに還元剤（ H_2 ）を、カソード極セパレータに酸化剤（空気）を供給して、発電を開始した。この際、還元剤および酸化剤の流量および相対湿度、アノード極－カソード極間の電流量、ならびにアルカリ形燃料電池内の温度を一定に制御した（電流量 = $700 \text{ mA} / \text{cm}^2$ 、アルカリ形燃料電池内の温度 = 50°C ）。その後、時刻 T_0 における電子機器からの出力低減要請に基づき、時刻 T_0 から時刻 T_1 にかけて直線的に電流量を $200 \text{ mA} / \text{cm}^2$ まで低下させ、以後この電流量を維持した。

[0351] 以上の発電操作において、図 20 に示されるフローチャートに従い、次のようなアノード極の湿度制御を行なった。なお、所定値 C_i は $-30 \text{ mA} / \text{cm}^2 \cdot \text{min}$ 、 D_i は $30 \text{ mA} / \text{cm}^2 \cdot \text{min}$ 、 E_H は 90% RH、 F_H は 100

%RH、 G_v は $-30\text{ mV}/\text{min}$ に設定した。時刻 T_1 以後における1分間、第3検出部1505により電流量を測定し、電流量の単位時間当たりの変化量 $\Delta i = 10\text{ mA}/\text{cm}^2 \cdot \text{min}$ との検出結果から、「 $C_i \leq \Delta i \leq D_i$ 」との判定結果を得た（ステップS1901）。続いて、当該判定結果に基づき相対湿度 H を測定し（測定時間1分）、相対湿度 $H = 85\%RH$ との検出結果から、「 $H \leq E_H$ 」との判定結果を得た（ステップS1902）。

[0352] 当該判定結果に基づき、第3制御部1506による制御により、還元剤の流量を約60%に減少させることにより、アノード極の湿度を増加させた（ステップS1903）。流量を約60%倍に減少させた後、図20のフローを複数回実施して、流量の微小な増減を行ない、流量を微調整（最適化）した。フロー終了から次のフロー開始までの時間間隔は5分とした。以上のようなアノード極の湿度制御の結果、出力電圧の低下が収まり、安定した出力電圧を達成することができた。

[0353] <実施例25>

ステップS1903において、還元剤の流量を減少させる代わりに、還元剤の相対湿度を初期値の約104%となるように調整し、アノード極の湿度を増加させた以外は実施例24と同様にしてアノード極の湿度制御を行なった。なお、相対湿度を初期値の約104%となるように増加させた後、図20のフローを複数回実施して、相対湿度の微小な増減を行ない、相対湿度を微調整（最適化）した。フロー終了から次のフロー開始までの時間間隔は5分とした。このようなアノード極の湿度制御の結果、出力電圧の低下が収まり、安定した出力電圧を達成することができた。

[0354] <比較例14>

比較例9で作製したアルカリ形燃料電池システム（第3調整部1504および第3制御部1506を有しない。）を用いたこと以外は実施例24と同様にして発電操作を行なった。電子機器からの出力増加要請に応じて、実施例24と同様に電流量を $200\text{ mA}/\text{cm}^2$ まで減少させたが、発電開始以降、還元剤の流量および相対湿度は一定に維持した（これらの一定値は実施例

24 および25の初期値と同じである)。結果、時刻 T_1 以降、時間の経過とともに、ドライアップが原因と見られる出力電圧の低下が徐々に顕著になっていった。

[0355] [V I I] アルカリ形燃料電池システム [D] の作製

＜実施例26＞

実施例1と同様にして膜電極複合体を作製し、これを用いて実施例1と同様にしてアルカリ形燃料電池を作製した。

[0356] 得られたアルカリ形燃料電池を燃料電池部2301として用い、図23と同様の構成のアルカリ形燃料電池システム [D] を作製した。具体的には次のとおりである。

[0357] 還元剤供給部2302としてのステンレス製の配管を燃料電池部2301のアノード極セパレータに還元剤を供給できるように接続するとともに、酸化剤供給部2303としてのステンレス製の配管を燃料電池部2301のカソード極セパレータに酸化剤を供給できるように接続した。酸化剤供給部2303としてのステンレス製の配管は、第4調整部2304としての流量調整弁および調湿器を有している。調湿器は、温度制御可能な水浴を有しており、酸化剤を水浴中の水中へバブリングさせることにより加湿を行なうタイプである。第4検出部2305として、カソード極セパレータが有する酸化剤流路の出口側端部に湿度計（タスコジャパン株式会社製「高精度圧力露点プローブTMS-442-5」）を設置するとともに、電流計および電圧計を、燃料電池部2301のアノード極側集電体およびカソード極側集電体に接続した（電流計は燃料電池に対して直列、電圧計は燃料電池に対して並列に接続）。また、第4制御部2306としてのパーソナルコンピュータを第4検出部2305に接続して第4検出部2305からの電気信号を受信可能にするとともに、第4調整部2304に接続して、第4検出部2305からの情報に基づき第4調整部2304に制御情報を送信可能とした。また、燃料電池内部の温度をモニターするために、カソード極セパレータ内部の膜電極複合体近傍に温度センサを設置するとともに、調湿器内部の水浴の温度を

モニターするための温度センサを該水浴中に設置した。これらの温度センサの検知結果を第4制御部2306に送信できるようにした。

[0358] 〔V I I I〕 アルカリ形燃料電池システム〔D〕を用いたカソード極の湿度制御実験およびその評価]

（1）図26に示されるフローチャートに従うカソード極の湿度制御

＜実施例27＞

実施例26で作製したアルカリ形燃料電池システム〔D〕におけるアルカリ形燃料電池のアノード極側集電体とカソード極側集電体とを電子機器を介して接続するとともに、アノード極セパレータに還元剤（ H_2 ）を、カソード極セパレータに酸化剤（空気）を供給して、発電を開始した。この際、還元剤および酸化剤の流量および相対湿度、アノード極－カソード極間の電流量、ならびにアルカリ形燃料電池内の温度を一定に制御した（電流量＝ 300 mA/cm^2 、アルカリ形燃料電池内の温度＝ 50°C ）。その後、時刻 T_0 における電子機器からの出力増加要請に基づき、時刻 T_0 から時刻 T_1 にかけて直線的に電流量を 600 mA/cm^2 まで増加させ、時刻 T_2 までこの電流量を維持した（ $T_1 - T_0 = 5\text{分}$ ）。

[0359] 以上の発電操作において、図26に示されるフローチャートに従い、次のようなカソード極の湿度制御を行なった。なお、所定値 C_i は $-30\text{ mA/cm}^2 \cdot \text{min}$ 、 D_i は $30\text{ mA/cm}^2 \cdot \text{min}$ 、 A_H' は $90\%RH$ 、 B_H' は $110\%RH$ に設定した。時刻 $T_0 \sim T_1$ における1分間、第4検出部2305により電流量を測定して、電流量の単位時間当たりの変化量 Δi を検出し、「 $\Delta i > D_i$ 」との判定結果に基づき（ステップS2501）、第4制御部2306による制御により、酸化剤の流量を2倍に増加させることにより、カソード極の湿度を増加させた（ステップS2602）。このようなカソード極の湿度制御の結果、時刻 $T_1 \sim T_2$ において、安定した出力電圧を維持することができた。

[0360] 次に、時刻 T_2 における電子機器からの出力低減要請に基づき、時刻 T_2 から時刻 T_3 にかけて直線的に電流量を 600 mA/cm^2 から 300 mA/cm^2 ま

で低下させ、以後この電流量を維持した ($T_3 - T_2 = 5$ 分)。

[0361] 以上の発電操作において、図 26 に示されるフローチャートに従い、次のようなカソード極の湿度制御を行なった。なお、所定値 C_i は $-30 \text{ mA} / \text{cm}^2 \cdot \text{min}$ 、 D_i は $30 \text{ mA} / \text{cm}^2 \cdot \text{min}$ 、 A_H' は $90\% \text{ RH}$ 、 B_H' は $110\% \text{ RH}$ に設定した。時刻 $T_2 \sim T_3$ における 1 分間、第 4 検出部 2305 により電流量を測定し、電流量の単位時間あたりの変化量 Δi を検出し、「 $\Delta i < C_i$ 」との判定結果に基づき (ステップ S2501)、第 4 制御部 2306 による制御により、酸化剤の流量を半減させ、発電初期の流量に戻すことにより、カソード極の湿度を減少させた (ステップ S2601)。このようなカソード極の湿度制御の結果、時刻 T_3 以降において、安定した出力電圧を維持することができた。

[0362] <実施例 28>

ステップ S2602 において、酸化剤の流量を増加させる代わりに、酸化剤の相対湿度を初期値の約 105% となるように調整し、カソード極の湿度を増加させた以外は実施例 27 と同様にしてカソード極の湿度制御を行なった。また、ステップ S2601 において、酸化剤の流量を減少させる代わりに、酸化剤の相対湿度を減少させ、発電初期の相対湿度に戻すことにより、カソード極の湿度を増加させた以外は実施例 27 と同様にしてカソード極の湿度制御を行なった。このようなカソード極の湿度制御の結果、時刻 $T_1 \sim T_2$ および時刻 T_3 以降において、安定した出力電圧を維持することができた。なお、相対湿度の増減は、第 4 調整部 2304 の調湿器の温度を調整することにより行なった。

[0363] <比較例 15>

比較例 9 で作製したアルカリ形燃料電池システムを用いたこと以外は実施例 27 と同様にして発電操作を行なった。電子機器からの出力増加／低減要請に応じて、実施例 27 と同様に電流量を増加／低下させたが、発電開始以降、酸化剤の流量および相対湿度は一定に維持した (これらの一定値は実施例 27 および 28 の初期値と同じである)。結果、時刻 $T_1 \sim T_2$ において、ド

ライアップが原因と見られる出力電圧の漸次的な低下が認められた。また、時刻 T_3 以降においては、フラッディングが原因と見られる出力電圧の漸次的な低下が認められた。

[0364] <実施例 2 9>

実施例 2 6 で作製したアルカリ形燃料電池システム〔D〕におけるアルカリ形燃料電池のアノード極側集電体とカソード極側集電体とを電子機器を介して接続するとともに、アノード極セパレータに還元剤 (H_2) を、カソード極セパレータに酸化剤 (空気) を供給して、発電を開始した。この際、還元剤および酸化剤の流量および相対湿度、アノード極ーカソード極間の電流量、ならびにアルカリ形燃料電池内の温度を一定に制御した (電流量 = $300 \text{ mA} / \text{cm}^2$ 、アルカリ形燃料電池内の温度 = 50°C)。その後、時刻 T_0 における電子機器からの出力増加要請に基づき、時刻 T_0 から時刻 T_1 にかけて直線的に電流量を $700 \text{ mA} / \text{cm}^2$ まで増加させ、以後この電流量を維持した。

[0365] 以上の発電操作において、図 2 6 に示されるフローチャートに従い、次のようなカソード極の湿度制御を行なった。なお、所定値 C_i は $-30 \text{ mA} / \text{cm}^2 \cdot \text{min}$ 、 D_i は $30 \text{ mA} / \text{cm}^2 \cdot \text{min}$ 、 A_H' は $90\% \text{ RH}$ 、 B_H' は $110\% \text{ RH}$ に設定した。時刻 T_1 以後における 1 分間、第 4 検出部 2305 により電流量を測定し、電流量の単位時間当たりの変化量 $\Delta i = 10 \text{ mA} / \text{cm}^2 \cdot \text{min}$ との検出結果から、「 $C_i \leq \Delta i \leq D_i$ 」との判定結果を得た (ステップ S 2501)。続いて、当該判定結果に基づき相対湿度 H' を測定し (測定時間 1 分)、相対湿度 $H' = 115\% \text{ RH}$ との検出結果から、「 $H' \geq B_H'$ 」との判定結果を得た (ステップ S 2502)。

[0366] 当該判定結果に基づき、第 4 制御部 2306 による制御により、酸化剤の流量を半減させることにより、カソード極の湿度を減少させた (ステップ S 2504)。なお、以上のような図 2 6 に示される一連のフローを終了した後、図 2 6 のフローを複数回実施して、流量の微小な増減を行ない、流量を微調整 (最適化) した。フロー終了から次のフロー開始までの時間間隔は 5 分とした。以上のようなカソード極の湿度制御の結果、出力電圧の低下が収

まり、安定した出力電圧を達成することができた。

[0367] <実施例 30>

ステップ S 2 5 0 4 において、酸化剤の流量を半減させる代わりに、酸化剤の相対湿度を初期値の約 9 5 % となるように調整し、カソード極の湿度を減少させた以外は実施例 2 9 と同様にしてカソード極の湿度制御を行なった。なお、相対湿度を初期値の約 9 5 % となるように減少させた後、図 2 6 のフローを複数回実施して、相対湿度の微小な増減を行ない、相対湿度を微調整（最適化）した。フロー終了から次のフロー開始までの時間間隔は 5 分とした。このようなカソード極の湿度制御の結果、出力電圧の低下が収まり、安定した出力電圧を達成することができた。

[0368] <比較例 16>

比較例 9 で作製したアルカリ形燃料電池システムを用いたこと以外は実施例 2 9 と同様にして発電操作を行なった。電子機器からの出力増加要請に応じて、実施例 2 9 と同様に電流量を $700 \text{ mA} / \text{cm}^2$ まで増加させたが、発電開始以降、酸化剤の流量および相対湿度は一定に維持した（これらの一定値は実施例 2 9 および 3 0 の初期値と同じである）。結果、時刻 T_1 以降、時間の経過とともに、フラッディングが原因と見られる出力電圧の低下が徐々に顕著になっていった。

[0369] <実施例 31>

実施例 2 6 で作製したアルカリ形燃料電池システム〔D〕におけるアルカリ形燃料電池のアノード極側集電体とカソード極側集電体とを電子機器を介して接続するとともに、アノード極セパレータに還元剤（ H_2 ）を、カソード極セパレータに酸化剤（空気）を供給して、発電を開始した。この際、還元剤および酸化剤の流量および相対湿度、アノード極－カソード極間の電流量、ならびにアルカリ形燃料電池内の温度を一定に制御した（電流量 = $700 \text{ mA} / \text{cm}^2$ 、アルカリ形燃料電池内の温度 = 50°C ）。その後、時刻 T_0 における電子機器からの出力低減要請に基づき、時刻 T_0 から時刻 T_1 にかけて直線的に電流量を $200 \text{ mA} / \text{cm}^2$ まで低下させ、以後この電流量を維持した。

[0370] 以上の発電操作において、図26に示されるフローチャートに従い、次のようなカソード極の湿度制御を行なった。なお、所定値 C_i は $-30\text{ mA}/\text{cm}^2 \cdot \text{min}$ 、 D_i は $30\text{ mA}/\text{cm}^2 \cdot \text{min}$ 、 A_H' は $90\%RH$ 、 B_H' は $110\%RH$ に設定した。時刻 T_1 以後における1分間、第4検出部2305により電流量を測定し、電流量の単位時間当たりの変化量 $\Delta i = 10\text{ mA}/\text{cm}^2 \cdot \text{min}$ との検出結果から、「 $C_i \leq \Delta i \leq D_i$ 」との判定結果を得た（ステップS2501）。続いて、当該判定結果に基づき相対湿度 H' を測定し（測定時間1分）、相対湿度 $H' = 85\%RH$ との検出結果から、「 $H' \leq A_H'$ 」との判定結果を得た（ステップS2502）。

[0371] 当該判定結果に基づき、第4制御部2306による制御により、酸化剤の流量を約3.8倍に増加させることにより、カソード極の湿度を増加させた（ステップS2503）。流量を約3.8倍に増加させた後、図26のフローを複数回実施して、流量の微小な増減を行ない、流量を微調整（最適化）した。フロー終了から次のフロー開始までの時間間隔は5分とした。以上のようなカソード極の湿度制御の結果、出力電圧の低下が収まり、安定した出力電圧を達成することができた。

[0372] <実施例32>

ステップS2503において、酸化剤の流量を増加させる代わりに、酸化剤の相対湿度を初期値の約 104% となるように調整し、カソード極の湿度を増加させた以外は実施例31と同様にしてカソード極の湿度制御を行なった。なお、相対湿度を初期値の約 104% となるように増加させた後、図26のフローを複数回実施して、相対湿度の微小な増減を行ない、相対湿度を微調整（最適化）した。フロー終了から次のフロー開始までの時間間隔は5分とした。このようなカソード極の湿度制御の結果、出力電圧の低下が収まり、安定した出力電圧を達成することができた。

[0373] <比較例17>

比較例9で作製したアルカリ形燃料電池システムを用いたこと以外は実施例31と同様にして発電操作を行なった。電子機器からの出力増加要請に応

じて、実施例 3 1 と同様に電流量を $200 \text{ mA} / \text{cm}^2$ まで低下させたが、発電開始以降、酸化剤の流量および相対湿度は一定に維持した（これらの一定値は実施例 3 1 および 3 2 の初期値と同じである）。結果、時刻 T_1 以降、時間の経過とともに、ドライアップが原因と見られる出力電圧の低下が徐々に顕著になっていった。

[0374] (2) 図 2 8 に示されるフローチャートに従うカソード極の湿度制御
 <実施例 3 3>

実施例 2 6 で作製したアルカリ形燃料電池システム [D] におけるアルカリ形燃料電池のアノード極側集電体とカソード極側集電体とを電子機器を介して接続するとともに、アノード極セパレータに還元剤 (H_2) を、カソード極セパレータに酸化剤 (空気) を供給して、発電を開始した。この際、還元剤および酸化剤の流量および相対湿度、アノード極ーカソード極間の電流量、ならびにアルカリ形燃料電池内の温度を一定に制御した（電流量 = $300 \text{ mA} / \text{cm}^2$ 、アルカリ形燃料電池内の温度 = 50°C ）。その後、時刻 T_0 における電子機器からの出力増加要請に基づき、時刻 T_0 から時刻 T_1 にかけて直線的に電流量を $700 \text{ mA} / \text{cm}^2$ まで増加させ、以後この電流量を維持した。

[0375] 以上の発電操作において、図 2 8 に示されるフローチャートに従い、次のようなカソード極の湿度制御を行なった。なお、所定値 C_i は $-30 \text{ mA} / \text{cm}^2 \cdot \text{min}$ 、 D_i は $30 \text{ mA} / \text{cm}^2 \cdot \text{min}$ 、 E_H' は $90\% \text{ RH}$ 、 F_H' は $100\% \text{ RH}$ 、 G_v は $-30 \text{ mV} / \text{min}$ に設定した。時刻 T_1 以後における 1 分間、第 4 検出部 2305 により電流量を測定し、電流量の単位時間当たりの変化量 $\Delta i = 10 \text{ mA} / \text{cm}^2 \cdot \text{min}$ との検出結果から、「 $C_i \leq \Delta i \leq D_i$ 」との判定結果を得た（ステップ S 2701）。続いて、当該判定結果に基づき相対湿度 H' を測定し（測定時間 1 分）、相対湿度 $H' = 100\% \text{ RH}$ との検出結果から、「 $H' \geq F_H'$ 」との判定結果を得た（ステップ S 2702）。さらに続いて、当該判定結果に基づき出力電圧値を測定し（測定時間 1 分）、出力電圧値の単位時間当たりの変化量 $\Delta V = -60 \text{ mV} / \text{min}$ との検出結果から、「 $\Delta V < G_v$ 」との判定結果を得た（ステップ S 2704）。

[0376] 当該判定結果に基づき、第4制御部2306による制御により、酸化剤の流量を半減させることにより、カソード極の湿度を減少させた（ステップS2705）。流量を半減させた後、図28のフローを複数回実施して、流量の微小な増減を行ない、流量を微調整（最適化）した。フロー終了から次のフロー開始までの時間間隔は5分とした。以上のようなカソード極の湿度制御の結果、出力電圧の低下が収まり、安定した出力電圧を達成することができた。

[0377] <実施例34>

ステップS2705において、酸化剤の流量を半減させる代わりに、酸化剤の相対湿度を初期値の約95%となるように調整し、カソード極の湿度を減少させた以外は実施例33と同様にしてカソード極の湿度制御を行なった。なお、相対湿度を初期値の約95%となるように減少させた後、図28のフローを複数回実施して、相対湿度の微小な増減を行ない、相対湿度を微調整（最適化）した。フロー終了から次のフロー開始までの時間間隔は5分とした。このようなカソード極の湿度制御の結果、出力電圧の低下が収まり、安定した出力電圧を達成することができた。

[0378] <比較例18>

比較例9で作製したアルカリ形燃料電池システムを用いたこと以外は実施例33と同様にして発電操作を行なった。電子機器からの出力増加要請に応じて、実施例33と同様に電流量を700mA/cm²まで増加させたが、発電開始以降、酸化剤の流量および相対湿度は一定に維持した（これらの一定値は実施例33および34の初期値と同じである）。結果、時刻T₁以降、時間の経過とともに、フラッディングが原因と見られる出力電圧の低下が徐々に顕著になっていった。

[0379] <実施例35>

実施例26で作製したアルカリ形燃料電池システム〔D〕におけるアルカリ形燃料電池のアノード極側集電体とカソード極側集電体とを電子機器を介して接続するとともに、アノード極セパレータに還元剤（H₂）を、カソード

極セパレータに酸化剤（空気）を供給して、発電を開始した。この際、還元剤および酸化剤の流量および相対湿度、アノード極－カソード極間の電流量、ならびにアルカリ形燃料電池内の温度を一定に制御した（電流量＝ 700 mA/cm^2 、アルカリ形燃料電池内の温度＝ 50°C ）。その後、時刻 T_0 における電子機器からの出力低減要請に基づき、時刻 T_0 から時刻 T_1 にかけて直線的に電流量を 200 mA/cm^2 まで低下させ、以後この電流量を維持した。

[0380] 以上の発電操作において、図28に示されるフローチャートに従い、次のようなカソード極の湿度制御を行なった。なお、所定値 C_i は $-30\text{ mA/cm}^2 \cdot \text{min}$ 、 D_i は $30\text{ mA/cm}^2 \cdot \text{min}$ 、 E_H' は $90\%RH$ 、 F_H' は $100\%RH$ 、 G_V は -30 mV/min に設定した。時刻 T_1 以後における1分間、第4検出部2305により電流量を測定し、電流量の単位時間当たりの変化量 $\Delta i = 10\text{ mA/cm}^2 \cdot \text{min}$ との検出結果から、「 $C_i \leq \Delta i \leq D_i$ 」との判定結果を得た（ステップS2701）。続いて、当該判定結果に基づき相対湿度 H' を測定し（測定時間1分）、相対湿度 $H' = 85\%RH$ との検出結果から、「 $H' \leq E_H'$ 」との判定結果を得た（ステップS2702）。

[0381] 当該判定結果に基づき、第4制御部2306による制御により、酸化剤の流量を約3.8倍に増加させることにより、カソード極の湿度を増加させた（ステップS2703）。流量を約3.8倍に増加させた後、図28のフローを複数回実施して、流量の微小な増減を行ない、流量を微調整（最適化）した。フロー終了から次のフロー開始までの時間間隔は5分とした。以上のようなカソード極の湿度制御の結果、出力電圧の低下が収まり、安定した出力電圧を達成することができた。

[0382] <実施例36>

ステップS2703において、酸化剤の流量を減少させる代わりに、酸化剤の相対湿度を初期値の約 104% となるように調整し、カソード極の湿度を増加させた以外は実施例35と同様にしてカソード極の湿度制御を行なった。なお、相対湿度を初期値の約 104% となるように増加させた後、図2

8のフローを複数回実施して、相対湿度の微小な増減を行ない、相対湿度を微調整（最適化）した。フロー終了から次のフロー開始までの時間間隔は5分とした。このようなカソード極の湿度制御の結果、出力電圧の低下が収まり、安定した出力電圧を達成することができた。

[0383] <比較例19>

比較例9で作製したアルカリ形燃料電池システムを用いたこと以外は実施例35と同様にして発電操作を行なった。電子機器からの出力増加要請に応じて、実施例35と同様に電流量を200mA/cm²まで減少させたが、発電開始以降、酸化剤の流量および相対湿度は一定に維持した（これらの一定値は実施例35および36の初期値と同じである）。結果、時刻T₁以降、時間の経過とともに、ドライアップが原因と見られる出力電圧の低下が徐々に顕著になっていった。

符号の説明

[0384] 100, 800, 1400, 1500, 2300, 3100 アルカリ形燃料電池システム、101, 801, 1401, 1501, 2301, 3101 燃料電池部、102, 802, 1402, 1502, 2302, 3102 還元剤供給部、103, 803, 1403, 1503, 2303, 3103 酸化剤供給部、104, 1404a 第1調整部、105 第1検出部、106 第1制御部、200 アルカリ形燃料電池、201 アニオン伝導性電解質膜、202 アノード極、203 カソード極、204 アノードセパレータ、205 カソードセパレータ、206 還元剤流路、207 酸化剤流路、210 膜電極複合体、804, 1404b 第2調整部、805 第2検出部、806 第2制御部、1405, 3105 検出部、1406, 3106 制御部、1504, 3104a 第3調整部、1505 第3検出部、1506 第3制御部、2304, 3104b 第4調整部、2305 第4検出部、2306 第4制御部。

請求の範囲

- [請求項1] アノード極、アニオン伝導性電解質膜およびカソード極をこの順で備えるアルカリ形燃料電池を含む燃料電池部と、
前記アノード極に還元剤を供給するための還元剤供給部と、
前記カソード極に酸化剤を供給するための酸化剤供給部と、
前記アノード極に供給される還元剤の流量および／または湿度を調整するための第1調整部と、
前記アルカリ形燃料電池のアノード極とカソード極との間を流れる電流値の単位時間当たりの変化量 Δi を少なくとも検出する第1検出部と、
前記第1調整部および前記第1検出部に接続され、前記第1検出部による検出結果に基づいて、前記第1調整部による前記還元剤の流量および／または湿度の調整を制御するための第1制御部と、
を備えるアルカリ形燃料電池システム。
- [請求項2] 前記第1検出部は、前記アルカリ形燃料電池の出力電圧値の単位時間当たりの変化量 ΔV および抵抗値の単位時間当たりの変化率 ΔR をさらに検出するものである請求項1に記載のアルカリ形燃料電池システム。
- [請求項3] 前記第1検出部によって検出された Δi が所定値 A_i （ただし、 A_i は負の値である。）より小さい場合には、前記第1制御部は、前記第1調整部が還元剤の流量の低減および／または還元剤の湿度の増加を行なうように制御し、
前記第1検出部によって検出された Δi が所定値 B_i （ただし、 B_i は正の値である。）より大きい場合には、前記第1制御部は、前記第1調整部が還元剤の流量の増加および／または還元剤の湿度の低減を行なうように制御する請求項1に記載のアルカリ形燃料電池システム。
- [請求項4] 前記第1検出部によって検出された Δi が $A_i \sim B_i$ の範囲内である

場合において、

前記第 1 検出部によって検出された ΔR が所定値 C_R (ただし、 C_R は正の値である。) 以下である場合には、前記第 1 制御部は、前記第 1 検出部が ΔV を検出するように制御するとともに、該 ΔV が所定値 D_V (ただし、 D_V は負の値である。) 未満である場合には、前記第 1 調整部が還元剤の流量の増加および／または還元剤の湿度の低減を行なうように制御し、

前記第 1 検出部によって検出された ΔR が所定値 C_R より大きい場合には、前記第 1 制御部は、前記第 1 調整部が還元剤の流量の低減および／または還元剤の湿度の増加を行なうように制御する請求項 2 または 3 に記載のアルカリ形燃料電池システム。

[請求項5] 前記第 1 検出部によって検出された Δi が $A_i \sim B_i$ の範囲内である場合において、

前記第 1 検出部によって検出された ΔV が所定値 D_V (ただし、 D_V は負の値である。) 未満である場合には、前記第 1 制御部は、前記第 1 検出部が ΔR を検出するように制御するとともに、該 ΔR が所定値 C_R (ただし、 C_R は正の値である。) 以下である場合には、前記第 1 調整部が還元剤の流量の増加および／または還元剤の湿度の低減を行なうように制御し、該 ΔR が所定値 C_R より大きい場合には、前記第 1 調整部が還元剤の流量の低減および／または還元剤の湿度の増加を行なうように制御する請求項 2 または 3 に記載のアルカリ形燃料電池システム。

[請求項6] Δi の所定値 A_i が $-50 \sim -25$ [$\text{mA} / \text{cm}^2 \cdot \text{min}$] の範囲内であり、所定値 B_i が $+25 \sim +50$ [$\text{mA} / \text{cm}^2 \cdot \text{min}$] の範囲内である請求項 3 ～ 5 のいずれかに記載のアルカリ形燃料電池システム。

[請求項7] ΔR の所定値 C_R が $+5 \sim +20$ [$\% / \text{min}$] の範囲内である請求項 4 ～ 6 のいずれかに記載のアルカリ形燃料電池システム。

- [請求項8] ΔV の所定値 D_V が $-50 \sim -2$ [mV/min] の範囲内である請求項4～7のいずれかに記載のアルカリ形燃料電池システム。
- [請求項9] 前記アルカリ形燃料電池は、アノードセパレータ、アノード極、アニオン伝導性電解質膜、カソード極およびカソードセパレータをこの順で備える請求項1～8のいずれかに記載のアルカリ形燃料電池システム。
- [請求項10] 前記還元剤供給部は、還元剤供給源と前記アノードセパレータとを接続する配管を含み、
前記配管は、前記第1調整部としての流量調整弁および／または調湿器を具備する請求項9に記載のアルカリ形燃料電池システム。
- [請求項11] アノード極、アニオン伝導性電解質膜およびカソード極をこの順で備えるアルカリ形燃料電池を含む燃料電池部と、
前記アノード極に還元剤を供給するための還元剤供給部と、
前記カソード極に酸化剤を供給するための酸化剤供給部と、
前記カソード極に供給される酸化剤の流量および／または湿度を調整するための第2調整部と、
前記アルカリ形燃料電池のアノード極とカソード極との間を流れる電流値の単位時間当たりの変化量 Δi を少なくとも検出する第2検出部と、
前記第2調整部および前記第2検出部に接続され、前記第2検出部による検出結果に基づいて、前記第2調整部による前記酸化剤の流量および／または湿度の調整を制御するための第2制御部と、
を備えるアルカリ形燃料電池システム。
- [請求項12] 前記第2検出部は、前記アルカリ形燃料電池の出力電圧値の単位時間当たりの変化量 ΔV および抵抗値の単位時間当たりの変化率 ΔR をさらに検出するものである請求項11に記載のアルカリ形燃料電池システム。
- [請求項13] 前記第2検出部によって検出された Δi が所定値 A_i （ただし、 A_i

は負の値である。)より小さい場合には、前記第2制御部は、前記第2調整部が酸化剤の流量の低減および／または酸化剤の湿度の低減を行なうように制御し、

前記第2検出部によって検出された Δi が所定値 B_i （ただし、 B_i は正の値である。）より大きい場合には、前記第2制御部は、前記第2調整部が酸化剤の流量の増加および／または酸化剤の湿度の増加を行なうように制御する請求項11に記載のアルカリ形燃料電池システム。

[請求項14] 前記第2検出部によって検出された Δi が $A_i \sim B_i$ の範囲内である場合において、

前記第2検出部によって検出された ΔR が所定値 C_R （ただし、 C_R は正の値である。）以下である場合には、前記第2制御部は、前記第2検出部が ΔV を検出するように制御するとともに、該 ΔV が所定値 D_V （ただし、 D_V は負の値である。）未満である場合には、前記第2調整部が酸化剤の流量の低減および／または酸化剤の湿度の低減を行なうように制御し、

前記第2検出部によって検出された ΔR が所定値 C_R より大きい場合には、前記第2制御部は、前記第2調整部が酸化剤の流量の増加および／または酸化剤の湿度の増加を行なうように制御する請求項12または13に記載のアルカリ形燃料電池システム。

[請求項15] 前記第2検出部によって検出された Δi が $A_i \sim B_i$ の範囲内である場合において、

前記第2検出部によって検出された ΔV が所定値 D_V （ただし、 D_V は負の値である。）未満である場合には、前記第2制御部は、前記第2検出部が ΔR を検出するように制御するとともに、該 ΔR が所定値 C_R （ただし、 C_R は正の値である。）以下である場合には、前記第2調整部が酸化剤の流量の低減および／または酸化剤の湿度の低減を行なうように制御し、該 ΔR が所定値 C_R より大きい場合には、前記第

2調整部が酸化剤の流量の増加および／または酸化剤の湿度の増加を行なうように制御する請求項12または13に記載のアルカリ形燃料電池システム。

[請求項16] Δi の所定値 A_i が $-50 \sim -25$ [$\text{mA} / \text{cm}^2 \cdot \text{min}$]の範囲内であり、所定値 B_i が $+25 \sim +50$ [$\text{mA} / \text{cm}^2 \cdot \text{min}$]の範囲内である請求項13～15のいずれかに記載のアルカリ形燃料電池システム。

[請求項17] ΔR の所定値 C_R が $+5 \sim +20$ [$\% / \text{min}$]の範囲内である請求項14～16のいずれかに記載のアルカリ形燃料電池システム。

[請求項18] ΔV の所定値 D_V が $-50 \sim -2$ [mV / min]の範囲内である請求項14～17のいずれかに記載のアルカリ形燃料電池システム。

[請求項19] 前記アルカリ形燃料電池は、アノードセパレータ、アノード極、アニオン伝導性電解質膜、カソード極およびカソードセパレータをこの順で備える請求項11～18のいずれかに記載のアルカリ形燃料電池システム。

[請求項20] 前記酸化剤供給部は、酸化剤供給源と前記カソードセパレータとを接続する配管を含み、

前記配管は、前記第2調整部としての流量調整弁および／または調湿器を具備する請求項19に記載のアルカリ形燃料電池システム。

[請求項21] アノード極、アニオン伝導性電解質膜およびカソード極をこの順で備えるアルカリ形燃料電池を含む燃料電池部と、

前記アノード極に還元剤を供給するための還元剤供給部と、

前記カソード極に酸化剤を供給するための酸化剤供給部と、

前記アノード極に供給される還元剤の流量および／または湿度を調整するための第3調整部と、

前記アノード極から排出される還元剤の相対湿度 H を少なくとも検出する第3検出部と、

前記第3調整部および前記第3検出部に接続され、前記第3検出部

による検出結果に基づいて、前記第3調整部による前記還元剤の流量および／または湿度の調整を制御するための第3制御部と、を備えるアルカリ形燃料電池システム。

[請求項22] 前記第3検出部は、前記アルカリ形燃料電池のアノード極とカソード極との間を流れる電流値の単位時間当たりの変化量 Δi および出力電圧値の単位時間当たりの変化量 ΔV をさらに検出するものである請求項21に記載のアルカリ形燃料電池システム。

[請求項23] 前記第3検出部によって検出された相対湿度 H が所定値 A_H （ただし、 A_H は100%RHより小さい値である。）以下である場合には、前記第3制御部は、前記第3調整部が還元剤の流量の低減および／または還元剤の湿度の増加を行なうように制御し、

前記第3検出部によって検出された相対湿度 H が所定値 B_H （ただし、 B_H は100%RHより大きい値である。）以上である場合には、前記第3制御部は、前記第3調整部が還元剤の流量の増加および／または還元剤の湿度の低減を行なうように制御する請求項21に記載のアルカリ形燃料電池システム。

[請求項24] 前記第3検出部によって検出された Δi が $C_i \sim D_i$ （ただし、 C_i は負の値であり、 D_i は正の値である。）の範囲内である場合において、

前記第3検出部によって検出された相対湿度 H が所定値 E_H （ただし、 E_H は100%RHより小さい値である。）以下である場合には、前記第3制御部は、前記第3調整部が還元剤の流量の低減および／または還元剤の湿度の増加を行なうように制御し、

前記第3検出部によって検出された相対湿度 H が所定値 F_H （ただし、 $F_H = 100\%RH$ である。）以上である場合には、前記第3制御部は、前記第3検出部が ΔV を検出するように制御するとともに、該 ΔV が所定値 G_V （ただし、 G_V は負の値である。）未満である場合には、前記第3調整部が還元剤の流量の増加および／または還元剤の

湿度の低減を行なうように制御する請求項 22 に記載のアルカリ形燃料電池システム。

[請求項25] 前記第 3 検出部によって検出された Δi が $C_i \sim D_i$ (ただし、 C_i は負の値であり、 D_i は正の値である。) の範囲内である場合において、

前記第 3 検出部によって検出された ΔV が所定値 G_v (ただし、 G_v は負の値である。) 未満である場合には、前記第 3 制御部は、前記第 3 検出部が相对湿度 H を検出するように制御するとともに、該相对湿度 H が所定値 E_H (ただし、 E_H は 100%RH より小さい値である。) 以下である場合には、前記第 3 調整部が還元剤の流量の低減および／または還元剤の湿度の増加を行なうように制御し、該相对湿度 H が所定値 F_H (ただし、 $F_H = 100\%RH$ である。) 以上である場合には、前記第 3 調整部が還元剤の流量の増加および／または還元剤の湿度の低減を行なうように制御する請求項 22 に記載のアルカリ形燃料電池システム。

[請求項26] 前記第 3 検出部によって検出された Δi が所定値 C_i より小さい場合には、前記第 3 制御部は、前記第 3 調整部が還元剤の流量の低減および／または還元剤の湿度の増加を行なうように制御し、

前記第 3 検出部によって検出された Δi が所定値 D_i より大きい場合には、前記第 3 制御部は、前記第 3 調整部が還元剤の流量の増加および／または還元剤の湿度の低減を行なうように制御する請求項 24 または 25 に記載のアルカリ形燃料電池システム。

[請求項27] 相对湿度 H の所定値 A_H が 80～95 [%RH] の範囲内であり、所定値 B_H が 105～150 [%RH] の範囲内である請求項 23 に記載のアルカリ形燃料電池システム。

[請求項28] Δi の所定値 C_i が $-50 \sim -25$ [mA/cm²・min] の範囲内であり、所定値 D_i が $+25 \sim +50$ [mA/cm²・min] の範囲内であり、相对湿度 H の所定値 E_H が 80～95 [%RH] の範囲

内であり、 ΔV の所定値 G_V が $-50 \sim -2$ [mV/min] の範囲内である請求項24～26のいずれかに記載のアルカリ形燃料電池システム。

[請求項29] 前記アルカリ形燃料電池は、アノードセパレータ、アノード極、アニオン伝導性電解質膜、カソード極およびカソードセパレータをこの順で備える請求項21～28のいずれかに記載のアルカリ形燃料電池システム。

[請求項30] 前記還元剤供給部は、還元剤供給源と前記アノードセパレータとを接続する配管を含み、

前記配管は、前記第3調整部としての流量調整弁および／または調湿器を具備する請求項29に記載のアルカリ形燃料電池システム。

[請求項31] アノード極、アニオン伝導性電解質膜およびカソード極をこの順で備えるアルカリ形燃料電池を含む燃料電池部と、

前記アノード極に還元剤を供給するための還元剤供給部と、

前記カソード極に酸化剤を供給するための酸化剤供給部と、

前記カソード極に供給される酸化剤の流量および／または湿度を調整するための第4調整部と、

前記カソード極から排出される酸化剤の相対湿度 H' を少なくとも検出する第4検出部と、

前記第4調整部および前記第4検出部に接続され、前記第4検出部による検出結果に基づいて、前記第4調整部による前記酸化剤の流量および／または湿度の調整を制御するための第4制御部と、を備えるアルカリ形燃料電池システム。

[請求項32] 前記第4検出部は、前記アルカリ形燃料電池のアノード極とカソード極との間を流れる電流値の単位時間当たりの変化量 Δi および出力電圧値の単位時間当たりの変化量 ΔV をさらに検出するものである請求項31に記載のアルカリ形燃料電池システム。

[請求項33] 前記第4検出部によって検出された相対湿度 H' が所定値 A_H' （

ただし、 A_H' は 100%RH より小さい値である。) 以下である場合には、前記第 4 制御部は、前記第 4 調整部が酸化剤の流量の増加および／または酸化剤の湿度の増加を行なうように制御し、

前記第 4 検出部によって検出された相対湿度 H' が所定値 B_H' (ただし、 B_H' は 100%RH より大きい値である。) 以上である場合には、前記第 4 制御部は、前記第 4 調整部が酸化剤の流量の低減および／または酸化剤の湿度の低減を行なうように制御する請求項 31 に記載のアルカリ形燃料電池システム。

[請求項 34] 前記第 4 検出部によって検出された Δi が $C_i \sim D_i$ (ただし、 C_i は負の値であり、 D_i は正の値である。) の範囲内である場合において、

前記第 4 検出部によって検出された相対湿度 H' が所定値 E_H' (ただし、 E_H' は 100%RH より小さい値である。) 以下である場合には、前記第 4 制御部は、前記第 4 調整部が酸化剤の流量の増加および／または酸化剤の湿度の増加を行なうように制御し、

前記第 4 検出部によって検出された相対湿度 H' が所定値 F_H' (ただし、 $F_H' = 100\%RH$ である。) 以上である場合には、前記第 4 制御部は、前記第 4 検出部が ΔV を検出するように制御するとともに、該 ΔV が所定値 G_v (ただし、 G_v は負の値である。) 未満である場合には、前記第 4 調整部が酸化剤の流量の低減および／または酸化剤の湿度の低減を行なうように制御する請求項 32 に記載のアルカリ形燃料電池システム。

[請求項 35] 前記第 4 検出部によって検出された Δi が $C_i \sim D_i$ (ただし、 C_i は負の値であり、 D_i は正の値である。) の範囲内である場合において、

前記第 4 検出部によって検出された ΔV が所定値 G_v (ただし、 G_v は負の値である。) 未満である場合には、前記第 4 制御部は、前記第 4 検出部が相対湿度 H' を検出するように制御するとともに、該相対

湿度 H' が所定値 E_H' （ただし、 E_H' は100%RHより小さい値である。）以下である場合には、前記第4調整部が酸化剤の流量の増加および／または酸化剤の湿度の増加を行なうように制御し、該相対湿度 H' が所定値 F_H' （ただし、 $F_H' = 100\%RH$ である。）以上である場合には、前記第4調整部が酸化剤の流量の低減および／または酸化剤の湿度の低減を行なうように制御する請求項32に記載のアルカリ形燃料電池システム。

[請求項36] 前記第4検出部によって検出された Δi が所定値 C_i より小さい場合には、前記第4制御部は、前記第4調整部が酸化剤の流量の低減および／または酸化剤の湿度の低減を行なうように制御し、

前記第4検出部によって検出された Δi が所定値 D_i より大きい場合には、前記第4制御部は、前記第4調整部が酸化剤の流量の増加および／または酸化剤の湿度の増加を行なうように制御する請求項34または35に記載のアルカリ形燃料電池システム。

[請求項37] 相対湿度 H' の所定値 A_H' が70～95 [%RH]の範囲内であり、所定値 B_H' が105～130 [%RH]の範囲内である請求項33に記載のアルカリ形燃料電池システム。

[請求項38] Δi の所定値 C_i が $-50 \sim -25$ [mA/cm²・min]の範囲内であり、所定値 D_i が $+25 \sim +50$ [mA/cm²・min]の範囲内であり、相対湿度 H' の所定値 E_H' が70～95 [%RH]の範囲内であり、 ΔV の所定値 G_v が $-50 \sim -2$ [mV/min]の範囲内である請求項34～36のいずれかに記載のアルカリ形燃料電池システム。

[請求項39] 前記アルカリ形燃料電池は、アノードセパレータ、アノード極、アニオン伝導性電解質膜、カソード極およびカソードセパレータをこの順で備える請求項31～38のいずれかに記載のアルカリ形燃料電池システム。

[請求項40] 前記酸化剤供給部は、酸化剤供給源と前記カソードセパレータとを

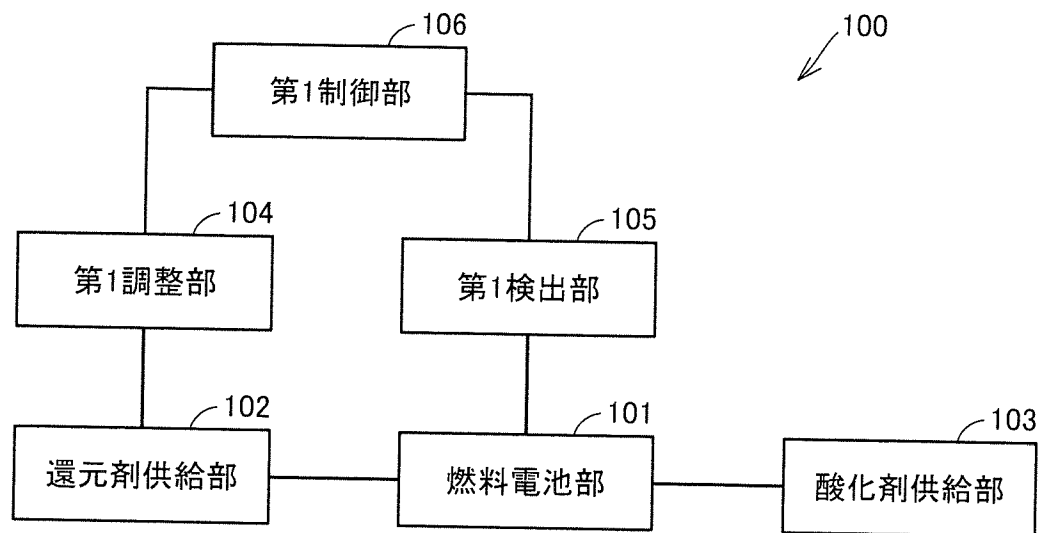
接続する配管を含み、

前記配管は、前記第 4 調整部としての流量調整弁および／または調湿器を具備する請求項 39 に記載のアルカリ形燃料電池システム。

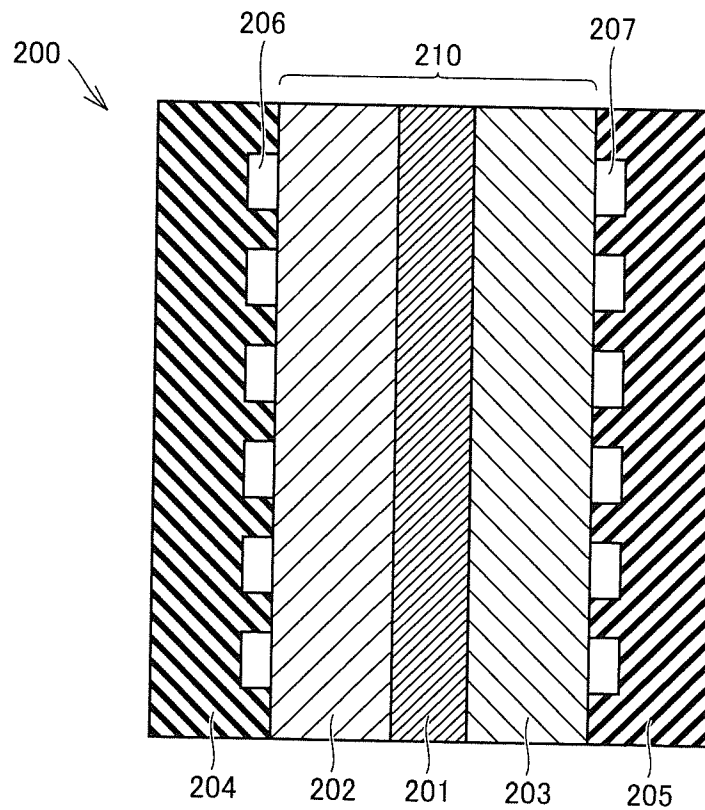
[請求項41] 前記燃料電池部は、直列または並列に電氣的に接続された 2 以上の前記アルカリ形燃料電池を含む請求項 1 ～ 40 のいずれかに記載のアルカリ形燃料電池システム。

[請求項42] 前記還元剤が水素ガスであり、前記酸化剤が空気である請求項 1 ～ 41 のいずれかに記載のアルカリ形燃料電池システム。

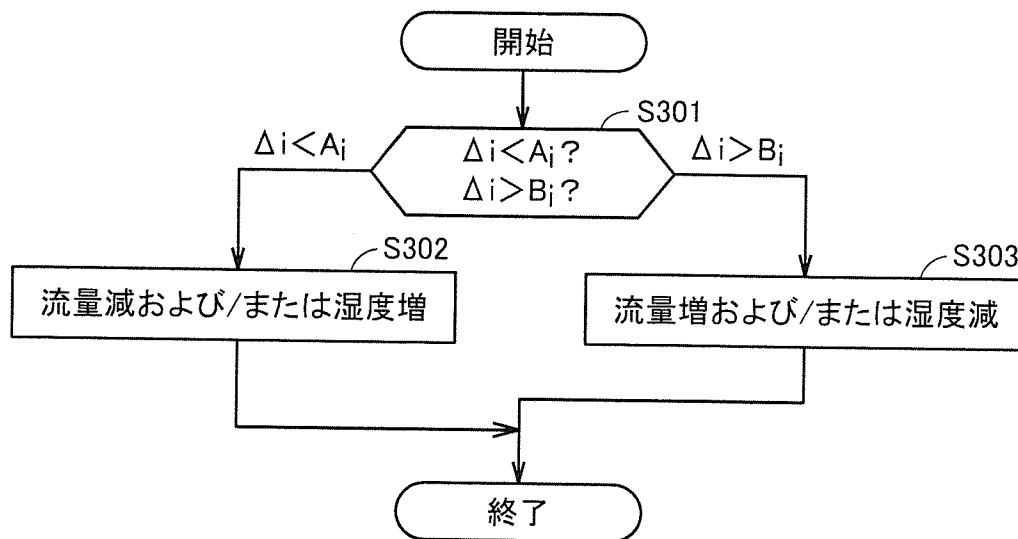
[図1]



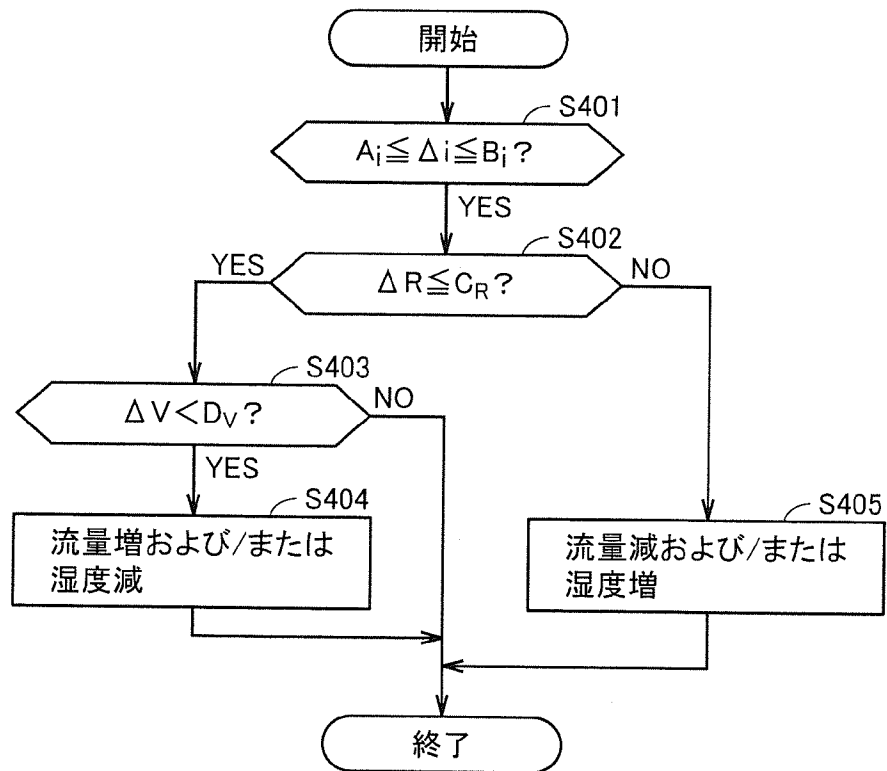
[図2]



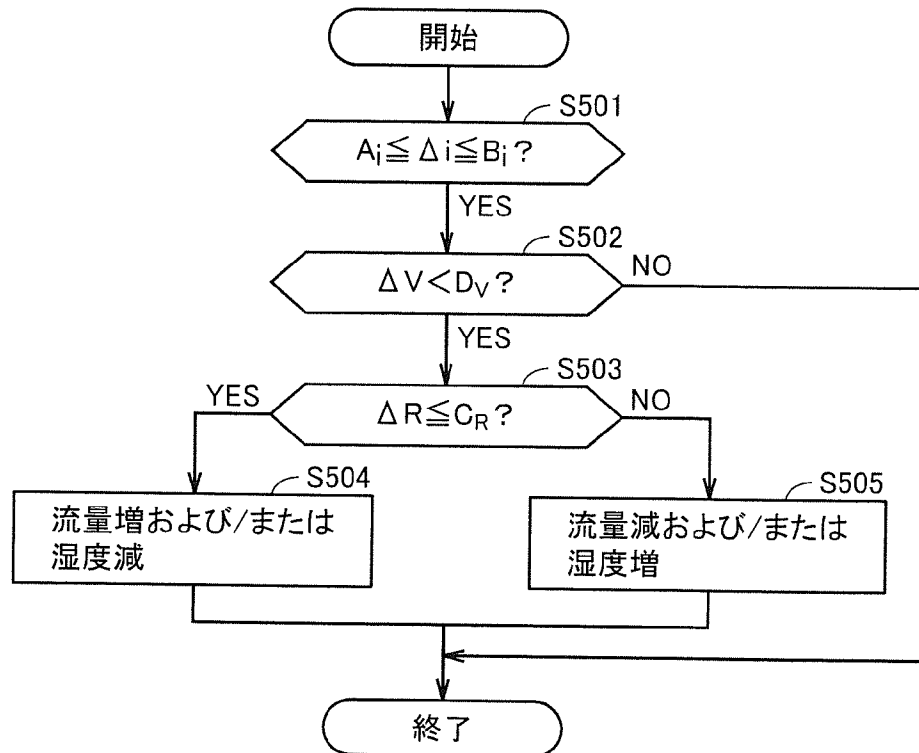
[図3]



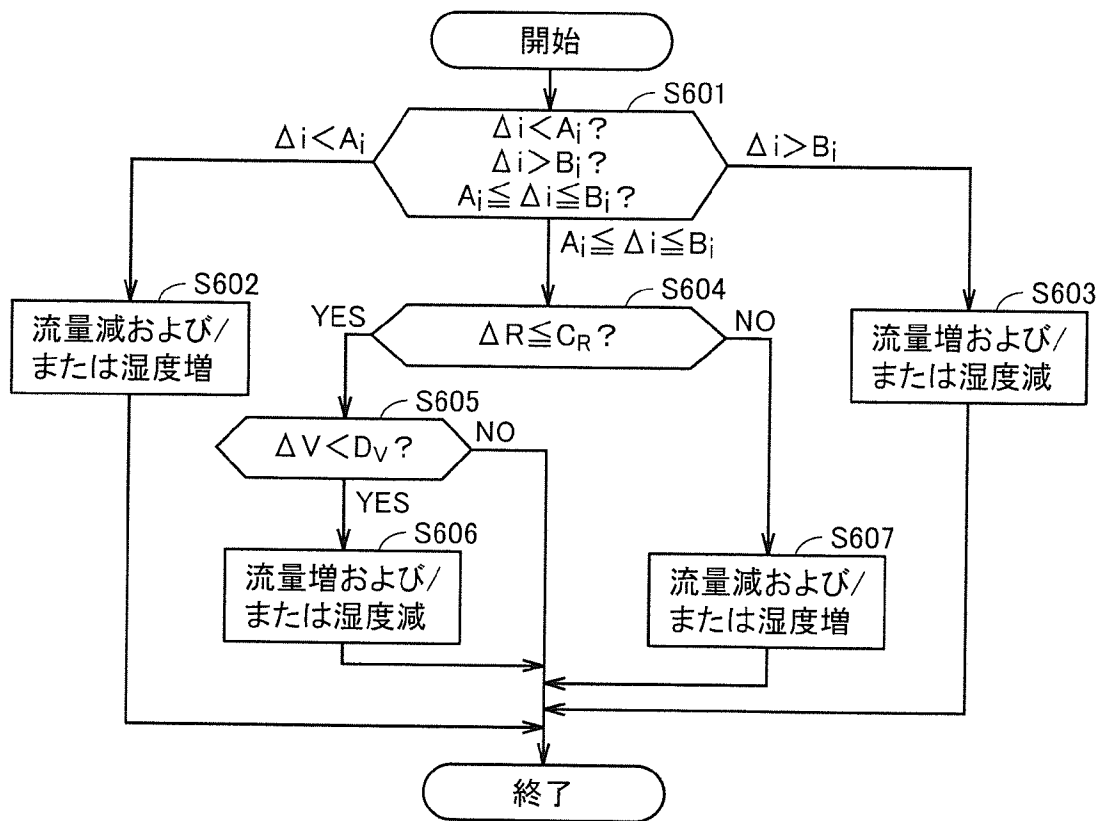
[図4]



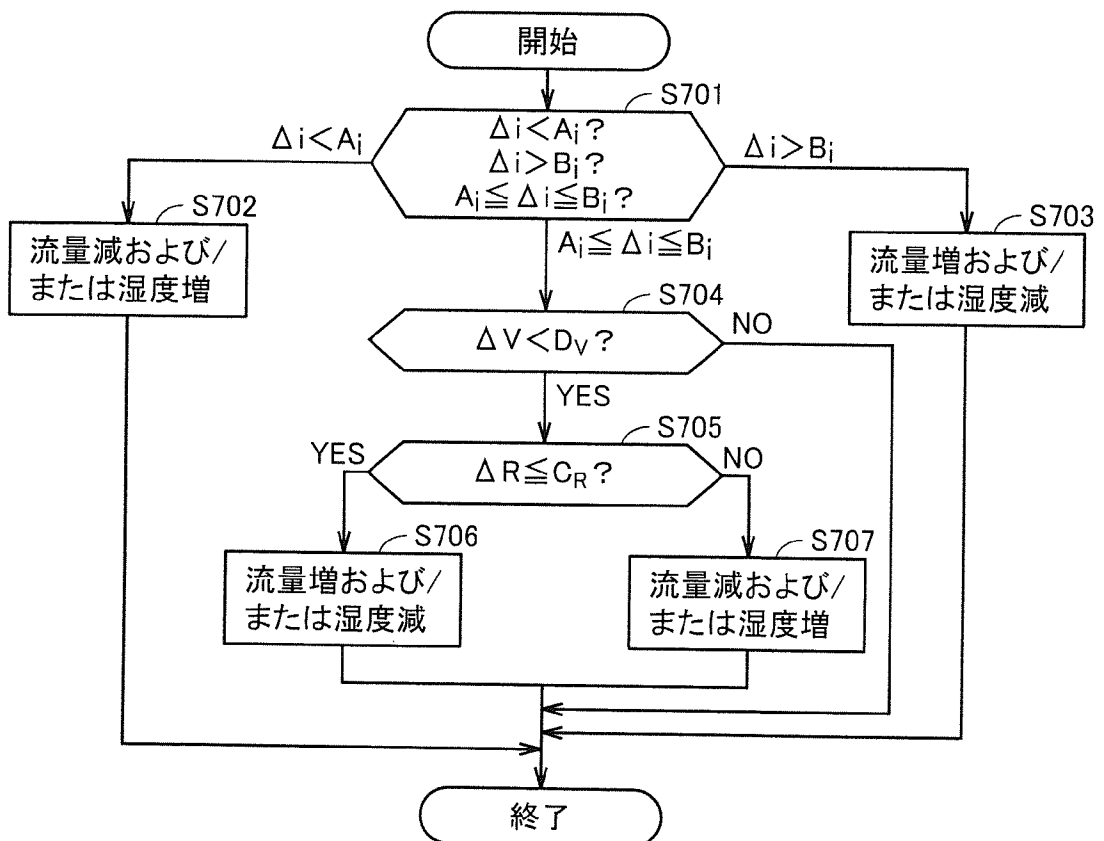
[図5]



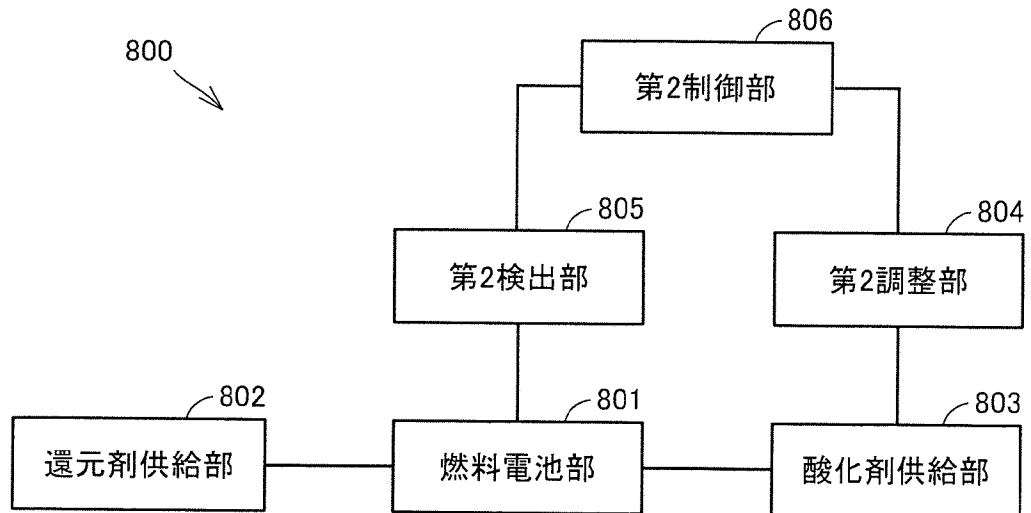
[図6]



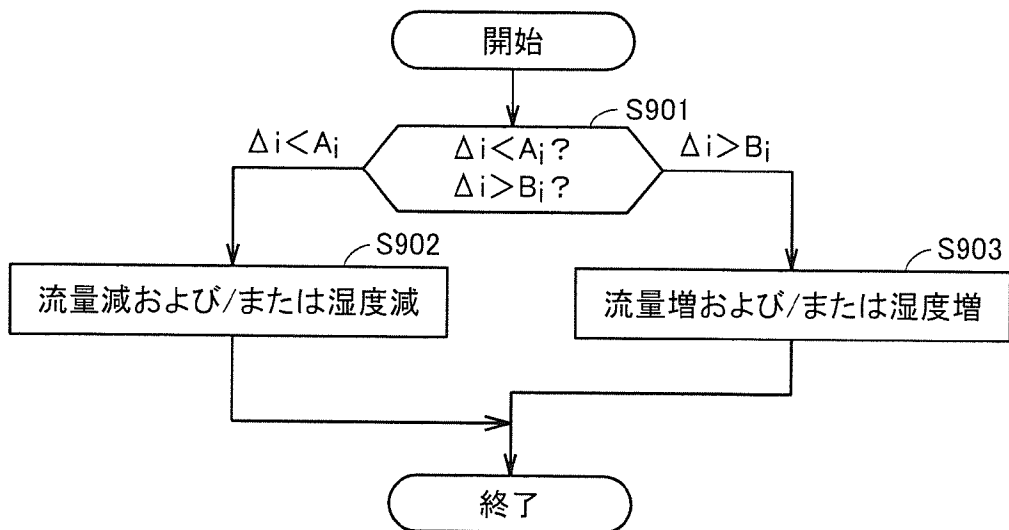
[図7]



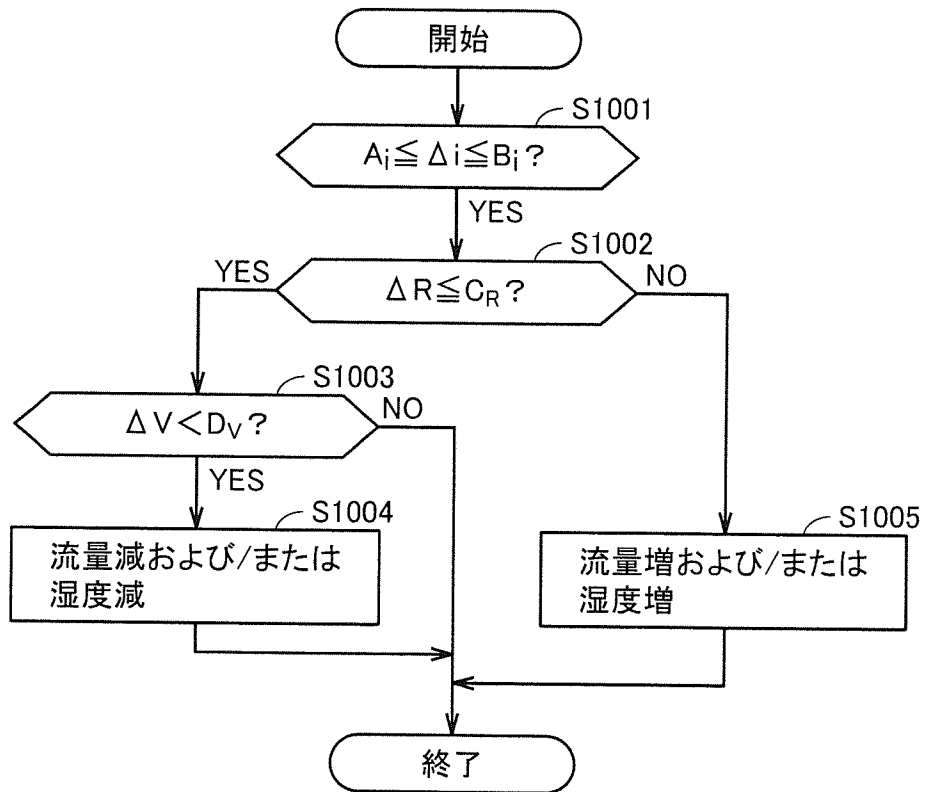
[図8]



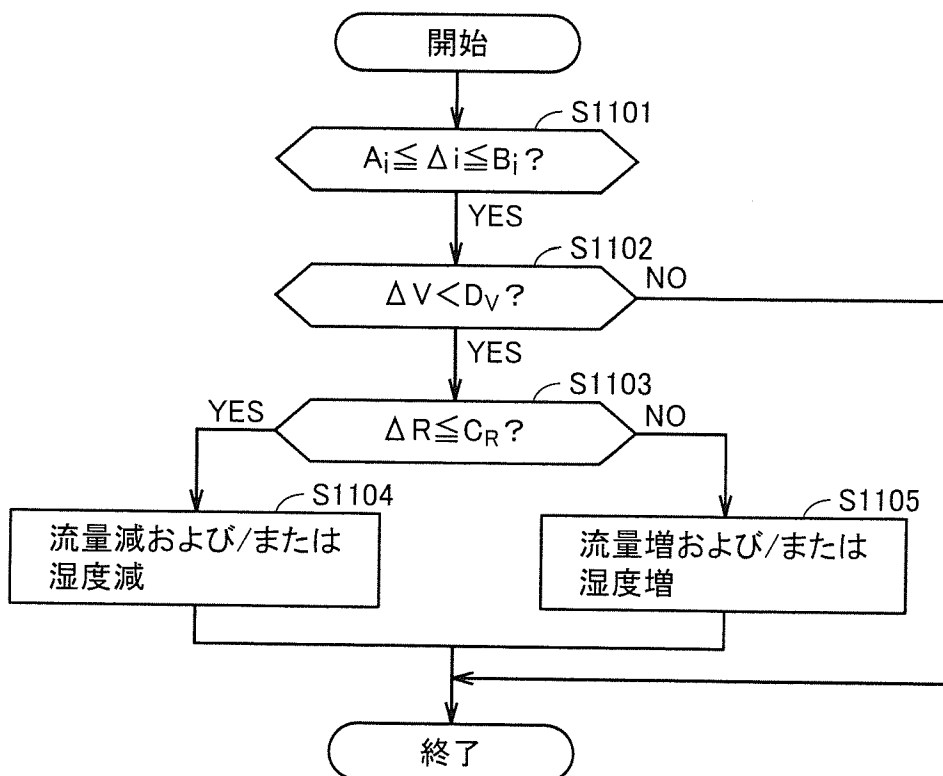
[図9]



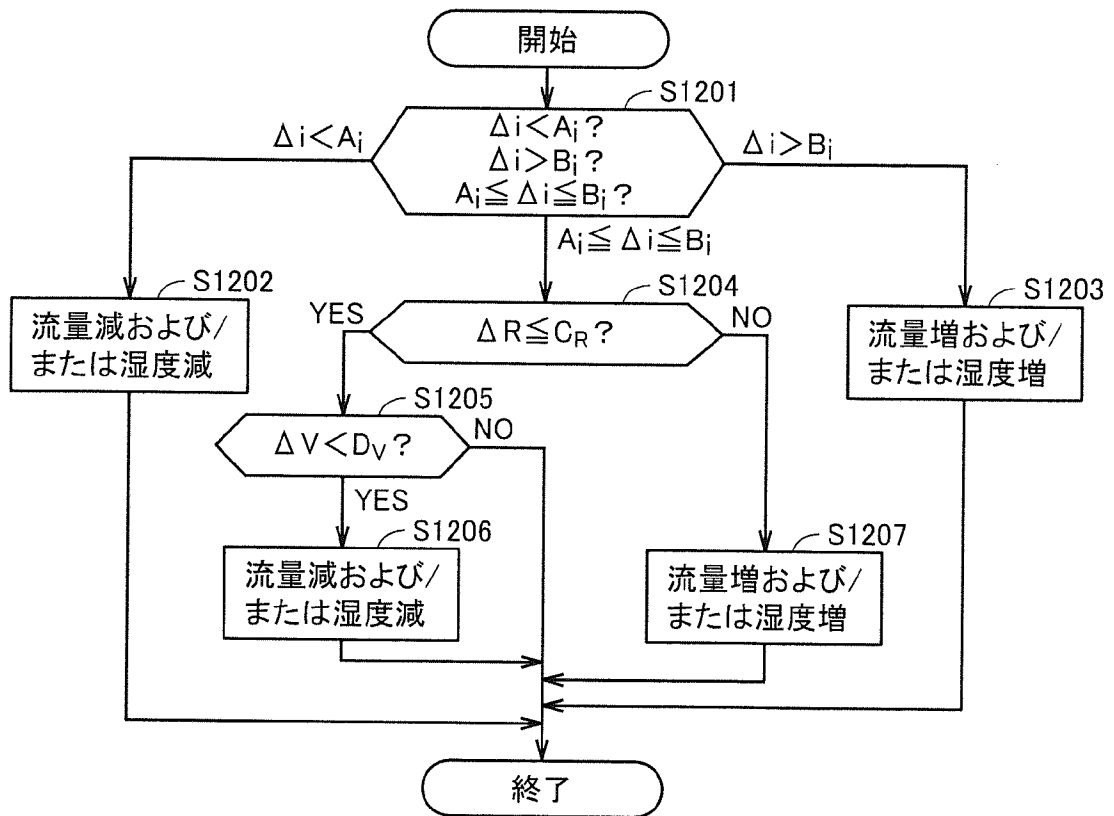
[図10]



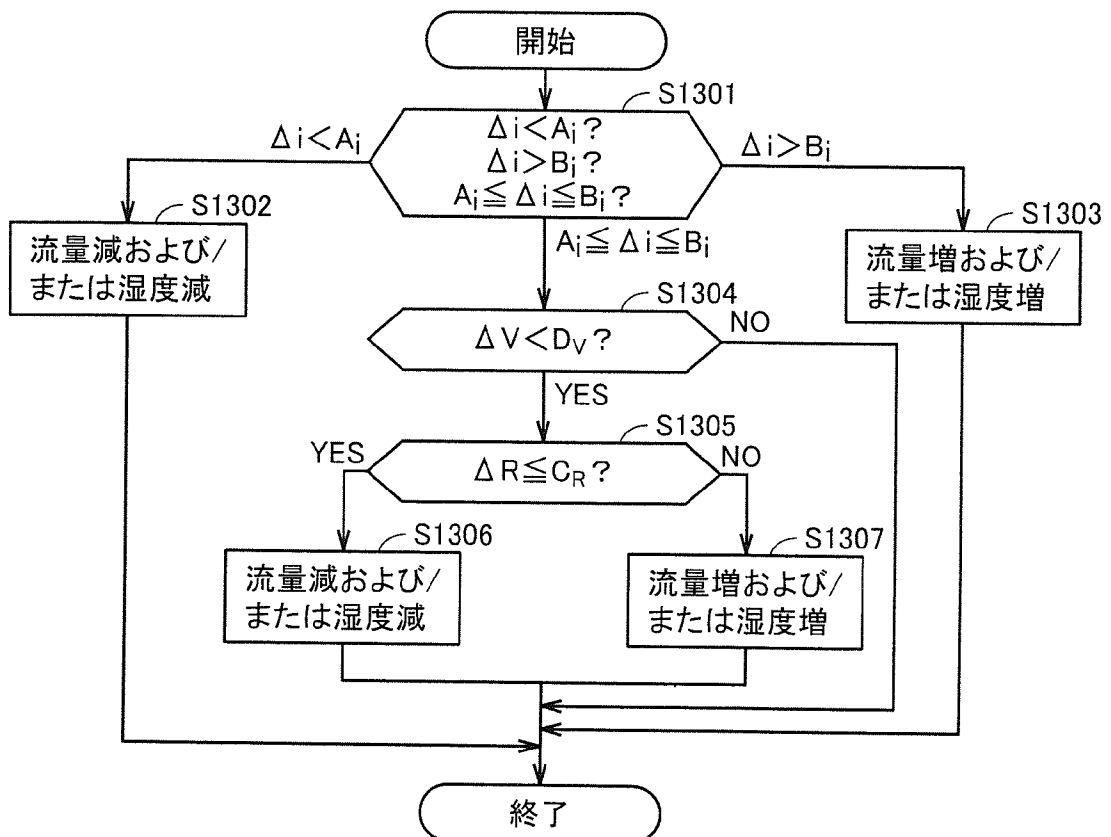
[図11]



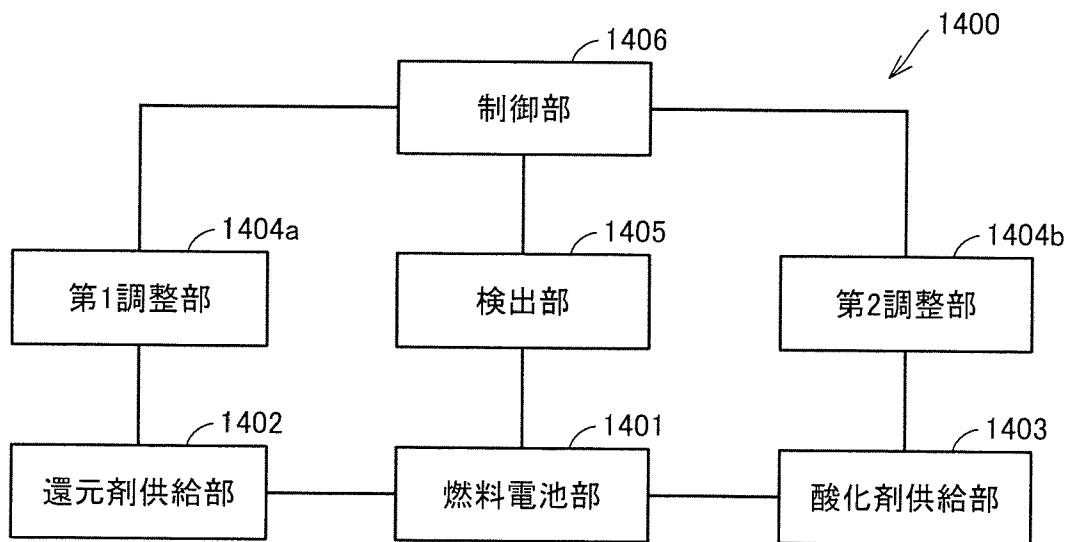
[図12]



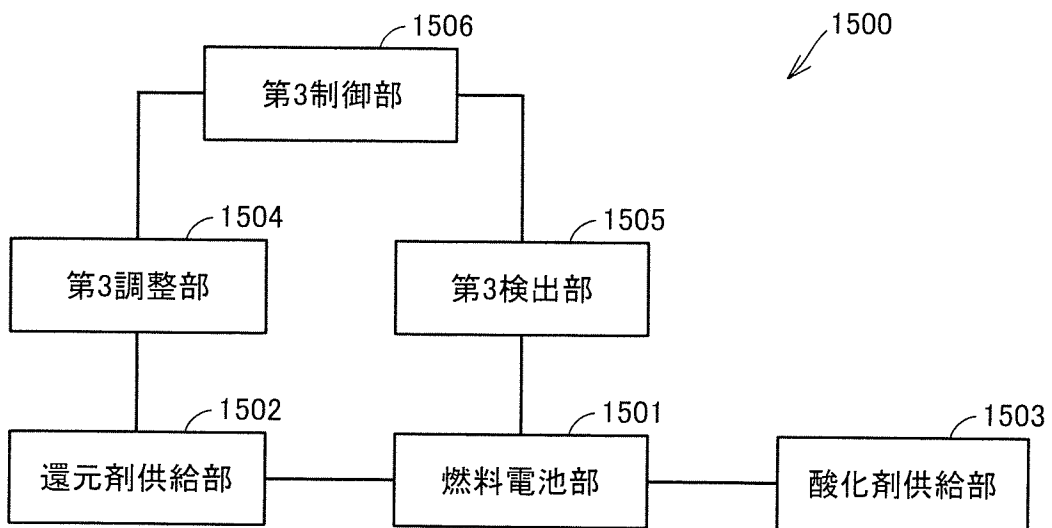
[図13]



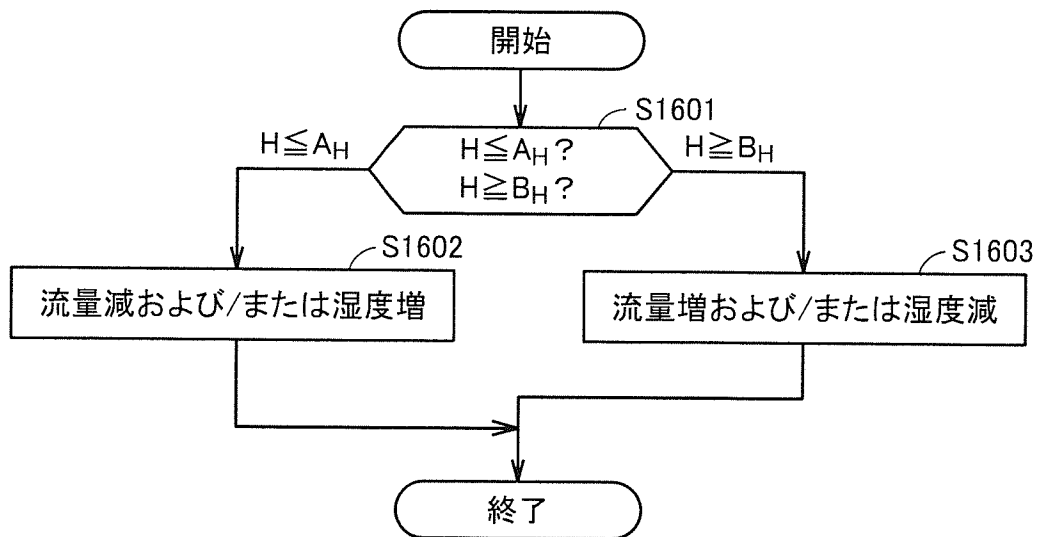
[図14]



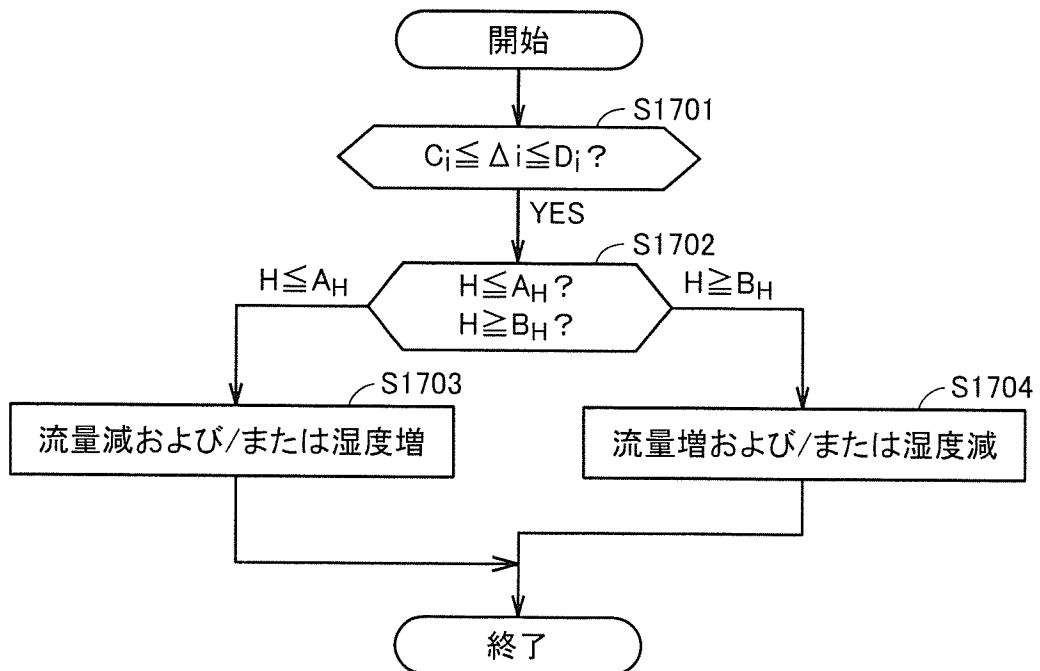
[図15]



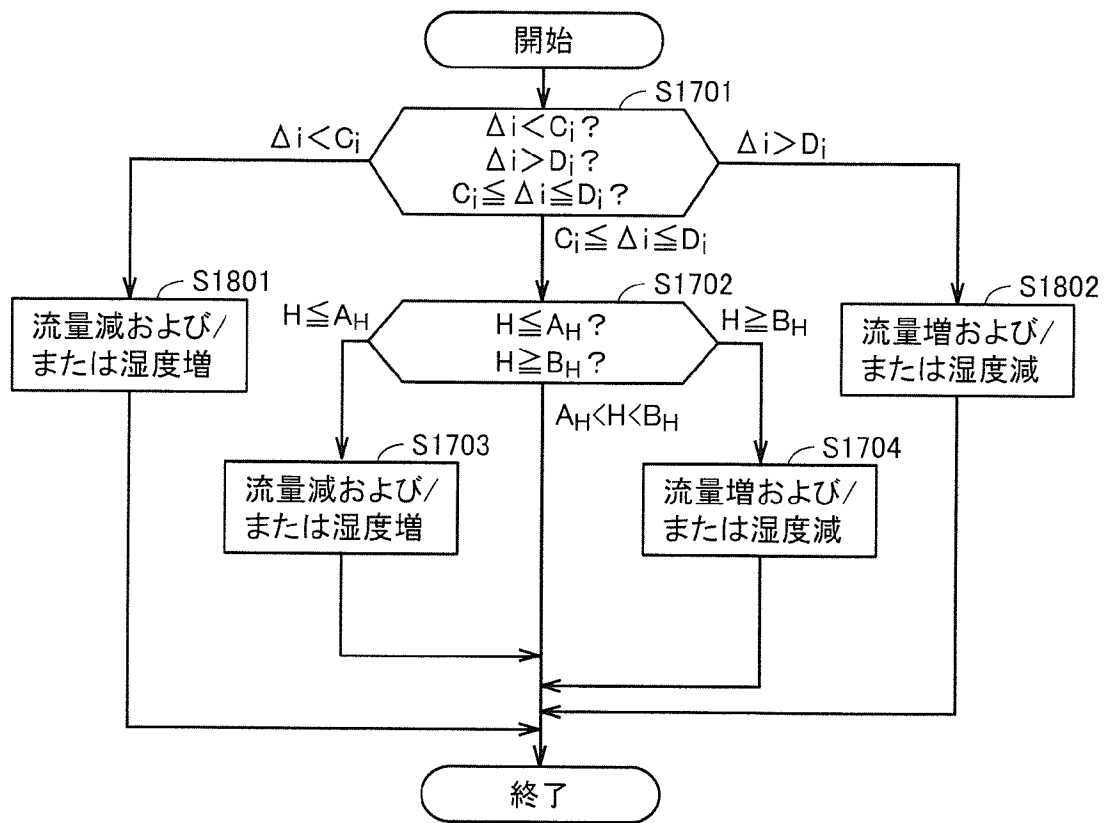
[図16]



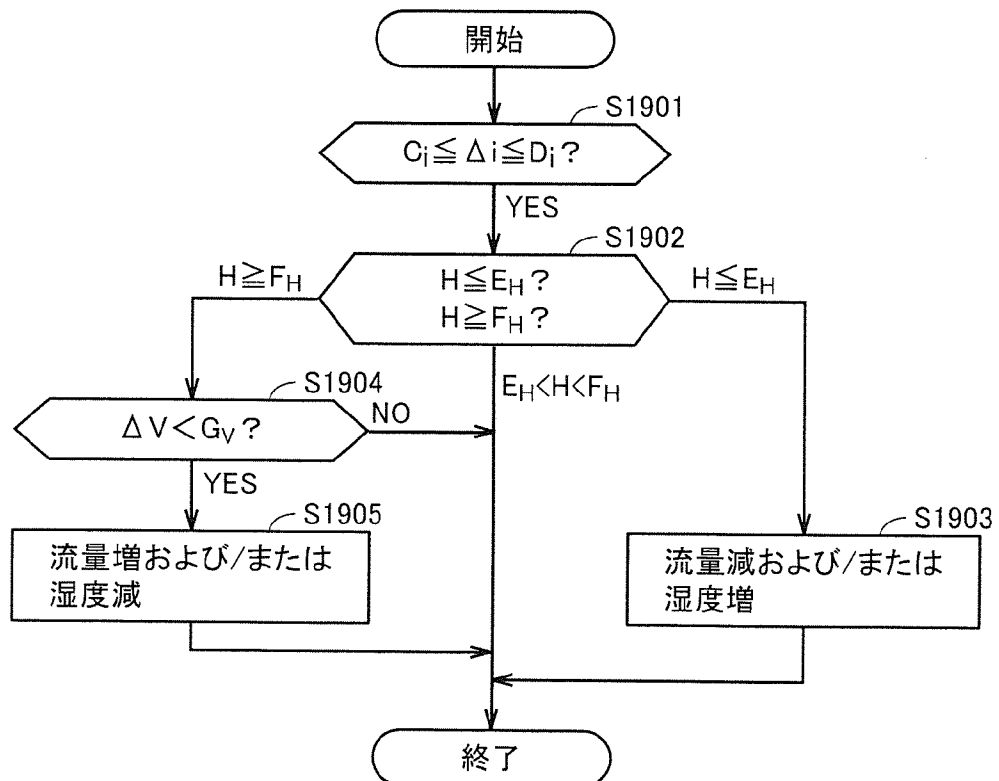
[図17]



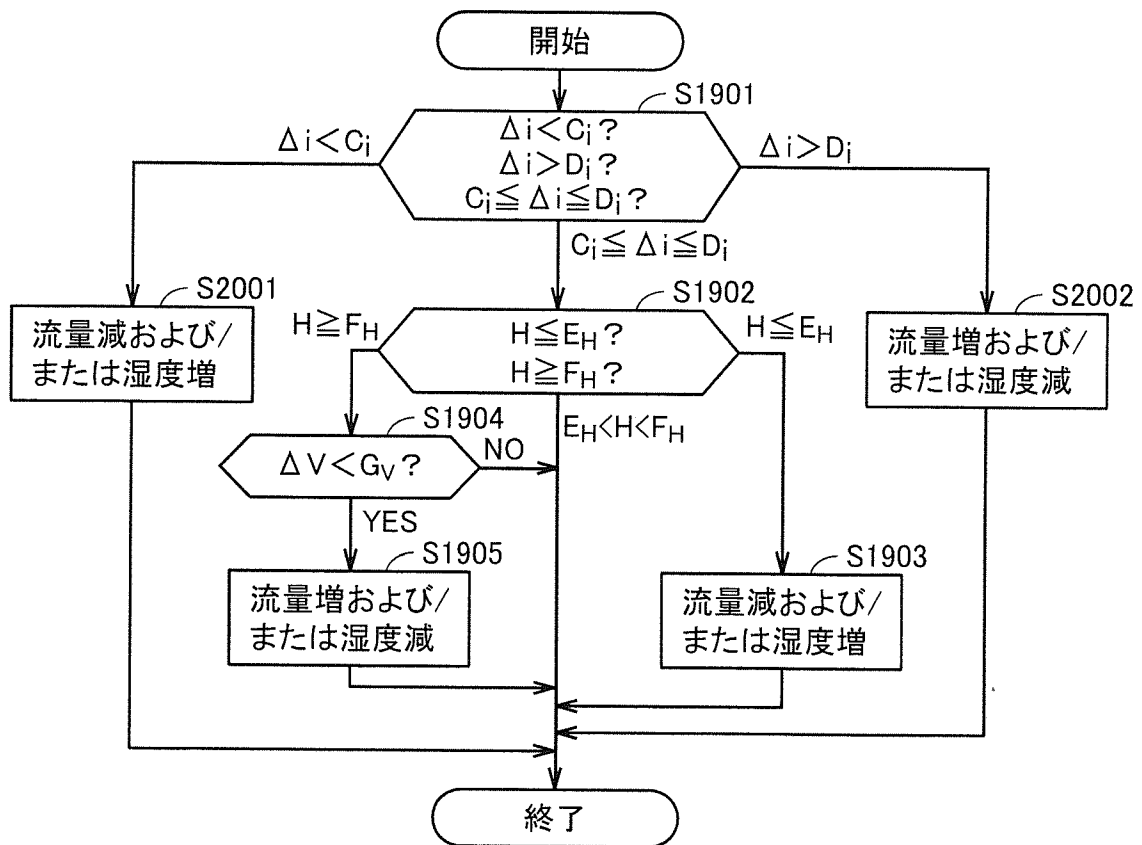
[図18]



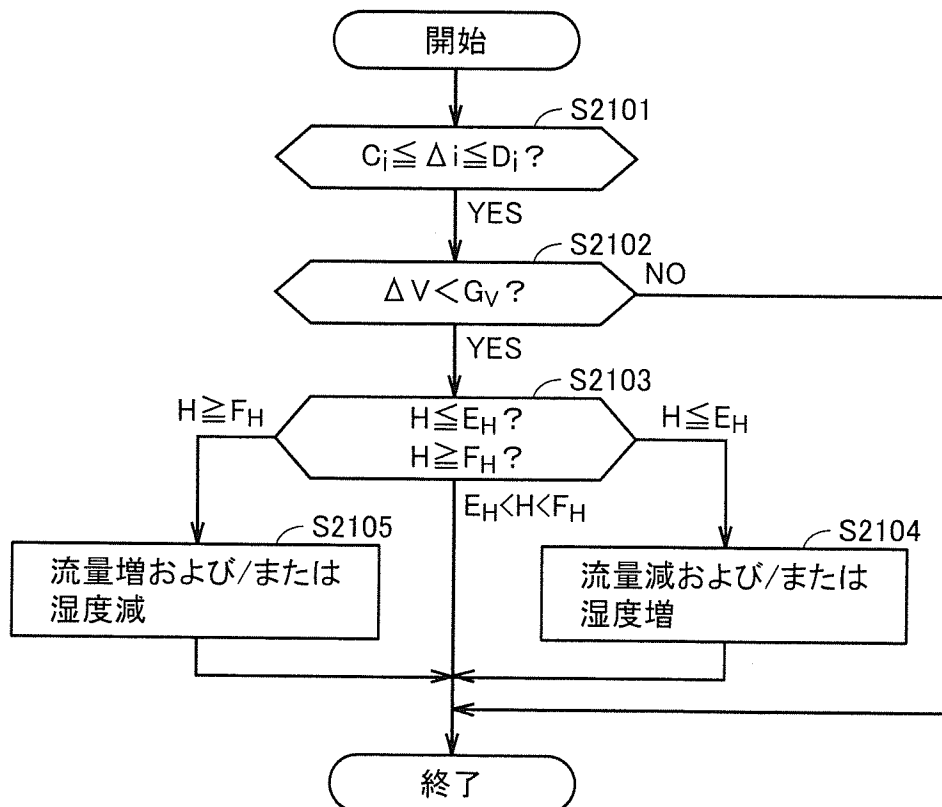
[図19]



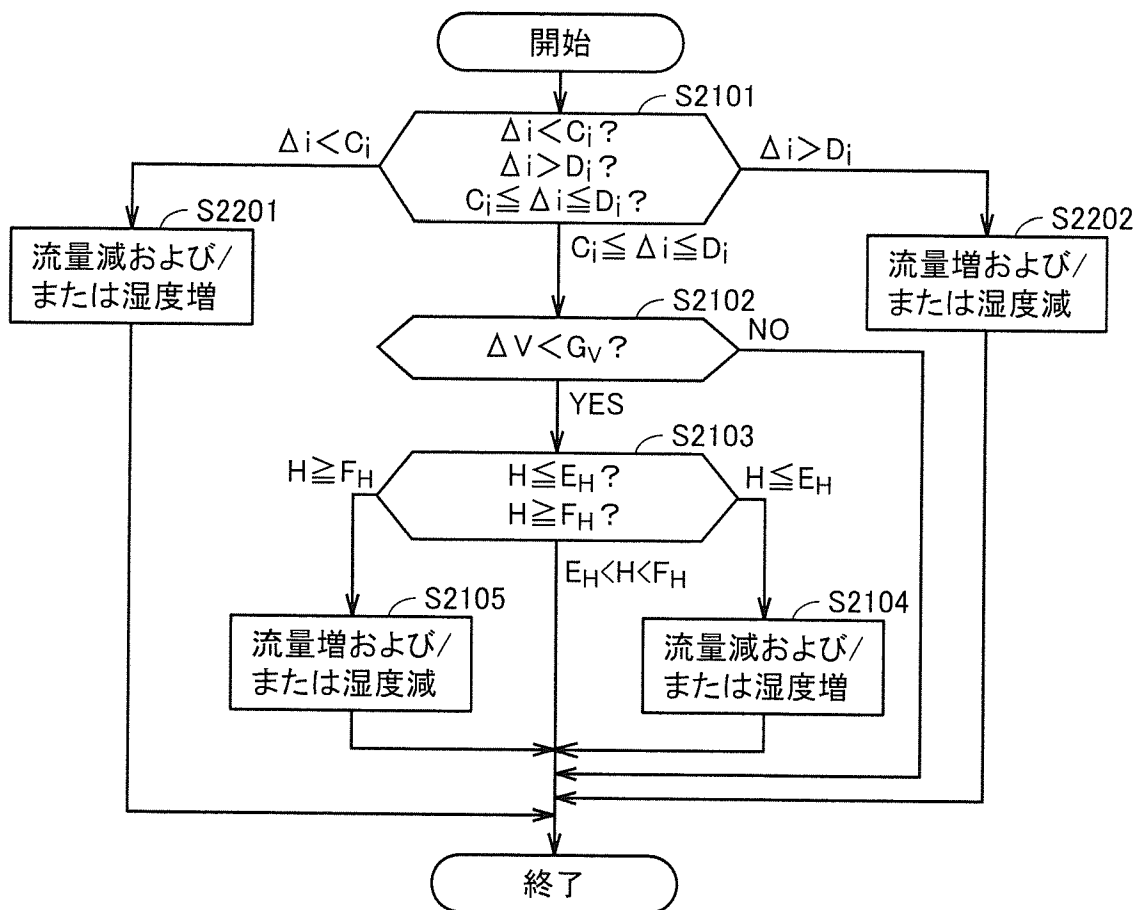
[図20]



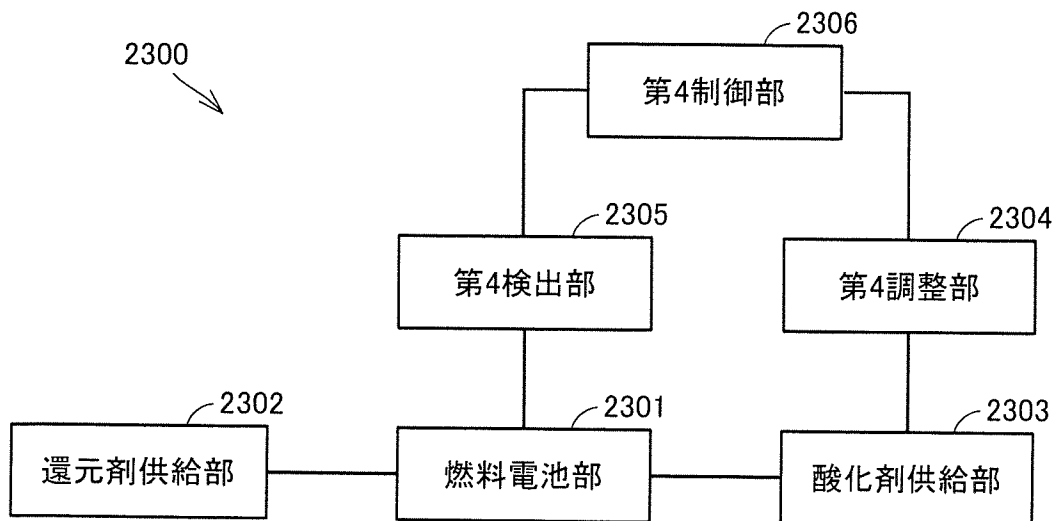
[図21]



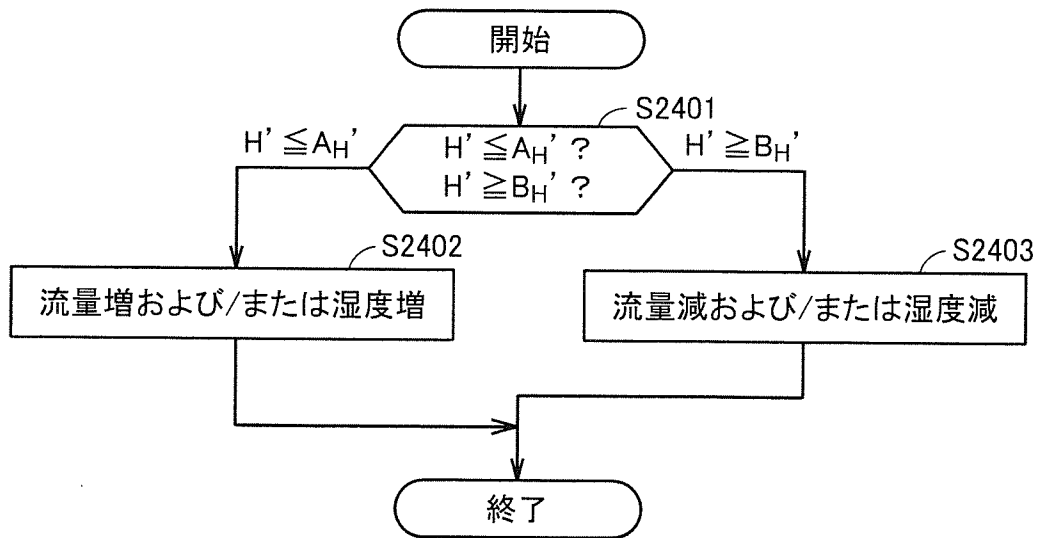
[図22]



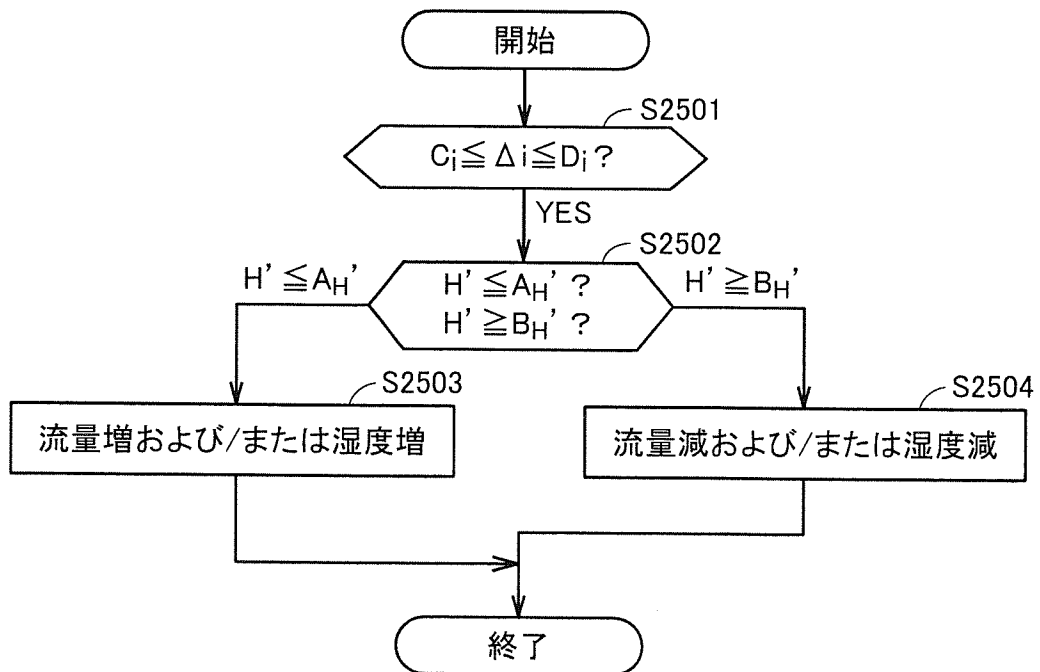
[図23]



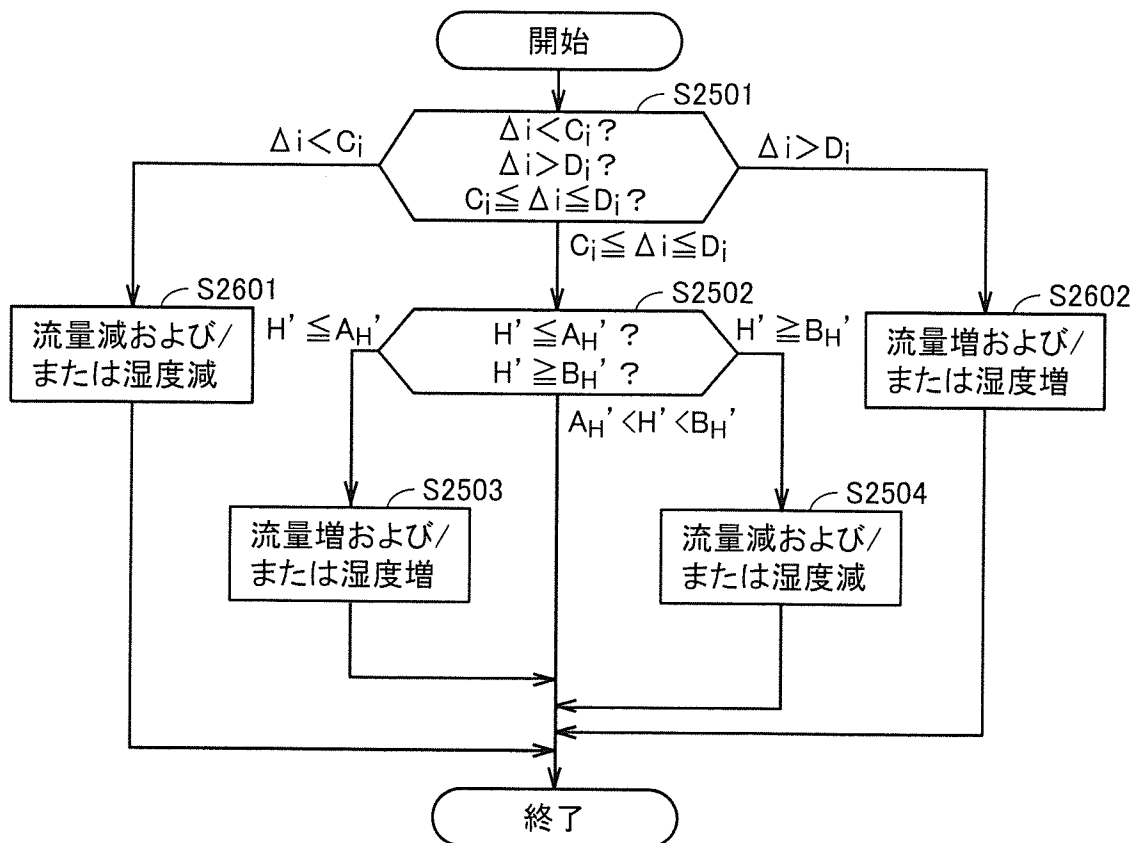
[図24]



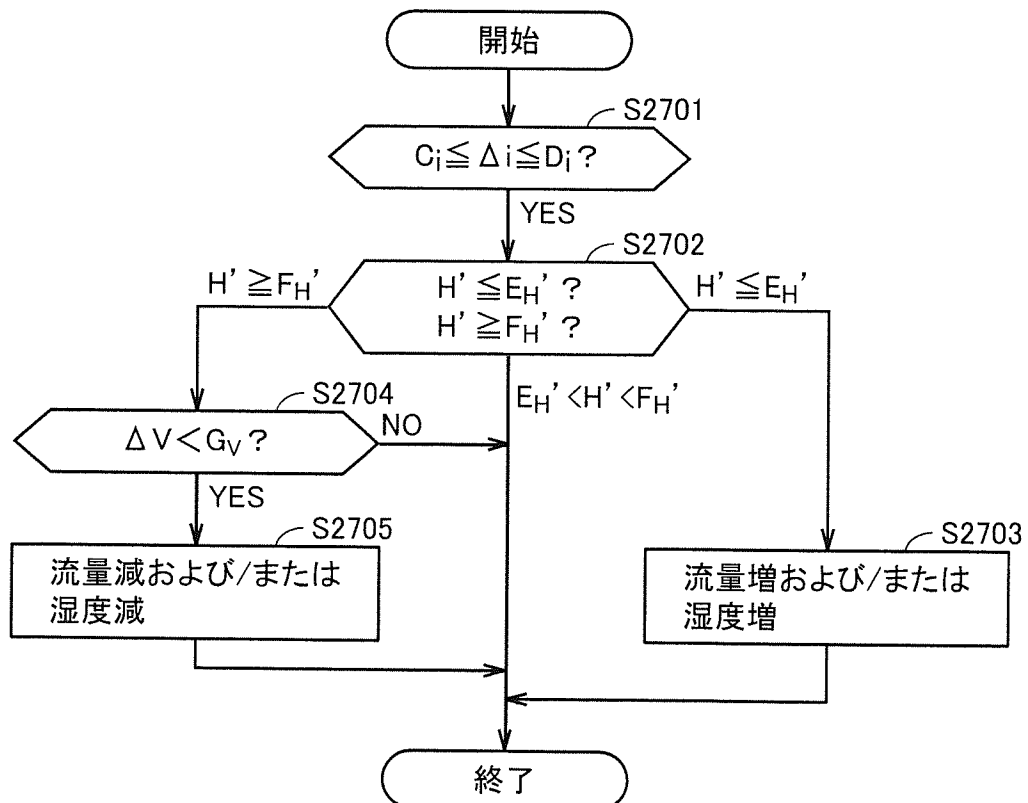
[図25]



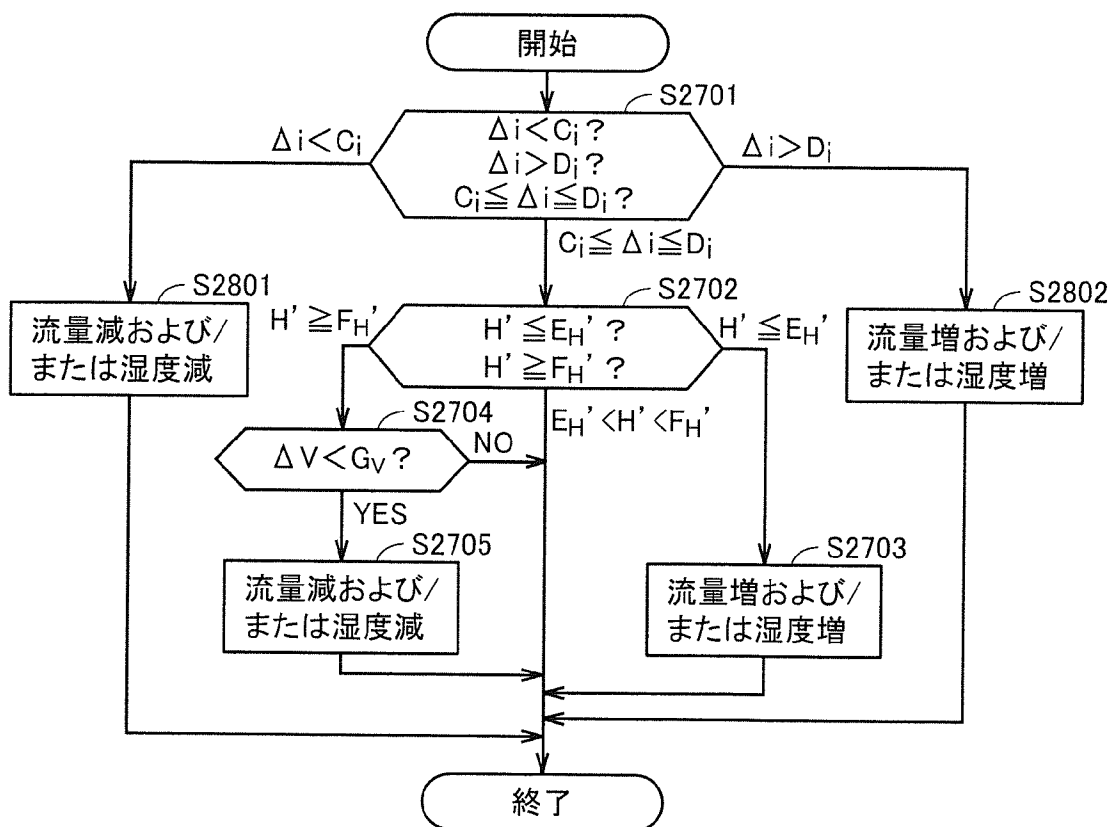
[図26]



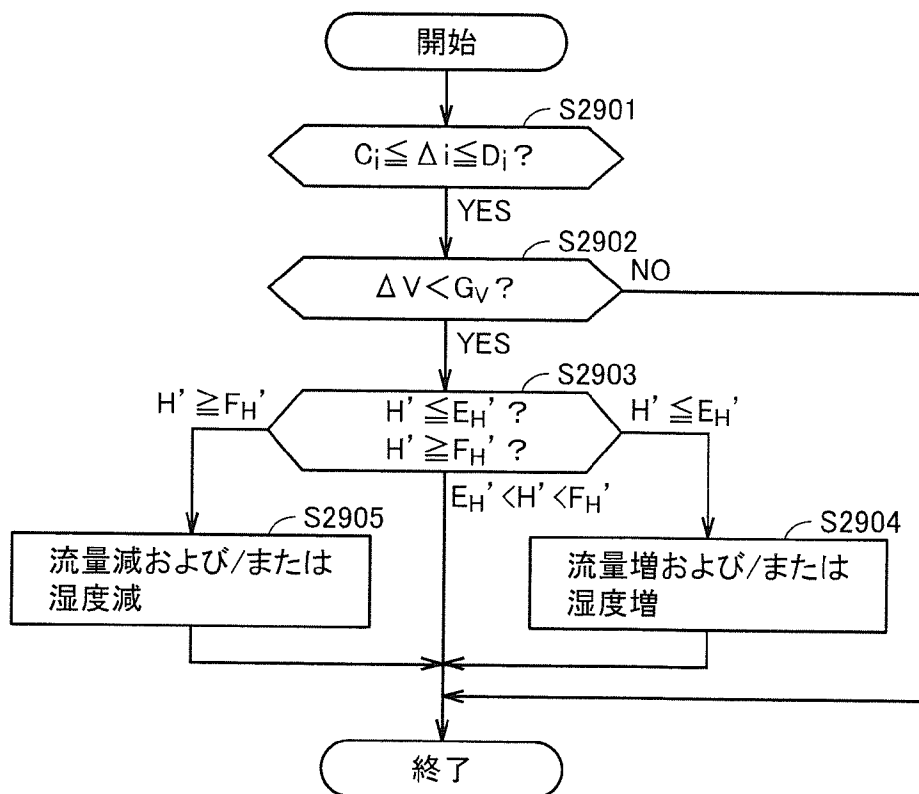
[図27]



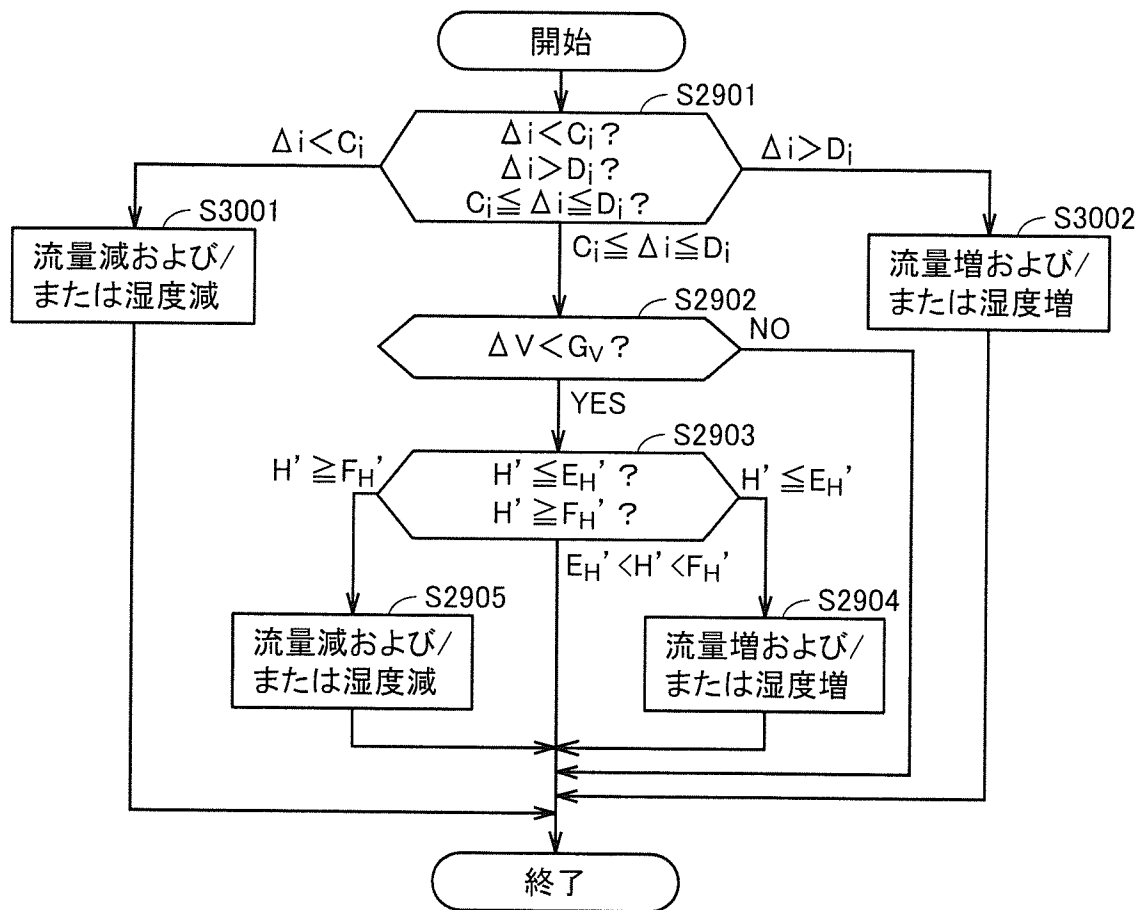
[図28]



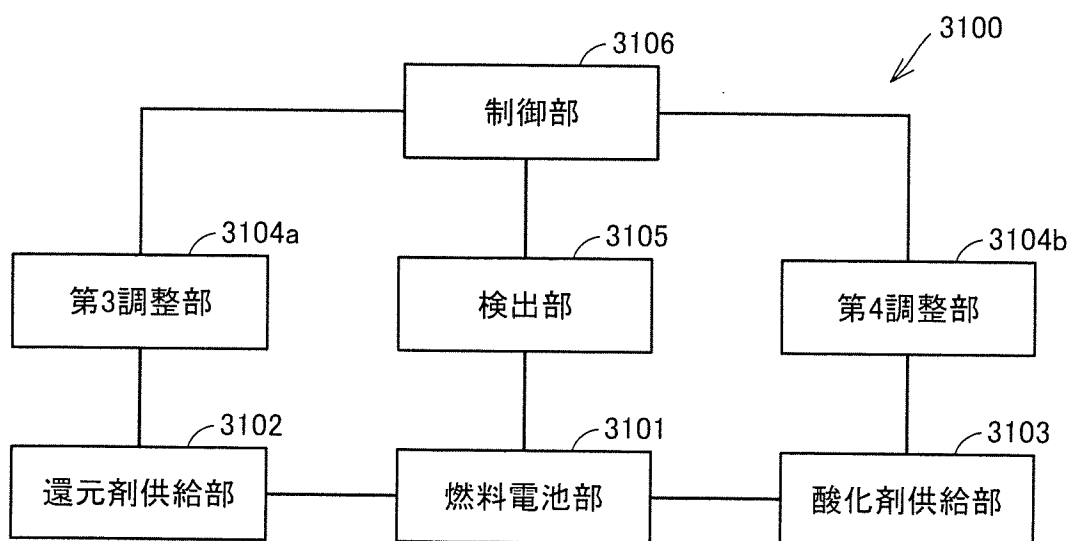
[図29]



[図30]



[図31]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/052710

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01M8/04(2006.01) i, H01M8/10(2006.01) n

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01M8/04, H01M8/10

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	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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.
X Y	JP 2004-221020 A (Toyota Motor Corp.), 05 August 2004 (05.08.2004), paragraphs [0005], [0011], [0045], [0048], [0063] to [0073]; fig. 2 (Family: none)	21, 31, 42 1, 2, 9-12, 19, 20, 22, 29, 30, 32, 39-42
Y	JP 2005-100952 A (Denso Corp.), 14 April 2005 (14.04.2005), paragraphs [0053], [0059] to [0062] & US 2005/0053814 A1 & DE 102004042780 A	1, 2, 9-12, 19, 20, 22, 29, 30, 32, 39-42
Y	JP 2009-9769 A (Canon Inc.), 15 January 2009 (15.01.2009), paragraphs [0016], [0025]; fig. 3, 6 & US 2009/0004521 A1	9, 10, 19, 20, 29, 30, 39, 40

☒ 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
23 April, 2012 (23.04.12)

Date of mailing of the international search report
15 May, 2012 (15.05.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/052710

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2008-192549 A (Sony Corp.), 21 August 2008 (21.08.2008), paragraph [0056] & US 2011/0001453 A1 & WO 2008/096593 A1 & CN 101606261 A	41
A	JP 2003-178785 A (Toyota Motor Corp.), 27 June 2003 (27.06.2003), paragraphs [0005], [0006], [0043], [0044] (Family: none)	1-42
A	JP 62-8460 A (Toshiba Corp.), 16 January 1987 (16.01.1987), page 2, upper left column, lines 8 to 12; lower left column, lines 13 to 16 (Family: none)	1-42

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/052710

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:
See extra sheet

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet (2)

The technical feature common to the invention of claim 1, the invention of claim 11, the invention of claim 21 and the invention of claim 31 is "an alkaline fuel cell system which is provided with: a fuel cell unit that comprises an alkaline fuel cell; a reducing agent supply unit; and an oxidizing agent supply unit". The common technical feature, however, cannot be considered as a special technical feature since it does not make a contribution over the prior art in view of the disclosure of document 1 (JP 2004-221020 A). In addition, there is no other same or corresponding special technical feature among those inventions. Consequently, the claims of this international application contain the following four (groups of) inventions.

(Invention group 1) claims 1-10, 41 and 42

An alkaline fuel cell system wherein adjustment of the flow rate and/or the humidity of the reducing agent by means of the first adjustment unit is controlled in accordance with the detection results of the first detection unit that detects at least the amount of change (Δi) per unit time of the current flowing between the anode electrode and the cathode electrode of the alkaline fuel cell.

(Invention group 2) claims 11-20

An alkaline fuel cell system wherein adjustment of the flow rate and/or the humidity of the oxidizing agent by means of the second adjustment unit is controlled in accordance with the detection results of the second detection unit that detects at least the amount of change (Δi) per unit time of the current flowing between the anode electrode and the cathode electrode of the alkaline fuel cell.

(Invention group 3) claims 21-30

An alkaline fuel cell system wherein adjustment of the flow rate and/or the humidity of the reducing agent by means of the third adjustment unit is controlled in accordance with the detection results of the third detection unit that detects at least the relative humidity (H) of the reducing agent discharged from the anode electrode.

(Invention group 4) claims 31-40

An alkaline fuel cell system wherein adjustment of the flow rate and/or the humidity of the oxidizing agent by means of the fourth adjustment unit is controlled in accordance with the detection results of the fourth detection unit that detects at least the relative humidity (H') of the oxidizing agent discharged from the cathode electrode.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. H01M8/04(2006.01)i, H01M8/10(2006.01)n			
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)) Int.Cl. H01M8/04, H01M8/10			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2012年 日本国実用新案登録公報 1996-2012年 日本国登録実用新案公報 1994-2012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	
X Y	JP 2004-221020 A (トヨタ自動車株式会社) 2004.08.05, 段落[0005], [0011], [0045], [0048], [0063]-[0073], 図2 (ファミリーなし)	21, 31, 42 1, 2, 9-12, 19, 20, 22, 29, 30, 32, 39-42	
Y	JP 2005-100952 A (株式会社デンソー) 2005.04.14, 段落[0053], [0059]-[0062] & US 2005/0053814 A1 & DE 102004042780 A	1, 2, 9-12, 19, 20, 22, 29, 30, 32, 39-42	
☒ 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 23.04.2012		国際調査報告の発送日 15.05.2012	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 相羽 昌孝	3H 4756
		電話番号 03-3581-1101 内線 3316	

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2009-9769 A (キヤノン株式会社) 2009. 1. 15, 段落[0016], [0025], 図 3, 図 6 & US 2009/0004521 A1	9, 10, 19, 20, 2 9, 30, 39, 40
Y	JP 2008-192549 A (ソニー株式会社) 2008. 08. 21, 段落[0056] & US 2011/0001453 A1 & WO 2008/096593 A1 & CN 101606261 A	41
A	JP 2003-178785 A (トヨタ自動車株式会社) 2003. 06. 27, 段落[0005], [0006], [0043], [0044] (ファミリーなし)	1-42
A	JP 62-8460 A (株式会社東芝) 1987. 01. 16, 第 2 頁左上欄第 8 行-第 12 行, 左下欄第 13 行-第 16 行 (ファミリーなし)	1-42

第Ⅱ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（PCT17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求項 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、
2. ☐ 請求項 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求項 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。
特別ページ参照。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. ☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- ☐ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。

請求項1に係る発明、請求項11に係る発明、請求項21に係る発明、及び、請求項31に係る発明は、「アルカリ形燃料電池を含む燃料電池部と、還元剤供給部と、酸化剤供給部とを備えるアルカリ形燃料電池システム。」という共通の技術的特徴を有している。しかしながら、当該技術的特徴は、文献1（JP 2004-221020 A）の開示内容に照らして、先行技術に対する貢献をもたらすものではないから、当該技術的特徴は、特別な技術的特徴であるとはいえない。また、これらの発明の間には、ほかの同一の又は対応する特別な技術的特徴は存在しない。そして、請求の範囲には、以下に示す4の発明（群）が含まれる。

（発明1）請求項1-10, 41, 42

アルカリ形燃料電池のアノード極とカソード極との間を流れる電流値の単位時間当たりの変化量 Δi を少なくとも検出する第1検出部による検出結果に基づいて、第1調整部による還元剤の流量および／または湿度の調整を制御するアルカリ形燃料電池システム。

（発明2）請求項11-20

アルカリ形燃料電池のアノード極とカソード極との間を流れる電流値の単位時間当たりの変化量 Δi を少なくとも検出する第2検出部による検出結果に基づいて、第2調整部による酸化剤の流量および／または湿度の調整を制御するアルカリ形燃料電池システム。

（発明3）請求項21-30

アノード極から排出される還元剤の相対湿度 H を少なくとも検出する第3検出部による検出結果に基づいて、第3調整部による還元剤の流量および／または湿度の調整を制御するアルカリ形燃料電池システム。

（発明4）請求項31-40

カソード極から排出される酸化剤の相対湿度 H' を少なくとも検出する第4検出部による検出結果に基づいて、第4調整部による酸化剤の流量および／または湿度の調整を制御するアルカリ形燃料電池システム。