

(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 11 月 1 日(01.11.2012)



(10) 国際公開番号
WO 2012/147318 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/JP2012/002753
- (22) 国際出願日: 2012 年 4 月 20 日(20.04.2012)
- (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 2011-102186 2011 年 4 月 28 日(28.04.2011) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三洋電機株式会社 (SANYO ELECTRIC CO., LTD.) [JP/JP]; 〒5708677 大阪府守口市京阪本通 2 丁目 5 番 5 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): 木船 研児 (KIBUNE, Kenji) [JP/JP]; 〒5708677 大阪府守口市京阪本通 2 丁目 5 番 5 号三洋電機株式会社知的財産本部内 Osaka (JP).
- (74) 代理人: 森下 賢樹 (MORISHITA, Sakaki); 〒1500021 東京都渋谷区恵比寿西 2-1-1 2 Tokyo (JP).

- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, 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), ユーロッパ (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).

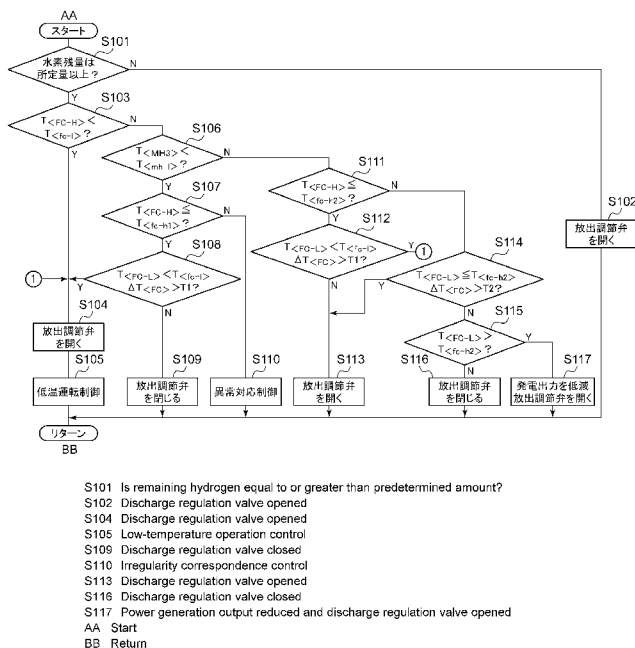
添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: FUEL CELL SYSTEM AND CONTROL METHOD THEREOF

(54) 発明の名称: 燃料電池システムおよびその制御方法

[図7]



(57) Abstract: This fuel cell system comprises: a fuel housing in which two housings for housing a hydrogen-storing alloy are disposed so as to be in thermal contact with each other; a fuel cell disposed so as to be in thermal contact with one housing; a discharge regulator capable of switching between a suppression state of suppressing hydrogen discharge from the other housing, and an open state in which the suppression state is deactivated; a first temperature detector for detecting the temperature $T_{<FC>}$ of the fuel cell; a second temperature detector for detecting the temperature $T_{<MH>}$ inside the other housing; and a controller for controlling the discharge regulator so that the open state is in effect when the temperature $T_{<FC>}$ is less than a predetermined temperature $T_{<fc-l>}$, the suppression state is in effect when the temperature $T_{<FC>}$ is equal to or greater than the temperature $T_{<fc-l>}$ and the temperature $T_{<MH>}$ is less than a predetermined temperature $T_{<mh-l>}$, and the open state is in effect when the temperature $T_{<FC>}$ is equal to or greater than the temperature $T_{<fc-l>}$ and the temperature $T_{<MH>}$ is equal to or greater than the temperature $T_{<mh-l>}$.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2012/147318 A1



燃料電池システムは、水素吸蔵合金を収容する２つの収容部が互いに熱的に接するように配置された燃料収容部と、一方の収容部と熱的に接するように配置された燃料電池と、他方の収容部からの水素放出を抑制する抑制状態と、当該抑制状態が解除された開放状態とを切り替え可能な放出調節部と、燃料電池の温度 $T_{<FC>}$ を検知するための第１温度検知部と、他方の収容部内の温度 $T_{<MH>}$ を検知するための第２温度検知部と、温度 $T_{<FC>}$ が所定の温度 $T_{<fc-l>}$ 未満のときは開放状態となり、温度 $T_{<FC>}$ が温度 $T_{<fc-l>}$ 以上のときは、温度 $T_{<MH>}$ が所定の温度 $T_{<mh-l>}$ 未満のときに抑制状態となり、温度 $T_{<MH>}$ が温度 $T_{<mh-l>}$ 以上のときに開放状態となるように放出調節部を制御する制御部と、を備える。

明 細 書

発明の名称：燃料電池システムおよびその制御方法

技術分野

[0001] 本発明は、燃料電池システムおよびその制御方法に関する。

背景技術

[0002] 燃料電池システムは水素と酸素とから電気エネルギーを発生させる装置であり、高い発電効率を得ることができる。燃料電池システムの主な特徴としては、従来の発電方式のように熱エネルギーや運動エネルギーの過程を経ることがない直接発電であるので、小規模でも高い発電効率が期待できること、窒素化合物等の排出が少なく、騒音や振動も小さいので環境性が良いことなどが挙げられる。このように、燃料電池システムは燃料のもつ化学エネルギーを有効に利用でき、環境にやさしい特性を持っているので、21世紀を担うエネルギー供給システムとして期待され、宇宙用から自動車用、携帯機器用まで、大規模発電から小規模発電まで、種々の用途に使用できる将来有望な新しい発電システムとして注目され、実用化に向けて技術開発が本格化している。

[0003] 従来、燃料ガスとしての水素を燃料電池本体とは別に収容する容器と、これを搭載した燃料電池システムが知られている（特許文献1～3参照）。水素を収容する容器は、例えば、水素を吸蔵・放出可能な水素吸蔵合金を備える。そして、当該容器は、水素吸蔵合金によって水素を吸蔵することで容器内に水素を収容し、また水素吸蔵合金から水素を放出することで燃料電池に水素を供給することができる。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開平8－115731号公報

特許文献2：特開2007－309456号公報

特許文献3：特開2007－26683号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 水素吸蔵合金は、水素吸蔵時に発熱し、水素放出時に吸熱する。そのため、容器から燃料電池に安定的に水素を供給するためには、水素放出に必要な熱を水素吸蔵合金に効率よく供給できることが望ましい。一方、燃料電池は、電解質膜と、電解質膜を挟んで対向するアノード触媒層およびカソード触媒層を備え、アノード側に水素を、カソード側に空気をそれぞれ流通させて電解質膜を介して電気化学反応を起こさせることにより直流電力を発する。この電気化学反応は発熱反応である。したがって、燃料電池における電気化学反応で発生した熱を水素吸蔵合金の水素放出に必要な熱として利用できれば、水素吸蔵合金への熱供給効率が向上し、燃料電池への水素供給の安定化を図ることができる。

[0006] また一方で、燃料電池システムには、安定した電力供給が可能となるまでの時間、すなわち起動時間を短縮したいという要求がある。ここで、燃料電池の上述した電気化学反応には至適温度範囲がある。そのため、例えば燃料電池システムの環境温度が低温である場合など、燃料電池の温度が至適温度範囲から外れる場合には、燃料電池システムの起動時に燃料電池の発電反応を低負荷状態で実施して、燃料電池の温度を至適温度範囲にまで上昇させる必要がある。したがって、燃料電池システムの起動時間を短くするためには、燃料電池の温度をより早く上述の至適温度範囲まで上昇させることが求められる。

[0007] これに対し、従来の燃料電池システムには、燃料電池システムの起動時間を短縮したいという要求と燃料電池への水素供給の安定化との両立を図る上で改善の余地があった。

[0008] 本発明はこうした課題に鑑みてなされたものであり、その目的は、燃料電池システムの起動時間の短縮化と燃料電池への水素供給の安定化の両立を図ることができる技術を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明のある態様は、燃料電池システムである。当該燃料電池システムは

、燃料電池に供給される水素を貯蔵する水素吸蔵合金を収容するための2つの収容部を少なくとも有し、当該2つの収容部が互いに熱的に接するように配置された燃料収容部と、2つの収容部のうち一方の収容部と熱的に接するように配置された燃料電池と、2つの収容部のうち他方の収容部からの水素放出を抑制する抑制状態と、当該抑制状態が解除された開放状態とを切り替え可能な放出調節部と、燃料電池の温度 $T_{<FC>}$ を検知するための第1温度検知部と、他方の収容部内の温度 $T_{<MH>}$ を検知するための第2温度検知部と、温度 $T_{<FC>}$ が所定の温度 $T_{<fc-1>}$ 未満のときは開放状態となり、温度 $T_{<FC>}$ が温度 $T_{<fc-1>}$ 以上のときは、温度 $T_{<MH>}$ が所定の温度 $T_{<mh-1>}$ 未満のときに抑制状態となり、温度 $T_{<MH>}$ が温度 $T_{<mh-1>}$ 以上のときに開放状態となるように、第1温度検知部および第2温度検知部から得た温度に応じて放出調節部を制御するための制御部と、を備えたことを特徴とする。

[0010] この態様によれば、燃料電池システムの起動時間の短縮化と燃料電池への水素供給の安定化との両立を図ることができる。

[0011] 上記態様において、制御部は、 $T_{<FC>} \geq T_{<fc-1>}$ かつ $T_{<MH>} < T_{<mh-1>}$ の条件下で、さらに温度 $T_{<FC>}$ が温度 $T_{<fc-1>}$ よりも高い所定の温度 $T_{<fc-h1>}$ を上回る場合に、異常対応制御を実施してもよい。

[0012] 上記いずれかの態様において、制御部は、 $T_{<FC>} > T_{<fc-1>}$ かつ $T_{<MH>} \geq T_{<mh-1>}$ の条件下で、さらに温度 $T_{<FC>}$ が温度 $T_{<fc-1>}$ よりも高い所定の温度 $T_{<fc-h2>}$ を上回る場合に、抑制状態となるように放出調節部を制御してもよい。

[0013] また、上記態様において、制御部は、 $T_{<FC>} > T_{<fc-1>}$ 、 $T_{<MH>} \geq T_{<mh-1>}$ 、かつ $T_{<FC>} > T_{<fc-h2>}$ の条件下で、さらに温度 $T_{<FC>}$ が温度 $T_{<fc-h2>}$ よりも高い所定の温度 $T_{<fc-h3>}$ を上回る場合に、燃料電池の発電出力を低減させ、開放状態となるように放出調節部を制御してもよい。

[0014] また、上記いずれかの態様において、制御部は、温度 $T_{<FC>}$ および温度 $T_{<MH>}$ にかかわらず、燃料収容部の水素収容量が所定量未満である場合に、開放状態となるように放出調節部を制御してもよい。

[0015] また、上記態様において、燃料収容部は、第1～第3収容部を少なくとも有し、第1～第3収容部は、第1収容部および第2収容部が最外側に、第3収容部が第1収容部と第2収容部の間で第1収容部および第2収容部と熱的に接するようにそれぞれ配置され、一方が第1収容部と、他方が第2収容部とそれぞれ熱的に接するように配置された一対の燃料電池を備え、第2温度検知部は、第3収容部内の温度 $T_{<MH3>}$ を検知し、放出調節部は、第3収容部からの水素放出を抑制する抑制状態と、当該抑制状態が解除された開放状態とを切り替え可能であり、制御部は、一対の燃料電池のうち温度が高い方の燃料電池の温度 $T_{<FC-H>}$ が温度 $T_{<fc-l>}$ 未満のときは開放状態となり、温度 $T_{<FC-H>}$ が温度 $T_{<fc-l>}$ 以上のときは、温度 $T_{<MH3>}$ が温度 $T_{<mh-l>}$ 未満のときに抑制状態となり、温度 $T_{<MH3>}$ が温度 $T_{<mh-l>}$ 以上のときに開放状態となるように放出調節部を制御してもよい。

[0016] また、上記態様において、制御部は、 $T_{<FC-H>} \geq T_{<fc-l>}$ かつ $T_{<MH3>} < T_{<mh-l>}$ の条件下で、さらに温度が低い方の燃料電池の温度 $T_{<FC-L>}$ が温度 $T_{<fc-l>}$ 未満で、かつ温度 $T_{<FC-H>}$ と温度 $T_{<FC-L>}$ との差が所定のしきい値 T_1 を上回る場合、開放状態となるように放出調節部を制御してもよい。

[0017] また、上記いずれかの態様において、制御部は、 $T_{<FC-H>} \geq T_{<fc-l>}$ かつ $T_{<MH3>} \geq T_{<mh-l>}$ の条件下で、さらに温度が低い方の燃料電池の温度 $T_{<FC-L>}$ が温度 $T_{<fc-l>}$ 未満で、かつ温度 $T_{<FC-H>}$ と温度 $T_{<FC-L>}$ との差が所定のしきい値 T_1 を上回る場合、開放状態となるように放出調節部を制御してもよい。

[0018] また、上記いずれかの態様において、制御部は、 $T_{<FC-H>} > T_{<fc-l>}$ かつ $T_{<MH3>} < T_{<mh-l>}$ の条件下で、さらに温度 $T_{<FC-H>}$ が温度 $T_{<fc-l>}$ よりも高い所定の温度 $T_{<fc-h1>}$ を上回る場合に、異常対応制御を実施してもよい。

[0019] また、上記いずれかの態様において、制御部は、 $T_{<FC-H>} > T_{<fc-l>}$ かつ $T_{<MH3>} \geq T_{<mh-l>}$ の条件下で、さらに温度 $T_{<FC-H>}$ が温度 $T_{<fc-l>}$ よ

りも高い所定の温度 $T_{<fc-h2>}$ を上回る場合に、抑制状態となるように放出調節部を制御してもよい。

[0020] また、上記態様において、制御部は、 $T_{<FC-H>} > T_{<fc-l>}$ 、 $T_{<MH3>} \geq T_{<mh-l>}$ 、かつ $T_{<FC-H>} > T_{<fc-h2>}$ の条件下で、さらに温度が低い方の燃料電池の温度 $T_{<FC-L>}$ が温度 $T_{<fc-h2>}$ 以下で、かつ温度 $T_{<FC-H>}$ と温度 $T_{<FC-L>}$ との差が所定のしきい値 T_2 を上回る場合、開放状態となるように放出調節部を制御してもよい。

[0021] また、上記いずれかの態様において、制御部は、 $T_{<FC-H>} > T_{<fc-l>}$ 、 $T_{<MH3>} \geq T_{<mh-l>}$ 、かつ $T_{<FC-H>} > T_{<fc-h2>}$ の条件下で、さらに温度が低い方の燃料電池の温度 $T_{<FC-L>}$ が温度 $T_{<fc-h2>}$ を上回る場合、燃料電池の発電出力を低減させ、開放状態となるように放出調節部を制御してもよい。

[0022] また、上記いずれかの態様において、制御部は、温度 $T_{<FC-H>}$ 、温度が低い方の燃料電池の温度 $T_{<FC-L>}$ および温度 $T_{<MH3>}$ にかかわらず、燃料収容部の水素収容量が所定量未満である場合に、開放状態となるように放出調節部を制御してもよい。

[0023] 本発明の他の態様は、燃料電池システムの制御方法である。当該燃料電池システムの制御方法は、燃料電池に供給される水素を貯蔵する水素吸蔵合金を収容するための2つの収容部を少なくとも有し、当該2つの収容部が互いに熱的に接するように配置された燃料収容部と、2つの収容部のうち一方の収容部と熱的に接するように配置された燃料電池と、を備えた燃料電池システムの制御方法であって、燃料電池の温度 $T_{<FC>}$ が所定の温度 $T_{<fc-l>}$ 未満のときは他方の収容部から水素を放出し、温度 $T_{<FC>}$ が温度 $T_{<fc-l>}$ 以上のときは、他方の収容部内の温度 $T_{<MH>}$ が所定の温度 $T_{<mh-l>}$ 未満のときに他方の収容部からの水素放出を抑制し、温度 $T_{<MH>}$ が温度 $T_{<mh-l>}$ 以上のときに他方の収容部から水素を放出することを特徴とする。

[0024] 本発明のさらに他の態様もまた、燃料電池システムの制御方法である。当該燃料電池システムの制御方法は、燃料電池に供給される水素を貯蔵する水

素吸蔵合金を収容するための第1～第3収容部を少なくとも有し、第1収容部および第2収容部が最外側に、第3収容部が第1収容部と第2収容部の間で第1収容部および第2収容部と熱的に接するようにそれぞれ配置された燃料収容部と、一方が第1収容部と、他方が第2収容部とそれぞれ熱的に接するように配置された一对の燃料電池と、を備えた燃料電池システムの制御方法であって、一对の燃料電池のうち温度が高い方の燃料電池の温度 $T_{<FC-H>}$ が所定の温度 $T_{<fc-l>}$ 未満のときは第3収容部から水素を放出し、温度 $T_{<FC-H>}$ が温度 $T_{<fc-l>}$ 以上のときは、第3収容部内の温度 $T_{<MH3>}$ が所定の温度 $T_{<mh-l>}$ 未満のときに第3収容部からの水素放出を抑制し、温度 $T_{<MH3>}$ が温度 $T_{<mh-l>}$ 以上のときに第3収容部から水素を放出することを特徴とする。

発明の効果

[0025] 本発明によれば、燃料電池システムの起動時間の短縮化と燃料電池への水素供給の安定化を図ることができる。

図面の簡単な説明

[0026] [図1]実施形態1に係る燃料電池システムの外観を示す概略斜視図である。

[図2]図2（A）は、制御部カバーを取り外した状態の燃料電池システムの概略斜視図である。図2（B）は、水素充填口カバーを取り外した状態の燃料電池システムにおける水素充填口近傍の概略斜視図である。

[図3]制御部および配管部カバーを取り外した状態の燃料電池システムの概略斜視図である。

[図4]図3のA-A線に沿った概略断面図である。

[図5]図4のB-B線に沿った概略断面図である。

[図6]図6（A）および図6（B）は、実施形態1に係る燃料電池システムの運転制御を説明するための概念図である。

[図7]実施形態1に係る燃料電池システムの制御フローチャートである。

[図8]実施形態2に係る燃料電池システムの概略構造を示す水平断面図である。

[図9]実施形態2に係る燃料電池システムの概略構造を示す鉛直断面図である。

[図10]図10(A)および図10(B)は、実施形態2に係る燃料電池システムの運転制御を説明するための概念図である。

[図11]実施形態2に係る燃料電池システムの制御フローチャートである。

[図12]制御部および配管部カバーを取り外した状態の変形例1に係る燃料電池システムの概略斜視図である。

[図13]図13(A)～図13(C)は、変形例1に係る燃料電池システムの運転制御を説明するための概念図である。

[図14]変形例2に係る燃料電池システムの構成を説明するための概念図である。

発明を実施するための形態

[0027] 以下、本発明を好適な実施の形態をもとに図面を参照しながら説明する。各図面に示される同一または同等の構成要素、部材、処理には、同一の符号を付するものとし、適宜重複した説明は省略する。また、実施の形態は、発明を限定するものではなく例示であって、実施の形態に記述されるすべての特徴やその組み合わせは、必ずしも発明の本質的なものであるとは限らない。

[0028] (実施形態1)

図1は、実施形態1に係る燃料電池システムの外観を示す概略斜視図である。図2(A)は、制御部カバーを取り外した状態の燃料電池システムの概略斜視図である。図2(B)は、水素充填口カバーを取り外した状態の燃料電池システムにおける水素充填口近傍の概略斜視図である。なお、図2(B)は、図2(A)に図示された矢印aで示す方向から燃料電池システムを見た図である。図3は、制御部および配管部カバーを取り外した状態の燃料電池システムの概略斜視図である。

[0029] 本実施形態に係る燃料電池システム1は、燃料収容ユニット100(燃料収容部)と、レギュレータ部200と、一対の燃料電池300と、操作表示

部４００と、配管部５００と、制御部６００と、を主な構成として備える。燃料収容ユニット１００は、扁平な直方体形状であり、略板状の一对の燃料電池３００が燃料収容ユニット１００を挟むようにして配置されている。一对の燃料電池３００は、一方の燃料電池３００が燃料収容ユニット１００の対向する２つの主表面の一方と接し、他方の燃料電池３００が燃料収容ユニット１００の他方の主表面と接するように配置されている。

[0030] 燃料収容ユニット１００の上面には、一端に操作表示部４００が設けられている。また、操作表示部４００に隣接して、後述する第１～第３収容部の水素充填口１１２，１２２，１３２が設けられている。水素充填口１１２，１２２，１３２は、着脱可能な水素充填口カバー３で覆うことができる。また、燃料収容ユニット１００の上面の他端には、レギュレータ部２００が設けられている。

[0031] さらに、燃料収容ユニット１００の上面には、第１～第３収容部の水素放出口（図示せず）とレギュレータ部２００とをつなぐ配管部５００が設けられている。配管部５００は、着脱可能な配管部カバー４で覆うことができる。配管部５００を覆った状態の配管部カバー４の上面には制御部６００が配置されている。制御部６００は、着脱可能な制御部カバー２で覆うことができる。制御部カバー２は、制御部６００と、配管部５００を覆う配管部カバー４とを覆うように構成されている。

[0032] 続いて、各部の構成を詳細に説明する。図４は、図３のＡ－Ａ線に沿った概略断面図である。図５は、図４のＢ－Ｂ線に沿った概略断面図である。なお、図４および図５では、燃料電池システム１の外部筐体の図示を省略している。

[0033] 図４および図５に示すように、燃料収容ユニット１００は、一对の燃料電池３００に供給される水素を貯蔵する水素吸蔵合金を収容するための第１収容部１１０、第２収容部１２０、および第３収容部１３０を有する。第１収容部１１０および第２収容部１２０は、燃料収容ユニット１００の最外側に配置されている。第３収容部１３０は、第１収容部１１０と第２収容部１２

0の間で第1収容部110および第2収容部120と熱的に接するように配置されている。

[0034] 本実施形態では、燃料収容ユニット100は、容器部101と蓋部102を有する。容器部101は、配管部500等が載置された燃料収容ユニット100の上面から当該上面に対向する底面にかけて延在する、燃料収容ユニット100の主表面に略平行な仕切り壁103および仕切り壁104によって内部が3つの部屋に区画されている。そして、外側の2部屋が第1収容部110、第2収容部120を構成し、中央の部屋が第3収容部130を構成している。各収容部は、仕切り壁103、104によって互いに気密に保持されている。また、第3収容部130は、第1収容部110および第2収容部120よりも容積が大きい。

[0035] 仕切り壁103、104には、第3収容部130内の温度 $T_{<MH3>}$ を検知するための温度センサ610a、610b（第2温度検知部）が設けられている。温度センサ610a、610bとしては、例えば熱電対を用いることができる。本実施形態では、温度センサ610aにより仕切り壁103の壁面温度を、温度センサ610bにより仕切り壁104の壁面温度をそれぞれ検知するように設けられている。温度センサ610a、610bの検出値は制御部600に送信され、制御部600は仕切り壁103、104の壁面温度から温度 $T_{<MH3>}$ を推定することができる。なお、第3収容部130内の温度を検知するための構成は特にこれに限定されず、第3収容部130内の水素吸蔵合金の温度を直接測る構成であってもよい。また、温度センサの個数は特に限定されず、要求される温度検知精度と温度センサの性能等に応じて適宜変更可能である。

[0036] 蓋部102は、容器部101の開口を覆うようにして設けられ、燃料収容ユニット100の上面を構成している。レギュレータ部200、操作表示部400、および配管部500は、蓋部102上に載置されている。蓋部102には、各収容部に対応する位置に水素充填口112、122、132（図2（B）参照）と水素放出口（図示せず）が設けられている。

[0037] 第1収容部110には、燃料収容ユニット100の上面から底面にかけて延在する、燃料収容ユニット100の主表面に略垂直な仕切り壁114が複数設けられている。第1収容部110は、複数の仕切り壁114によって内部が複数の小室116に区画されている。各小室116には、水素吸蔵合金（図示せず）が収容される。仕切り壁114には、所定位置に貫通孔（図示せず）が設けられている。そのため、各小室116は、この貫通孔を介して互いに連通している。同様に、第2収容部120および第3収容部130も、複数の仕切り壁124、134によって内部が複数の小室126、136に区画されており、各小室126、136に水素吸蔵合金が収容される。仕切り壁124、126には貫通孔（図示せず）が設けられており、これにより各小室126、136は互いに連通している。

[0038] 蓋部102に設けられた水素充填口112、122、132（図2（B）参照）は、それぞれ一端が第1収容部110、第2収容部120、第3収容部130と連通している。水素充填機（図示せず）の充填ホースを水素充填口112、122、132に接続することで、各収容部内に水素を注入することができる。第1～第3収容部110、120、130内に注入された水素は、仕切り壁114、124、134の貫通孔を通して各小室116、126、136に到達し、各小室116、126、136に収容された水素吸蔵合金によって吸蔵される。

[0039] また、蓋部102に設けられた各収容部の水素放出口（図示せず）は、それぞれ他端が配管部500と連通している。各小室116、126、136に収容された水素吸蔵合金から放出された水素は、各収容部において仕切り壁114、124、134の貫通孔を通して小室間を移動して水素放出口に到達し、水素放出口を通して各収容部から配管部500に送り出される。

[0040] 水素吸蔵合金は、水素の吸蔵と、吸蔵した水素の放出とが可能であり、たとえば、希土類系の $MmNi_{4.32}Mn_{0.18}Al_{0.1}Fe_{0.1}Co_{0.3}$ （Mmはミッシュメタル）である。なお、水素吸蔵合金は、希土類系の合金に限られず、たとえばTi-Mn系合金、Ti-Fe系合金、Ti-Zr系合金、Mg-Ni系

合金、Zr-Mn系合金等であってもよい。具体的には、水素吸蔵合金として LaNi_5 合金、 Mg_2Ni 合金、 $\text{Ti}_{1+x}\text{Cr}_{2-y}\text{Mn}_y$ ($x=0.1\sim0.3$ 、 $y=0\sim1.0$)合金などを挙げることができる。水素吸蔵合金は、上述した水素吸蔵合金の粉末にポリテトラフルオロエチレン (PTFE) デイスページョンなどの結着剤を混合し、プレス機で圧縮成形した圧縮成形体 (ペレット) とすることができる。必要に応じて、圧縮成形後に焼結処理がなされていてもよい。

[0041] 燃料収容ユニット100から送り出された水素は、配管部500を通してレギュレータ部200に送られる。図3に示すように、配管部500は、互いに略平行に延びる配管512、522、532と、集合管540とを有する。配管512は、第1収容部110から送り出された水素の流路を構成し、配管522は、第2収容部120から送り出された水素の流路を構成し、配管532は、第3収容部130から送り出された水素の流路を構成している。

[0042] 配管512、522の途中には継手514、524がそれぞれ設けられている。配管512、522は、そのレギュレータ部200に近い側が継手514、524を介して配管532に向けて延びている。配管532のレギュレータ部200に近い側の端部には、継手534が設けられている。継手534には、配管512、522、および集合管540の一端が連結されている。集合管540の他端はレギュレータ部200に連結されている。したがって、第1～第3収容部110、120、130から送り出された水素は、それぞれ配管512、522、532内を流れ、継手534において合流して集合管540を通してレギュレータ部200に送られる。

[0043] 配管512の途中には逆止弁516が、配管522の途中には逆止弁526が、配管532の途中には逆止弁536がそれぞれ設けられている。逆止弁516、526、536によって、燃料電池300側から燃料収容ユニット100への水素の逆流が防止される。また、配管532の途中には、逆止弁536よりも第3収容部130に近い側に放出調節弁538 (放出調節部

）が設けられている。

[0044] 放出調節弁 538 は、第 3 収容部 130 からの水素放出を抑制する抑制状態と、当該抑制状態が解除された開放状態とを切り替え可能な部材である。放出調節弁 538 としては、例えば絞り弁や開閉弁を用いることができる。放出調節弁 538 が絞り弁である場合、絞り弁を絞った状態を抑制状態とし、抑制状態よりも絞り量が少ない状態を開放状態とすることができる。また、抑制状態では、水素放出量がゼロであってもよいし、開放状態での放出量よりも少ない量だけ水素が放出されてもよい。放出調節弁 538 が開閉弁である場合、開閉弁が閉じた状態を抑制状態とし、開いた状態を開放状態とする。

[0045] レギュレータ部 200 は、水素供給路およびレギュレータ（ともに図示せず）を主な構成として備える。水素供給路は、一端が配管部 500 の集合管 540 と連通し、他端が一对の燃料電池 300 と連通している。水素供給路の途中にレギュレータが設けられている。レギュレータにより、外部ボンベから水素吸蔵合金に水素が補充される際や、水素吸蔵合金から放出された水素が燃料電池 300 に供給される際に、燃料電池 300 に到達する水素の圧力が低減される。これにより、燃料電池 300 のアノード触媒層が保護される。

[0046] 図 4 および図 5 に示すように、一对の燃料電池 300 は、一方が第 1 収容部 110 と、他方が第 2 収容部 120 とそれぞれ熱的に接するように配置されている。本実施形態では、一方の燃料電池 300 が燃料収容ユニット 100 の第 1 収容部 110 側の主表面と接し、他方の燃料電池 300 が燃料収容ユニット 100 の第 2 収容部 120 側の主表面と接している。一对の燃料電池 300 は、ともにアノード側の側面が燃料収容ユニット 100 と接するように配置されている。なお、燃料電池 300 と第 1 収容部 110 および第 2 収容部 120 とは、直に接していてもよいし、燃料電池 300 の熱を第 1 収容部 110 および第 2 収容部 120 に伝達可能な状態で間接的に接していてもよい。

- [0047] 一対の燃料電池 300 はともに同一の構造を有し、それぞれ平面配列された複数の膜電極接合体 (MEA : Membrane Electrode Assembly) 310 と、インターコネクタ 320 と、集電部 330 と、アノード用ハウジング 340 と、カソード用ハウジング 350 と、を主な構成として備える。
- [0048] 各膜電極接合体 310 は、電解質膜 312 と、電解質膜 312 の一方の表面に設けられたアノード触媒層 314 と、電解質膜 312 の他方の表面に、アノード触媒層 314 と対向するように設けられたカソード触媒層 316 とを有する。各膜電極接合体 310 は、各収容部の延在方向 (燃料収容ユニット 100 の上部から底部に延びる方向) と同じ方向に延在している。
- [0049] 電解質膜 312 は、湿潤状態において良好なイオン伝導性を示すことが好ましく、アノード触媒層 314 とカソード触媒層 316 との間でプロトンを移動させるイオン交換膜として機能する。電解質膜 312 は、含フッ素重合体や非フッ素重合体等の固体高分子材料によって形成され、例えば、スルホン酸型パーフルオロカーボン重合体、ポリサルホン樹脂、ホスホン酸基またはカルボン酸基を有するパーフルオロカーボン重合体等を用いることができる。スルホン酸型パーフルオロカーボン重合体の例として、ナフィオン (登録商標) 膜 (デュポン社製) などが挙げられる。また、非フッ素重合体の例として、スルホン化された、芳香族ポリエーテルエーテルケトン、ポリスルホンなどが挙げられる。電解質膜 312 の厚さは、たとえば約 10 ~ 200 μm である。
- [0050] 各膜電極接合体 310 のアノード触媒層 314 は、電解質膜 312 の一方の表面に互いに間隔をあけて設けられている。また、各膜電極接合体 310 のカソード触媒層 316 は、電解質膜 312 の他方の表面に互いに間隔を空けて設けられている。一対のアノード触媒層 314 とカソード触媒層 316 との間に電解質膜 312 が挟持されて膜電極接合体 310 (単セル) が構成されている。アノード触媒層 314 とカソード触媒層 316 とは、ショートを防ぐために隣接する単セル間で絶縁が維持されていれば、多様な配置構成を採用することができる。

- [0051] アノード触媒層 314 には燃料ガスとして水素が供給される。カソード触媒層 316 には、酸化剤として空気が供給される。各膜電極接合体 310 は、水素と空気中の酸素との電気化学反応により発電する。
- [0052] アノード触媒層 314 およびカソード触媒層 316 は、イオン交換体ならびに触媒粒子、場合によって炭素粒子を有する。アノード触媒層 314 およびカソード触媒層 316 が有するイオン交換体は、触媒粒子と電解質膜 312 との間の密着性を向上させるために用いることができる。また、イオン交換体は、両者間においてプロトンを伝達する役割を持ってもよい。このイオン交換体は、電解質膜 312 と同様の高分子材料から形成することができる。触媒金属としては、Sc、Y、Ti、Zr、V、Nb、Fe、Co、Ni、Ru、Rh、Pd、Pt、Os、Ir、ランタノイド系列元素やアクチノイド系列の元素の中から選ばれる合金や単体が挙げられる。また触媒を担持する場合には炭素粒子として、ファーネスブラック、アセチレンブラック、ケッチェンブラック、カーボンナノチューブなどを用いてもよい。アノード触媒層 314 およびカソード触媒層 316 の厚さは、それぞれ、たとえば約 10～40 μm である。
- [0053] インターコネクタ 320 は、隣接する膜電極接合体 310 の間に設けられ、隣接する膜電極接合体 310 の一方のアノード触媒層 314 から他方のカソード触媒層 316 への電気経路の一部を構成している。インターコネクタ 320 は、導電体 322 と絶縁体 324 とを有する。導電体 322 は、隣接する膜電極接合体 310 の間で電解質膜 312 を貫通するように設けられている。導電体 322 と電解質膜 312 との間には、絶縁体 324 が設けられている。
- [0054] 集電部 330 は、複数のアノード集電体 332 と、複数のカソード集電体 334 とを有する。複数のアノード集電体 332 は、各アノード触媒層 314 の表面に設けられて、各アノード触媒層 314 と電氣的に接続されている。複数のカソード集電体 334 は、各カソード触媒層 316 の表面に設けられて、各カソード触媒層 316 と電氣的に接続されている。隣接する膜電極

接合体 310 のうち、一方の膜電極接合体 310 のアノード触媒層 314 に接続されたアノード集電体 332 の端部は、隣接する膜電極接合体 310 の間に設けられたインターコネクタ 320 まで延び、このインターコネクタ 320 の導電体 322 の一端に電氣的に接続されている。また、他方の膜電極接合体 310 のカソード触媒層 316 に接続されたカソード集電体 334 の端部は、同じインターコネクタ 320 まで延び、このインターコネクタ 320 の導電体 322 の他端に電氣的に接続されている。

[0055] 平面配列された複数の膜電極接合体 310 は、アノード集電体 332 およびカソード集電体 334 と、インターコネクタ 320 の導電体 322 とにより直列に接続されている。アノード集電体 332 およびカソード集電体 334 としては、例えば金メッシュやカーボンペーパーやカーボンクロスなどを用いることができる。インターコネクタ 320 の幅は、たとえば、約 30 ～ 300 μm である。

[0056] アノード用ハウジング 340 は、膜電極接合体 310 のアノード触媒層 314 側に設けられた蓋部材である。アノード用ハウジング 340 とアノード触媒層 314 との間に、各膜電極接合体 310 に対応して、複数の末端水素流路 342 が形成されている。各末端水素流路 342 は、膜電極接合体 310 の延在方向と同じ方向に延在している。また、アノード用ハウジング 340 には、水素流路 344 が設けられている。水素流路 344 は、末端水素流路 342 の延在方向と交わる方向に延在し、その一端がレギュレータ部 200 の水素供給路と連通している。また、水素流路 344 には、各末端水素流路 342 の端部が連結されている。

[0057] 燃料収容ユニット 100 の第 1 ～ 第 3 収容部 110, 120, 130 から放出された水素は、配管部 500、およびレギュレータ部 200 を経て水素流路 344 に至り、水素流路 344 から分岐した各末端水素流路 342 を通って各膜電極接合体 310 のアノード触媒層 314 へ供給される。

[0058] カソード用ハウジング 350 は、膜電極接合体 310 のカソード触媒層 316 側に設けられた蓋部材である。カソード用ハウジング 350 には、各膜

電極接合体 310 に対応して、外部から酸化剤としての空気を取り込むための複数の空気取入口 352 が設けられている。カソード用ハウジング 350 の外側には、空気取入口 352 を覆うようにしてメッシュ状のカソードフィルタ 354 が設けられている。カソードフィルタ 354 により、外部から空気取入口 352 を介して取り込まれる空気に含まれる塵や埃を除去することができる。外部の空気は、カソードフィルタ 354 を通過して空気取入口 352 から燃料電池 300 内部に取り込まれ、各膜電極接合体 310 のカソード触媒層 316 へ供給される。

[0059] アノード用ハウジング 340 およびカソード用ハウジング 350 に用いられる材料としては、たとえばフェノール樹脂、ビニル樹脂、ポリエチレン樹脂、ポリプロピレン樹脂、ポリスチレン樹脂、尿素樹脂、フッ素樹脂等の一般的なプラスチック樹脂が挙げられる。

[0060] 一对の燃料電池 300 には、それぞれ燃料電池 300 の温度 $T_{<FC>}$ を検知するための温度センサ 612（第 1 温度検知部）が設けられている。温度センサ 612 としては、例えば熱電対を用いることができる。本実施形態では、温度センサ 612 は、温度 $T_{<FC>}$ として膜電極接合体 310 の温度を検知する。温度センサ 612 の検出値は制御部 600 に送信される。なお、温度センサの個数および設置位置は特に限定されず、要求される温度検知精度と温度センサの性能等に応じて適宜変更可能である。

[0061] 操作表示部 400 は、燃料収容ユニット 100 内の温度、圧力、水素残量、燃料電池 300 の温度等の情報を表示することができる。温度センサ 610a, 610b, 612 や、圧力センサ、水素残量計の各検出値が制御部 600 を介して、あるいは直接操作表示部 400 に送信され、操作表示部 400 において表示される。また、操作表示部 400 には各種操作スイッチが設けられている。これらの操作スイッチが操作されると、操作スイッチに応じた制御信号が操作表示部 400 から制御部 600 に送信される。また、操作表示部 400 は、通信コネクタを有し、当該通信コネクタに接続した通信ケーブルを介して操作表示部 400 と水素充填機とを接続することができる。

そして、操作表示部400は、燃料収容ユニット100内部の温度、圧力、水素残量等の情報を水素充填機に送信することができる。

[0062] 制御部600は、燃料電池システム1の運転開始／停止、燃料電池300の発電出力の調節、運転モードの変更等を含む燃料電池システム1の各種の制御を実行する。制御部600は、燃料収容ユニット100側および燃料電池300側から温度や水素残量等に関する状態信号を受信することで燃料収容ユニット100および燃料電池300の状態を認識することができる。また、制御部600は、温度センサ610a、610bから得た第3収容部130内の温度 $T_{<MH3>}$ および温度センサ612から得た燃料電池300の温度 $T_{<FC>}$ に応じて放出調節弁538を制御する。

[0063] 続いて、上述の構成を備えた燃料電池システム1の運転制御の一例を説明する。図6(A)および図6(B)は、実施形態1に係る燃料電池システムの運転制御を説明するための概念図である。図6(A)は、放出調節弁538が抑制状態にあるときの水素の流れを示し、図6(B)は、放出調節弁538が開放状態にあるときの水素の流れを示している。

[0064] 一般に燃料電池システムでは、燃料電池における電気化学反応で発生した熱が燃料収容ユニットに伝わる。そして、この熱により燃料収容ユニット内が温められて、燃料収容ユニット内の水素吸蔵合金の水素放出が促進される。ここで、燃料電池システム1の運転初期において、全体が冷えた状態にある燃料収容ユニットは、燃料電池に隣接した外側領域から温度が上昇し始める。燃料収容ユニットの中央領域は、外側領域からの伝熱によって外側領域よりも遅れて温度が上昇し始める。

[0065] 燃料収容ユニットの外側領域は、燃料電池からの伝熱により短時間で温度が上昇し平衡圧を高く保つことができる。これに対し、燃料収容ユニットの中央領域は、外側領域に比べて熱供給量が少ないため温度上昇に時間がかかる。そのため、中央領域の温度が若干上昇して水素吸蔵合金の水素放出が開始されても、吸熱反応である水素放出によって中央領域の温度上昇が妨げられる。したがって、中央領域の平衡圧を十分な高さに保つことが困難となる。

。その結果、燃料収容ユニットの外側領域の水素放出量が多いが中央領域の水素放出量が少なくなり、燃料収容ユニット全体としての燃料電池への水素供給量を早期に安定化させることが困難であった。特に、燃料収容ユニットの水素収容量を増やすべく燃料収容ユニットを大型化した場合には、燃料電池に安定的に水素を供給できる状態になるまで長時間を要してしまう。

[0066] また一方で、燃料電池システムの起動時間を短くするために、燃料電池には、早急に発電反応に適した温度状態に到達することが求められる。

[0067] そこで、本実施形態に係る燃料電池システム 1 では、燃料収容ユニット 100 を一对の燃料電池 300 で挟むとともに、燃料収容ユニット 100 内部を外側領域に対応する第 1 収容部 110 および第 2 収容部 120 と、中央領域に対応する第 3 収容部 130 とに区画している。また、第 3 収容部 130 とレギュレータ部 200 とをつなぐ流路に放出調節弁 538 を設けている。

[0068] そして、制御部 600 は、一对の燃料電池 300 のうち温度が高い方の燃料電池 300 の温度 $T_{<FC-H>}$ が所定の下限温度 $T_{<fc-l>}$ 未満のときは、放出調節弁 538 を開放状態として第 3 収容部 130 から水素を放出する。また、制御部 600 は、温度 $T_{<FC-H>}$ が下限温度 $T_{<fc-l>}$ 以上のときは、温度 $T_{<MH3>}$ が所定の下限温度 $T_{<mh-l>}$ 未満のときに放出調節弁 538 を抑制状態として第 3 収容部 130 からの水素放出を抑制し、温度 $T_{<MH3>}$ が下限温度 $T_{<mh-l>}$ 以上のときに放出調節弁 538 を開放状態として第 3 収容部 130 から水素を放出する。

[0069] すなわち、制御部 600 は、第 3 収容部 130 内の温度 $T_{<MH3>}$ が低い場合は図 6 (A) に示すように第 3 収容部 130 からの水素放出を抑制し、温度 $T_{<MH3>}$ の低下を回避する。これにより、温度 $T_{<MH3>}$ が上昇していく。第 3 収容部 130 からの水素放出が抑制されている間は、第 1 収容部 110 および第 2 収容部 120 から放出された水素が燃料電池 300 に供給される。

[0070] 温度 $T_{<MH3>}$ が下限温度 $T_{<mh-l>}$ 以上になると、水素吸蔵合金の水素放出に必要な熱が十分に確保されるため、水素吸蔵合金の水素放出が進んでも平衡圧の低下は起こりにくい。そこで、制御部 600 は、図 6 (B) に示すよ

うに第3収容部130からの水素放出の抑制を解除し、第1収容部110および第2収容部120に加えて第3収容部130からも水素を放出して、燃料電池300に水素を供給する。

[0071] これにより、燃料収容ユニット100内部が十分に温まっていない状態において、第3収容部130における平衡圧の低下を防ぐことができるため、燃料電池300への水素供給の安定化を図ることができる。

[0072] また、温度が高い方の燃料電池300の温度 $T_{<FC-H>}$ が下限温度 $T_{<fc-l>}$ よりも低い場合は、早急に一对の燃料電池300の温度を発電反応の至適温度範囲まで上昇させる必要がある。そこで、制御部600は、温度 $T_{<FC-H>}$ が下限温度 $T_{<fc-l>}$ 未満の場合は第3収容部130の温度 $T_{<MH3>}$ にかかわらず、図6(B)に示すように第1収容部110および第2収容部120に加えて第3収容部130からも水素を供給する。これにより、第1収容部110および第2収容部120の水素吸蔵合金から放出される水素量が減少するため、燃料電池300と接する第1収容部110および第2収容部120の水素吸蔵合金の吸熱量も減少する。その結果、燃料電池300の温度上昇が加速される。そして、制御部600は、燃料電池300の温度が低く出力を大きくすることができないため、低負荷状態で燃料電池300の発電反応を実施する低温運転制御を行う。

[0073] これにより、発電反応の発熱によって燃料電池300の温度上昇が促進されるため、第3収容部130からの水素放出を抑制した場合に比べて、燃料電池300の温度が発電反応の至適温度になるまでの時間を短縮することができる。その結果、燃料電池システム1の起動時間を短縮することができる。

[0074] なお、本実施形態では、第3収容部130は、第1収容部110および第2収容部120よりも容積が大きい。そのため、第3収容部130の容積が第1収容部110および第2収容部120以下の場合と比べて、第1収容部110および第2収容部120をより短時間で昇温させることができる。したがって、第1収容部110および第2収容部120からの水素放出量をよ

り短時間のうちに必要量まで増大させることができる。

[0075] 制御部600は、 $T_{<FC-H>} \geq T_{<fc-l>}$ かつ $T_{<MH3>} < T_{<mh-l>}$ の条件下で、さらに温度が低い方の燃料電池300の温度 $T_{<FC-L>}$ が下限温度 $T_{<fc-l>}$ 未満で、かつ温度 $T_{<FC-H>}$ と温度 $T_{<FC-L>}$ との差 $\Delta T_{<FC>}$ が所定のしきい値 T_1 を上回る場合、放出調節弁538を開放状態として、低温運転制御を実施してもよい。同様に、制御部600は、 $T_{<FC-H>} \geq T_{<fc-l>}$ かつ $T_{<MH3>} \geq T_{<mh-l>}$ の条件下で、さらに温度 $T_{<FC-L>}$ が下限温度 $T_{<fc-l>}$ 未満で、かつ温度 $T_{<FC-H>}$ と温度 $T_{<FC-L>}$ との差 $\Delta T_{<FC>}$ が所定のしきい値 T_1 を上回る場合、放出調節弁538を開放状態として、低温運転制御を実施してもよい。これらの場合には、温度が低い方の燃料電池300の温度 $T_{<FC-L>}$ をより早く昇温させることができるため、燃料電池システム1の性能の向上を図ることができる。

[0076] また、制御部600は、 $T_{<FC-H>} > T_{<fc-l>}$ かつ $T_{<MH3>} < T_{<mh-l>}$ の条件下で、さらに温度 $T_{<FC-H>}$ が下限温度 $T_{<fc-l>}$ よりも高い所定の第1上限温度 $T_{<fc-h1>}$ を上回る場合に、異常対応制御を実施してもよい。第3収容部130の温度 $T_{<MH3>}$ が下限温度 $T_{<mh-l>}$ よりも低い低温状態にあるにもかかわらず、燃料電池300の温度 $T_{<FC-H>}$ が第1上限温度 $T_{<fc-h1>}$ を上回る高温状態にある場合には、燃料電池システム1に何らかの異常が発生していると考えられる。そこで、制御部600は、異常対応制御を実施する。例えば、制御部600は、異常対応制御として燃料電池300の発電を停止する。さらに制御部600は、燃料電池システム1の異常を報知するように、操作表示部400に対して異常状態を示す信号を送信してもよい。

[0077] また、制御部600は、 $T_{<FC-H>} > T_{<fc-l>}$ かつ $T_{<MH3>} \geq T_{<mh-l>}$ の条件下で、さらに温度 $T_{<FC-H>}$ が下限温度 $T_{<fc-l>}$ よりも高い所定の第2上限温度 $T_{<fc-h2>}$ を上回る場合に、放出調節弁538を抑制状態としてもよい。温度が高い方の燃料電池300の温度 $T_{<FC-H>}$ が第2上限温度 $T_{<fc-h2>}$ を越えた場合には、いわゆるドライアウトが発生して燃料電池300の発電性能が低下するおそれがある。そこで、放出調節弁538を抑制状態とし

て第3収容部130からの水素放出を抑制する。これにより、燃料電池300近傍の第1収容部110および第2収容部120での水素放出が促進され、その結果、第1収容部110および第2収容部120による、燃料電池300で発生した熱の吸収が促進される。したがって、燃料電池300の温度上昇を抑えることができる。

[0078] また、制御部600は、 $T_{<FC-H>} > T_{<fc-l>}$ 、 $T_{<MH3>} \geq T_{<mh-l>}$ 、かつ $T_{<FC-H>} > T_{<fc-h2>}$ の条件下で、さらに温度が低い方の燃料電池300の温度 $T_{<FC-L>}$ が第2上限温度 $T_{<fc-h2>}$ 以下で、かつ温度 $T_{<FC-H>}$ と温度 $T_{<FC-L>}$ との差 $\Delta T_{<FC>}$ が所定のしきい値 T_2 を上回る場合、放出調節弁538を開放状態としてもよい。温度が低い方の燃料電池300の温度 $T_{<FC-L>}$ が第2上限温度 $T_{<fc-h2>}$ 以下で、一对の燃料電池300の温度差 $\Delta T_{<FC>}$ がしきい値 T_2 を上回る程度に大きければ、温度が低い方の燃料電池300には温度上昇の余地があると推測することができる。そこで、燃料電池300の発電反応を優先して、第3収容部130からの水素供給を継続する。これにより、燃料電池システム1の発電性能の向上を図ることができる。

[0079] また、制御部600は、 $T_{<FC-H>} > T_{<fc-l>}$ 、 $T_{<MH3>} \geq T_{<mh-l>}$ 、かつ $T_{<FC-H>} > T_{<fc-h2>}$ の条件下で、さらに温度 $T_{<FC-L>}$ が第2上限温度 $T_{<fc-h2>}$ を上回る場合、燃料電池300の発電出力を低減させ、放出調節弁538を開放状態としてもよい。すなわち、一对の燃料電池300の両方が第2上限温度を超えているため、ドライアウトによる燃料電池300の発電性能低下を回避することを優先して、燃料電池300の発電出力を下げる。これにより、燃料電池300の発電反応による発熱が抑制される。また、燃料電池300の発電出力を下げた後、一对の燃料電池300の温度が第2上限温度 $T_{<fc-h2>}$ を超えた状態が所定時間継続する。この状態で、放出調節弁538を抑制状態のままとすると、第1収容部110および第2収容部120からの水素放出が続いて、第1収容部110および第2収容部120の水素残量が大きく減少し、場合によっては残量が0になってしまうおそれがある。そのため、第1収容部110および第2収容部120からの水素放

出量を低減すべく、放出調節弁 538 を開放状態として、第 3 収容部 130 から水素を放出させる。

[0080] なお、制御部 600 は、温度 $T_{<FC-H>}$ 、温度 $T_{<FC-L>}$ および温度 $T_{<MH3>}$ にかかわらず、燃料収容ユニット 100 の水素収容量が所定量未満である場合に、放出調節弁 538 を開放状態としてもよい。水素収容量が所定量未満である場合、燃料収容ユニット 100 から燃料電池 300 への水素供給が不十分となる。そのため、第 3 収容部 130 から水素を供給して少しでも燃料電池 300 への水素供給量を増大させる。これにより、水素収容量が少ない状態での燃料電池 300 の発電反応の安定化を図ることができるため、燃料電池システム 1 の性能向上を図ることができる。

[0081] 前記「下限温度 $T_{<fc-l>}$ 」、「第 1 上限温度 $T_{<fc-h1>}$ 」、「第 2 上限温度 $T_{<fc-h2>}$ 」、「下限温度 $T_{<mh-l>}$ 」、「しきい値 T_1 」、「しきい値 T_2 」は、設計者による実験やシミュレーションに基づき適宜設定することが可能である。

[0082] なお、第 1 上限温度 $T_{<fc-h1>}$ と第 2 上限温度 $T_{<fc-h2>}$ とは、 $T_{<fc-h1>} < T_{<fc-h2>}$ となるように設定することができる。第 1 上限温度 $T_{<fc-h1>}$ は、第 3 収容部 130 の温度が下限温度よりも低い状態で燃料電池システム 1 の異常と判断される燃料電池 300 の温度を決めるしきい値である。一方、第 2 上限温度 $T_{<fc-h2>}$ は、第 3 収容部 130 の温度が下限温度よりも高い状態で燃料電池 300 の異常と判断される燃料電池 300 の温度を決めるしきい値である。通常、第 3 収容部 130 が低温であれば燃料電池 300 も低温であり、第 3 収容部 130 が高温であれば燃料電池 300 も高温となる。したがって、それぞれの状態で異常を判断するしきい値は、第 3 収容部 130 の温度が低い状態の方が、同温度が高い状態よりも低く設定することができる。

[0083] 図 7 は、実施形態 1 に係る燃料電池システムの制御フローチャートである。図 7 のフローチャートではステップを意味する S (Step の頭文字) と数字との組み合わせによって各部の処理手順を表示する。このフローは、燃

料電池システム 1 の電源がオンとなった後、制御部 600 が所定のタイミ
ングで繰り返し実行する。

[0084] まず、制御部 600 は、水素残量（水素収容量）が所定量以上であるか判
断する（S101）。水素残量が所定量未満である場合（S101のN）、
制御部 600 は、放出調節弁 538 を開放状態として（S102）、本ルー
チンを終了する。水素残量が所定量以上である場合（S101のY）、制御
部 600 は、温度が高い方の燃料電池 300 の温度 $T_{<FC-H>}$ が下限温度 $T_{<fc-l>}$
未満であるか判断する（S103）。

[0085] 温度 $T_{<FC-H>}$ が下限温度 $T_{<fc-l>}$ 未満である場合（S103のY）、制
御部 600 は、放出調節弁 538 を開放状態とし（S104）、低温運転制
御を開始して（S105）、本ルーチンを終了する。温度 $T_{<FC-H>}$ が下限温
度 $T_{<fc-l>}$ 以上である場合（S103のN）、制御部 600 は、第 3 収容部
130 内の温度 $T_{<MH3>}$ が下限温度 $T_{<mh-l>}$ 未満であるか判断する（S10
6）。

[0086] 温度 $T_{<MH3>}$ が下限温度 $T_{<mh-l>}$ 未満である場合（S106のY）、制御
部 600 は、温度の高い方の燃料電池 300 の温度 $T_{<FC-H>}$ が第 1 上限温度
 $T_{<fc-h1>}$ 以下であるか判断する（S107）。温度 $T_{<FC-H>}$ が第 1 上限温
度 $T_{<fc-h1>}$ 以下である場合（S107のY）、制御部 600 は、温度が低
い方の燃料電池 300 の温度 $T_{<FC-L>}$ が下限温度 $T_{<fc-l>}$ 未満であり、か
つ温度 $T_{<FC-H>}$ と温度 $T_{<FC-L>}$ との差 $\Delta T_{<FC>}$ がしきい値 $T1$ を上回るか
判断する（S108）。

[0087] 温度 $T_{<FC-L>}$ が下限温度 $T_{<fc-l>}$ 未満であり、かつ差 $\Delta T_{<FC>}$ がしきい
値 $T1$ を上回る場合（S108のY）、制御部 600 は、放出調節弁 538
を開放状態とし（S104）、低温運転制御を開始して（S105）、本ルー
チンを終了する。温度 $T_{<FC-L>}$ が下限温度 $T_{<fc-l>}$ 以上であるか、差 Δ
 $T_{<FC>}$ がしきい値 $T1$ 以下である場合（S108のN）、制御部 600 は、
放出調節弁 538 を抑制状態として（S109）、本ルーチンを終了する。
温度 $T_{<FC-H>}$ が第 1 上限温度 $T_{<fc-h1>}$ を上回る場合（S107のN）、制

制御部600は、異常対応制御を開始して（S110）、本ルーチンを終了する。

[0088] 温度 $T_{<MH3>}$ が下限温度 $T_{<mh-l>}$ 以上である場合（S106のN）、制御部600は、温度 $T_{<FC-H>}$ が第2上限温度 $T_{<fc-h2>}$ 以下であるか判断する（S111）。温度 $T_{<FC-H>}$ が第2上限温度 $T_{<fc-h2>}$ 以下である場合（S111のY）、制御部600は、温度 $T_{<FC-L>}$ が下限温度 $T_{<fc-l>}$ 未満であり、かつ差 $\Delta T_{<FC>}$ がしきい値 T_1 を上回るか判断する（S112）。

[0089] 温度 $T_{<FC-L>}$ が下限温度 $T_{<fc-l>}$ 未満であり、かつ差 $\Delta T_{<FC>}$ がしきい値 T_1 を上回る場合（S112のY）、制御部600は、放出調節弁538を開放状態とし（S104）、低温運転制御を開始して（S105）、本ルーチンを終了する。温度 $T_{<FC-L>}$ が下限温度 $T_{<fc-l>}$ 以上であるか、差 $\Delta T_{<FC>}$ がしきい値 T_1 以下である場合（S112のN）、制御部600は、放出調節弁538を開放状態として（S113）、本ルーチンを終了する。

[0090] 温度 $T_{<FC-H>}$ が第2上限温度 $T_{<fc-h2>}$ を上回る場合（S111のN）、制御部600は、温度 $T_{<FC-L>}$ が第2上限温度 $T_{<fc-h2>}$ 以下であり、かつ差 $\Delta T_{<FC>}$ がしきい値 T_2 を上回るか判断する（S114）。温度 $T_{<FC-L>}$ が第2上限温度 $T_{<fc-h2>}$ 以下であり、かつ差 $\Delta T_{<FC>}$ がしきい値 T_2 を上回る場合（S114のY）、制御部600は、放出調節弁538を開放状態として（S113）、本ルーチンを終了する。

[0091] 温度 $T_{<FC-L>}$ が第2上限温度 $T_{<fc-h2>}$ を上回るか、差 $\Delta T_{<FC>}$ がしきい値 T_2 以下である場合（S114のN）、制御部600は、温度 $T_{<FC-L>}$ が第2上限温度 $T_{<fc-h2>}$ を上回るか判断する（S115）。温度 $T_{<FC-L>}$ が第2上限温度 $T_{<fc-h2>}$ 以下である場合（S115のN）、この場合は差 $\Delta T_{<FC>}$ がしきい値 T_2 以下であり、制御部600は、放出調節弁538を抑制状態として（S116）、本ルーチンを終了する。温度 $T_{<FC-L>}$ が第2上限温度 $T_{<fc-h2>}$ を上回る場合（S115のY）、制御部600は、燃料電池300の発電出力を低減させ、放出調節弁538を開放状態として（S117）、本ルーチンを終了する。

[0092] 以上説明したように、本実施形態に係る燃料電池システム 1 では、一对の燃料電池 300 のうち温度が高い方の燃料電池 300 の温度 $T_{<FC-H>}$ が所定の下限温度 $T_{<fc-l>}$ 未満のときは第 3 収容部 130 から水素が放出される。また、温度 $T_{<FC-H>}$ が下限温度 $T_{<fc-l>}$ 以上のときは、第 3 収容部 130 内の温度 $T_{<MH3>}$ が所定の下限温度 $T_{<mh-l>}$ 未満のときに第 3 収容部 130 からの水素放出が抑制され、温度 $T_{<MH3>}$ が下限温度 $T_{<mh-l>}$ 以上のときに第 3 収容部 130 から水素が放出される。

[0093] このように、燃料電池 300 がある程度温度の高い状態では、第 3 収容部 130 内の温度に応じて第 3 収容部 130 からの水素放出を調節することで、第 3 収容部 130 における平衡圧を高めて燃料電池 300 への水素供給の安定化を図ることができる。また、燃料電池 300 の温度が低い状態では、第 3 収容部 130 からも水素を放出して燃料電池 300 の発熱反応を促すことで、燃料電池 300 の温度が発電反応の至適温度に到達するまでの時間を短縮することができる。したがって、燃料電池システム 1 の起動時間の短縮化と燃料電池 300 への水素供給の安定化の両立を図ることができる。

[0094] (実施形態 2)

上述の実施形態 1 では、燃料収容ユニット 100 が一对の燃料電池 300 で挟まれた構造を有するが、燃料電池は 1 つであってもよい。以下、本実施形態について説明する。なお、実施形態 1 と同一の構成については同一の符号を付し、その説明は適宜省略する。

[0095] 図 8 は、実施形態 2 に係る燃料電池システムの概略構造を示す水平断面図である。図 9 は、実施形態 2 に係る燃料電池システムの概略構造を示す鉛直断面図である。図 8 は、実施形態 1 の図 4 に対応する。図 9 は、実施形態 1 の図 5 に対応し、図 8 の C-C 線に沿った断面図である。なお、図 8 および図 9 では、燃料電池システム 1 の外部筐体の図示を省略している。

[0096] 本実施形態に係る燃料電池システム 1 は、実施形態 1 に係る燃料電池システム 1 から、第 2 収容部 120 と、燃料収容ユニット 100 の第 2 収容部 120 側の主表面と接する燃料電池 300 と、第 2 収容部 120 から送り出さ

れた水素の流路を構成する配管 5 2 2 等とが取り除かれた構造を有する。

[0097] 具体的には、図 8 および図 9 に示すように、本実施形態に係る燃料電池システム 1 の燃料収容ユニット 1 0 0 は、第 1 収容部 1 1 0（一方の収容部）および第 3 収容部 1 3 0（他方の収容部）を有する。第 1 収容部 1 1 0 および第 3 収容部 1 3 0 は、互いに熱的に接するように配置されている。本実施形態では、容器部 1 0 1 内が仕切り壁 1 0 3 によって 2 つの部屋に区画されており、一方の部屋が第 1 収容部 1 1 0 を構成し、他方の部屋が第 3 収容部 1 3 0 を構成している。第 3 収容部 1 3 0 は、第 1 収容部 1 1 0 よりも容積が大きい。燃料電池 3 0 0 は、第 1 収容部 1 1 0 側の主表面と接している。これにより燃料電池 3 0 0 は、第 1 収容部 1 1 0 と熱的に接するように配置されている。

[0098] 第 3 収容部 1 3 0 から送り出された水素の流路を構成する配管 5 3 2 の途中には、放出調節弁 5 3 8（図 3 参照）が設けられている。制御部 6 0 0（図 2（A）参照）は、温度センサ 6 1 0 a、6 1 0 b から得られた第 3 収容部 1 3 0 内の温度 $T_{<MH3>}$ （他方の収容部内の温度 $T_{<MH>}$ ）および温度センサ 6 1 2 から得られた燃料電池 3 0 0 の温度 $T_{<FC>}$ に応じて放出調節弁 5 3 8 を制御する。

[0099] 続いて、上述の構成を備えた燃料電池システム 1 の運転制御の一例を説明する。図 1 0（A）および図 1 0（B）は、実施形態 2 に係る燃料電池システムの運転制御を説明するための概念図である。図 1 0（A）は、放出調節弁 5 3 8 が抑制状態にあるときの水素の流れを示し、図 1 0（B）は、放出調節弁 5 3 8 が開放状態にあるときの水素の流れを示している。

[0100] 制御部 6 0 0 は、燃料電池 3 0 0 の温度 $T_{<FC>}$ が下限温度 $T_{<fc-l>}$ 未満のときは、放出調節弁 5 3 8 を開放状態として、図 1 0（B）に示すように第 3 収容部 1 3 0 から水素を放出する。また、制御部 6 0 0 は、温度 $T_{<FC>}$ が下限温度 $T_{<fc-l>}$ 以上のときは、温度 $T_{<MH3>}$ が下限温度 $T_{<mh-l>}$ 未満のときに放出調節弁 5 3 8 を抑制状態として、図 1 0（A）に示すように第 3 収容部 1 3 0 からの水素放出を抑制し、温度 $T_{<MH3>}$ が下限温度 $T_{<mh-l>}$ 以上

のときに放出調節弁 538 を開放状態として、図 10 (B) に示すように第 3 収容部 130 から水素を放出する。これにより、燃料電池 300 への水素供給の安定化を図ることができるとともに、燃料電池システム 1 の起動時間の短縮化を図ることができる。

[0101] また、本実施形態に係る燃料電池システム 1 についても、実施形態 1 と同様に以下の制御が実施されてもよく、これらの制御により実施形態 1 と同様の効果を得ることができる。すなわち、制御部 600 は、 $T_{<FC>} \geq T_{<fc-l>}$ かつ $T_{<MH3>} < T_{<mh-l>}$ の条件下で、さらに温度 $T_{<FC>}$ が第 1 上限温度 $T_{<fc-h1>}$ を上回る場合に、異常対応制御を実施してもよい。また、制御部 600 は、 $T_{<FC>} \geq T_{<fc-l>}$ かつ $T_{<MH3>} \geq T_{<mh-l>}$ の条件下で、さらに温度 $T_{<FC>}$ が第 2 上限温度 $T_{<fc-h2>}$ を上回る場合に、放出調節弁 538 を抑制状態としてもよい。

[0102] また、制御部 600 は、 $T_{<FC>} \geq T_{<fc-l>}$ 、 $T_{<MH3>} \geq T_{<mh-l>}$ 、かつ $T_{<FC>} > T_{<fc-h2>}$ の条件下で、さらに温度 $T_{<FC>}$ が第 2 上限温度 $T_{<fc-h2>}$ よりも高い所定の最大上限温度 $T_{<fc-h3>}$ を上回る場合に、燃料電池 300 の発電出力を低減させ、放出調節弁 538 を開放状態としてもよい。すなわち、燃料電池 300 が最大上限温度 $T_{<fc-h3>}$ を超えているため、ドライアウトによる燃料電池 300 の発電性能低下を回避することを優先して、燃料電池 300 の発電出力を下げ、第 3 収容部 130 から水素を放出させる。これにより、燃料電池 300 の発電反応による発熱が抑制されて燃料電池 300 が冷却される。また、第 1 収容部 110 および第 2 収容部 120 内の水素残量の減少を抑制できる。前記「最大上限温度 $T_{<fc-h3>}$ 」は、設計者による実験やシミュレーションに基づき適宜設定することが可能である。

[0103] また、制御部 600 は、温度 $T_{<FC>}$ および温度 $T_{<MH3>}$ にかかわらず、燃料収容ユニット 100 の水素収容量が所定量未満である場合に、放出調節弁 538 を開放状態としてもよい。

[0104] 図 11 は、実施形態 2 に係る燃料電池システムの制御フローチャートである。まず、制御部 600 は、水素残量が所定量以上であるか判断する (S 2

01)。水素残量が所定量未満である場合（S201のN）、制御部600は、放出調節弁538を開放状態として（S202）、本ルーチンを終了する。水素残量が所定量以上である場合（S201のY）、制御部600は、燃料電池300の温度 $T_{<FC>}$ が下限温度 $T_{<fc-l>}$ 未満であるか判断する（S203）。

[0105] 温度 $T_{<FC>}$ が下限温度 $T_{<fc-l>}$ 未満である場合（S203のY）、制御部600は、放出調節弁538を開放状態とし（S204）、低温運転制御を開始して（S205）、本ルーチンを終了する。温度 $T_{<FC>}$ が下限温度 $T_{<fc-l>}$ 以上である場合（S203のN）、制御部600は、第3収容部130内の温度 $T_{<MH3>}$ が下限温度 $T_{<mh-l>}$ 未満であるか判断する（S206）。

[0106] 温度 $T_{<MH3>}$ が下限温度 $T_{<mh-l>}$ 未満である場合（S206のY）、制御部600は、温度 $T_{<FC>}$ が第1上限温度 $T_{<fc-h1>}$ 以下であるか判断する（S207）。温度 $T_{<FC>}$ が第1上限温度 $T_{<fc-h1>}$ 以下である場合（S207のY）、制御部600は、放出調節弁538を抑制状態として（S208）、本ルーチンを終了する。温度 $T_{<FC>}$ が第1上限温度 $T_{<fc-h1>}$ を上回る場合（S207のN）、制御部600は、異常対応制御を開始して（S209）、本ルーチンを終了する。

[0107] 温度 $T_{<MH3>}$ が下限温度 $T_{<mh-l>}$ 以上である場合（S206のN）、制御部600は、温度 $T_{<FC>}$ が第2上限温度 $T_{<fc-h2>}$ 以下であるか判断する（S210）。温度 $T_{<FC>}$ が第2上限温度 $T_{<fc-h2>}$ 以下である場合（S210のY）、制御部600は、放出調節弁538を開放状態として（S211）、本ルーチンを終了する。

[0108] 温度 $T_{<FC>}$ が第2上限温度 $T_{<fc-h2>}$ を上回る場合（S210のN）、制御部600は、温度 $T_{<FC>}$ が最大上限温度 $T_{<fc-h3>}$ を上回るか判断する（S212）。温度 $T_{<FC>}$ が最大上限温度 $T_{<fc-h3>}$ 以下である場合（S212のN）、制御部600は、放出調節弁538を抑制状態として（S213）、本ルーチンを終了する。温度 $T_{<FC>}$ が最大上限温度 $T_{<fc-h3>}$ を上回る場合（S212のY）、制御部600は、燃料電池300の発電出力を低減

させ、放出調節弁 538 を開放状態として (S214)、本ルーチンを終了する。

[0109] 以上説明した本実施形態に係る燃料電池システム 1 によっても、実施形態 1 と同様に、燃料電池システム 1 の起動時間の短縮化と燃料電池 300 への水素供給の安定化の両立を図ることができる。

[0110] 本発明は、上述の各実施形態に限定されるものではなく、当業者の知識に基づいて各種の設計変更等の変形を加えることも可能であり、そのような変形が加えられた実施の形態も本発明の範囲に含まれるものである。

[0111] (変形例 1)

変形例 1 に係る燃料電池システムは、燃料電池 300 の発電停止後に第 3 収容部 130 から第 1 収容部 110 および第 2 収容部 120 へ水素を供給する構成をさらに備えたものである。図 12 は、制御部および配管部カバーを取り外した状態の変形例 1 に係る燃料電池システムの概略斜視図である。

[0112] 本変形例に係る燃料電池システム 1 において、配管部 500 は、バイパス管 517、527 と、流路切替弁 518、528 とを備える。バイパス管 517 は、配管 512 の逆止弁 516 を迂回する配管である。バイパス管 517 は、その一端が配管 512 の逆止弁 516 よりも集合管 540 に近い側に継手 514 を介して連結され、他端が配管 512 の逆止弁 516 よりも第 1 収容部 110 に近い側に流路切替弁 518 を介して連結されている。流路切替弁 518 は例えば三方弁からなり、配管 512 とバイパス管 517 の他端とを接続している。流路切替弁 518 は、第 1 収容部 110 から逆止弁 516 を介してレギュレータ部 200 に至る水素の流れと、第 3 収容部 130 からバイパス管 517 を介して第 1 収容部 110 に至る水素の流れとを切り替え可能に構成されている。

[0113] 同様に、バイパス管 527 は、配管 522 の逆止弁 526 を迂回する配管である。バイパス管 527 は、その一端が配管 522 に継手 524 を介して連結され、他端が配管 522 に流路切替弁 528 を介して連結されている。流路切替弁 528 は、配管 522 とバイパス管 527 の他端とを接続してい

る。流路切替弁 528 は、第 2 収容部 120 から逆止弁 526 を介してレギュレータ部 200 に至る水素の流れと、第 3 収容部 130 からバイパス管 527 を介して第 2 収容部 120 に至る水素の流れとを切り替え可能に構成されている。

[0114] 燃料電池システム 1 は、配管 532 と、バイパス管 517, 527 とが主要部を構成する、第 3 収容部 130 から第 1 収容部 110 および第 2 収容部 120 へ水素を供給するための分配流路を備える。また、燃料電池システム 1 は、第 3 収容部 130 から燃料電池 300 へ水素を供給するための本流路と、分配流路とを切り替えるための流路切替部を備える。流路切替部は、レギュレータ部 200 と流路切替弁 518, 528 とで構成されている。

[0115] 続いて、上述の構成を備えた燃料電池システム 1 の運転制御の一例を説明する。図 13 (A) ~ 図 13 (C) は、変形例 1 に係る燃料電池システムの運転制御を説明するための概念図である。図 13 (A) は、燃料電池 300 の発電中、放出調節弁 538 が抑制状態にあるときの水素の流れを示している。図 13 (B) は、燃料電池 300 の発電中、放出調節弁 538 が開放状態にあるときの水素の流れを示している。図 13 (C) は、燃料電池 300 の発電が停止されたときの水素の流れを示している。

[0116] 図 13 (A) および図 13 (B) に示すように、制御部 600 は、燃料電池 300 の温度 T_{FC} および第 3 収容部 130 内の温度 T_{MH3} に応じて、第 3 収容部 130 からの水素の放出を切り替える。また、図 13 (C) に示すように、制御部 600 は、燃料電池 300 の発電停止後に、本流路から分配流路に切り替えるように流路切替部を制御する。このようにして、制御部 600 は、燃料電池 300 の発電停止後に、第 3 収容部 130 から第 1 収容部 110 および第 2 収容部 120 へ水素を供給する。具体的には、燃料電池 300 の発電停止後、放出調節弁 538 を開放状態にしたまま、レギュレータ部 200 の水素供給路を遮断し、流路切替弁 518, 528 をバイパス管 517, 527 と配管 512, 522 とが連通する状態に切り替える。

[0117] 燃料電池 300 の発電停止後は、燃料電池 300 から燃料収容ユニット 1

00への伝熱量が減少していくため、燃料収容ユニット100は徐々に冷却される。このとき、外側に位置する第1収容部110および第2収容部120は、内側に位置する第3収容部130よりも先に温度が下がり始める。そのため、第3収容部130からの水素放出は、第1収容部110および第2収容部120からの水素放出よりも長く継続する。そこで、本流路から分配流路に水素流路を切り替えると、分配流路を介して第3収容部130内の水素を第1収容部110および第2収容部120に供給することができる。

[0118] 第1収容部110および第2収容部120は、燃料電池300の運転開始直後から水素を放出する。そのため、第1収容部110および第2収容部120の水素は、第3収容部130の水素よりも消費されやすい。したがって、分配流路への流路切り替えにより第1収容部110および第2収容部120に第3収容部130内の水素を分配することで、各収容部における水素残量の均一化を図ることができる。その結果、次回の燃料電池システム1の運転開始時における第1収容部110および第2収容部120からの水素供給不足を回避することができ、水素供給のさらなる安定化を図ることができる。

[0119] 制御部600は、第1収容部110～第3収容部130が平衡状態となって内圧が均等化された後に、分配流路から、燃料電池300への水素流通が遮断された状態の本流路に切り替える。なお、上述した内圧の均等化は、各収容部の内圧を等しくする場合だけでなく、各収容部の内圧の差を所定範囲内とする場合を含めてもよい。内圧の均等化の程度は、設計者による実験やシミュレーションに基づき適宜設定することが可能である。

[0120] なお、本変形例1では、第3収容部130から第1収容部110および第2収容部120に水素を供給しているが、第1収容部110または第2収容部120のみに水素を供給してもよい。また、変形例1の構造は、実施形態2にも適用することができる。すなわち、分配流路を設けて第3収容部130から第1収容部110に水素を供給することができる。

[0121] (変形例2)

図14は、変形例2に係る燃料電池システムの構成を説明するための概念図である。なお、図14では、燃料電池300と、第1収容部110～第3収容部130のみを図示し、他の構成の図示を省略している。図14に示すように、変形例2に係る燃料電池システム1では、第1収容部110および第2収容部120が燃料電池300の中心部と接し、周縁部と接しないように構成されている。

[0122] 燃料電池300の周縁部は、中心部に比べて熱が外部に逃げやすい。そのため、燃料電池300は、周縁部よりも中心部の温度が上昇しやすい。そこで、第1収容部110および第2収容部120を燃料電池300の中心部のみと接触させることで、第1収容部110および第2収容部120を効率よく加熱することができる。また、燃料収容ユニット100の、燃料電池300と接する領域を除く表面を断熱材H1で被覆することで、第1収容部110あるいは第2収容部120から第3収容部130に対して、燃料電池300の熱をより高効率に伝達させることができる。なお、断熱材H1は設けなくてもよい。また、燃料電池300の周縁部には、第3収容部130を接触させてもよい。本変形例は、実施形態2にも適用することができる。

[0123] (その他の変形例)

上述の実施形態1では、燃料収容ユニット100内は3つの収容部に区画されているが、4つ以上の収容部に区画されていてもよい。この場合、第1収容部110および第2収容部120を除いた全ての収容部について、放出調節弁を設けてもよい。また、上述の実施形態2では、燃料収容ユニット100内は2つの収容部に区画されているが、3つ以上の収容部に区画されていてもよい。この場合、第1収容部110を除いた全ての収容部について、放出調節弁を設けてもよい。

[0124] 上述の各実施形態では、各収容部と燃料電池300とをつなぐ配管512, 522, 532には逆止弁516, 526, 536が設けられている。しかしながら、各収容部から送り出された水素は燃料電池300で消費されるため、燃料電池300側から燃料収容ユニット100へ水素が逆流する可能

性は低い。そのため、逆止弁 5 1 6, 5 2 6, 5 3 6 は設けられていなくてもよい。なお、第 1 収容部 1 1 0 あるいは第 2 収容部 1 2 0 の温度が高く、第 3 収容部 1 3 0 の温度が低い場合、第 1 収容部 1 1 0 あるいは第 2 収容部 1 2 0 から送り出された水素は、レギュレータ部 2 0 0 を介して燃料電池 3 0 0 に供給されるとともに、第 3 収容部 1 3 0 に流入する可能性がある。そのため、配管 5 3 2 にのみ逆止弁 5 3 6 を設けてもよい。

[0125] この場合は、燃料電池 3 0 0 の発電停止後、第 3 収容部 1 3 0 側から第 1 収容部 1 1 0 および／または第 2 収容部 1 2 0 に水素が供給されて、第 1 収容部 1 1 0 ～第 3 収容部 1 3 0（実施形態 2 では第 1 収容部 1 1 0 および第 3 収容部 1 3 0）における水素の平衡圧および吸蔵割合（全吸蔵量に対する吸蔵量）が略等しくなる。

[0126] 上述の各実施形態において、第 3 収容部 1 3 0 は、燃料電池 3 0 0 に熱的に接していてもよい。この場合、燃料電池 3 0 0 から第 3 収容部 1 3 0 への伝熱量は、燃料電池 3 0 0 から第 1 収容部 1 1 0 および第 2 収容部 1 2 0（実施形態 2 では燃料電池 3 0 0 から第 1 収容部 1 1 0）への伝熱量に比べて小さい。あるいは、燃料電池 3 0 0 から第 3 収容部 1 3 0 への伝熱量は、第 1 収容部 1 1 0 および第 2 収容部 1 2 0 から第 3 収容部 1 3 0（実施形態 2 では第 1 収容部 1 1 0 から第 3 収容部 1 3 0）への伝熱量に比べて小さい。

符号の説明

[0127] 1 燃料電池システム、 1 0 0 燃料収容ユニット、 1 1 0 第 1 収容部、 1 2 0 第 2 収容部、 1 3 0 第 3 収容部、 3 0 0 燃料電池、 5 3 8 放出調節弁、 6 0 0 制御部、 6 1 0 a, 6 1 0 b 温度センサ、 6 1 2 温度センサ。

産業上の利用可能性

[0128] 本発明は、燃料電池システムおよびその制御方法に適用可能である。

請求の範囲

- [請求項1] 燃料電池に供給される水素を貯蔵する水素吸蔵合金を収容するための2つの収容部を少なくとも有し、当該2つの収容部が互いに熱的に接するように配置された燃料収容部と、
前記2つの収容部のうち一方の収容部と熱的に接するように配置された燃料電池と、
前記2つの収容部のうち他方の収容部からの水素放出を抑制する抑制状態と、当該抑制状態が解除された開放状態とを切り替え可能な放出調節部と、
前記燃料電池の温度 $T_{<FC>}$ を検知するための第1温度検知部と、
前記他方の収容部内の温度 $T_{<MH>}$ を検知するための第2温度検知部と、
前記温度 $T_{<FC>}$ が所定の温度 $T_{<fc-l>}$ 未満のときは前記開放状態となり、前記温度 $T_{<FC>}$ が前記温度 $T_{<fc-l>}$ 以上のときは、前記温度 $T_{<MH>}$ が所定の温度 $T_{<mh-l>}$ 未満のときに前記抑制状態となり、前記温度 $T_{<MH>}$ が前記温度 $T_{<mh-l>}$ 以上のときに前記開放状態となるように、前記第1温度検知部および前記第2温度検知部から得た温度に応じて前記放出調節部を制御するための制御部と、
を備えたことを特徴とする燃料電池システム。
- [請求項2] 前記制御部は、 $T_{<FC>} \geq T_{<fc-l>}$ かつ $T_{<MH>} < T_{<mh-l>}$ の条件下で、さらに前記温度 $T_{<FC>}$ が前記温度 $T_{<fc-l>}$ よりも高い所定の温度 $T_{<fc-h1>}$ を上回る場合に、異常対応制御を実施する請求項1に記載の燃料電池システム。
- [請求項3] 前記制御部は、 $T_{<FC>} > T_{<fc-l>}$ かつ $T_{<MH>} \geq T_{<mh-l>}$ の条件下で、さらに前記温度 $T_{<FC>}$ が前記温度 $T_{<fc-l>}$ よりも高い所定の温度 $T_{<fc-h2>}$ を上回る場合に、前記抑制状態となるように前記放出調節部を制御する請求項1または2に記載の燃料電池システム。
- [請求項4] 前記制御部は、 $T_{<FC>} > T_{<fc-l>}$ 、 $T_{<MH>} \geq T_{<mh-l>}$ 、かつ T

$T_{<FC>} > T_{<fc-h2>}$ の条件下で、さらに前記温度 $T_{<FC>}$ が前記温度 $T_{<fc-h2>}$ よりも高い所定の温度 $T_{<fc-h3>}$ を上回る場合に、前記燃料電池の発電出力を低減させ、前記開放状態となるように前記放出調節部を制御する請求項 3 に記載の燃料電池システム。

[請求項5] 前記制御部は、前記温度 $T_{<FC>}$ および前記温度 $T_{<MH>}$ にかかわらず、前記燃料収容部の水素収容量が所定量未満である場合に、前記開放状態となるように前記放出調節部を制御する請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の燃料電池システム。

[請求項6] 前記燃料収容部は、第 1 ～ 第 3 収容部を少なくとも有し、
前記第 1 ～ 第 3 収容部は、第 1 収容部および第 2 収容部が最外側に、第 3 収容部が第 1 収容部と第 2 収容部の間で第 1 収容部および第 2 収容部と熱的に接するようにそれぞれ配置され、

一方が前記第 1 収容部と、他方が前記第 2 収容部とそれぞれ熱的に接するように配置された一对の燃料電池を備え、

前記第 2 温度検知部は、前記第 3 収容部内の温度 $T_{<MH3>}$ を検知し、

前記放出調節部は、前記第 3 収容部からの水素放出を抑制する抑制状態と、当該抑制状態が解除された開放状態とを切り替え可能であり、

前記制御部は、前記一对の燃料電池のうち温度が高い方の燃料電池の温度 $T_{<FC-H>}$ が前記温度 $T_{<fc-l>}$ 未満のときは前記開放状態となり、前記温度 $T_{<FC-H>}$ が前記温度 $T_{<fc-l>}$ 以上のときは、前記温度 $T_{<MH3>}$ が前記温度 $T_{<mh-l>}$ 未満のときに前記抑制状態となり、前記温度 $T_{<MH3>}$ が前記温度 $T_{<mh-l>}$ 以上のときに前記開放状態となるように前記放出調節部を制御する請求項 1 に記載の燃料電池システム。

[請求項7] 前記制御部は、 $T_{<FC-H>} \geq T_{<fc-l>}$ かつ $T_{<MH3>} < T_{<mh-l>}$ の条件下で、さらに温度が低い方の燃料電池の温度 $T_{<FC-L>}$ が前記温

度 $T_{<fc-l>}$ 未満で、かつ前記温度 $T_{<FC-H>}$ と前記温度 $T_{<FC-L>}$ との差が所定のしきい値 T_1 を上回る場合、前記開放状態となるように前記放出調節部を制御する請求項 6 に記載の燃料電池システム。

[請求項 8] 前記制御部は、 $T_{<FC-H>} \geq T_{<fc-l>}$ かつ $T_{<MH3>} \geq T_{<mh-l>}$ の条件下で、さらに温度が低い方の燃料電池の温度 $T_{<FC-L>}$ が前記温度 $T_{<fc-l>}$ 未満で、かつ前記温度 $T_{<FC-H>}$ と前記温度 $T_{<FC-L>}$ との差が所定のしきい値 T_1 を上回る場合、前記開放状態となるように前記放出調節部を制御する請求項 6 に記載の燃料電池システム。

[請求項 9] 前記制御部は、 $T_{<FC-H>} > T_{<fc-l>}$ かつ $T_{<MH3>} < T_{<mh-l>}$ の条件下で、さらに前記温度 $T_{<FC-H>}$ が前記温度 $T_{<fc-l>}$ よりも高い所定の温度 $T_{<fc-h1>}$ を上回る場合に、異常対応制御を実施する請求項 6 乃至 8 のいずれか 1 項に記載の燃料電池システム。

[請求項 10] 前記制御部は、 $T_{<FC-H>} > T_{<fc-l>}$ かつ $T_{<MH3>} \geq T_{<mh-l>}$ の条件下で、さらに前記温度 $T_{<FC-H>}$ が前記温度 $T_{<fc-l>}$ よりも高い所定の温度 $T_{<fc-h2>}$ を上回る場合に、前記抑制状態となるように前記放出調節部を制御する請求項 6 乃至 9 のいずれか 1 項に記載の燃料電池システム。

[請求項 11] 前記制御部は、 $T_{<FC-H>} > T_{<fc-l>}$ 、 $T_{<MH3>} \geq T_{<mh-l>}$ 、かつ $T_{<FC-H>} > T_{<fc-h2>}$ の条件下で、さらに温度が低い方の燃料電池の温度 $T_{<FC-L>}$ が前記温度 $T_{<fc-h2>}$ 以下で、かつ前記温度 $T_{<FC-H>}$ と前記温度 $T_{<FC-L>}$ との差が所定のしきい値 T_2 を上回る場合、前記開放状態となるように前記放出調節部を制御する請求項 10 に記載の燃料電池システム。

[請求項 12] 前記制御部は、 $T_{<FC-H>} > T_{<fc-l>}$ 、 $T_{<MH3>} \geq T_{<mh-l>}$ 、かつ $T_{<FC-H>} > T_{<fc-h2>}$ の条件下で、さらに温度が低い方の燃料電池の温度 $T_{<FC-L>}$ が前記温度 $T_{<fc-h2>}$ を上回る場合、前記燃料電池の発電出力を低減させ、前記開放状態となるように前記放出調節部を制御する請求項 10 に記載の燃料電池システム。

[請求項13] 前記制御部は、前記温度 $T_{<FC-H>}$ 、温度が低い方の燃料電池の温度 $T_{<FC-L>}$ および前記温度 $T_{<MH3>}$ にかかわらず、前記燃料収容部の水素収容量が所定量未満である場合に、前記開放状態となるように前記放出調節部を制御する請求項6乃至12のいずれか1項に記載の燃料電池システム。

[請求項14] 燃料電池に供給される水素を貯蔵する水素吸蔵合金を収容するための2つの収容部を少なくとも有し、当該2つの収容部が互いに熱的に接するように配置された燃料収容部と、前記2つの収容部のうち一方の収容部と熱的に接するように配置された燃料電池と、を備えた燃料電池システムの制御方法であって、

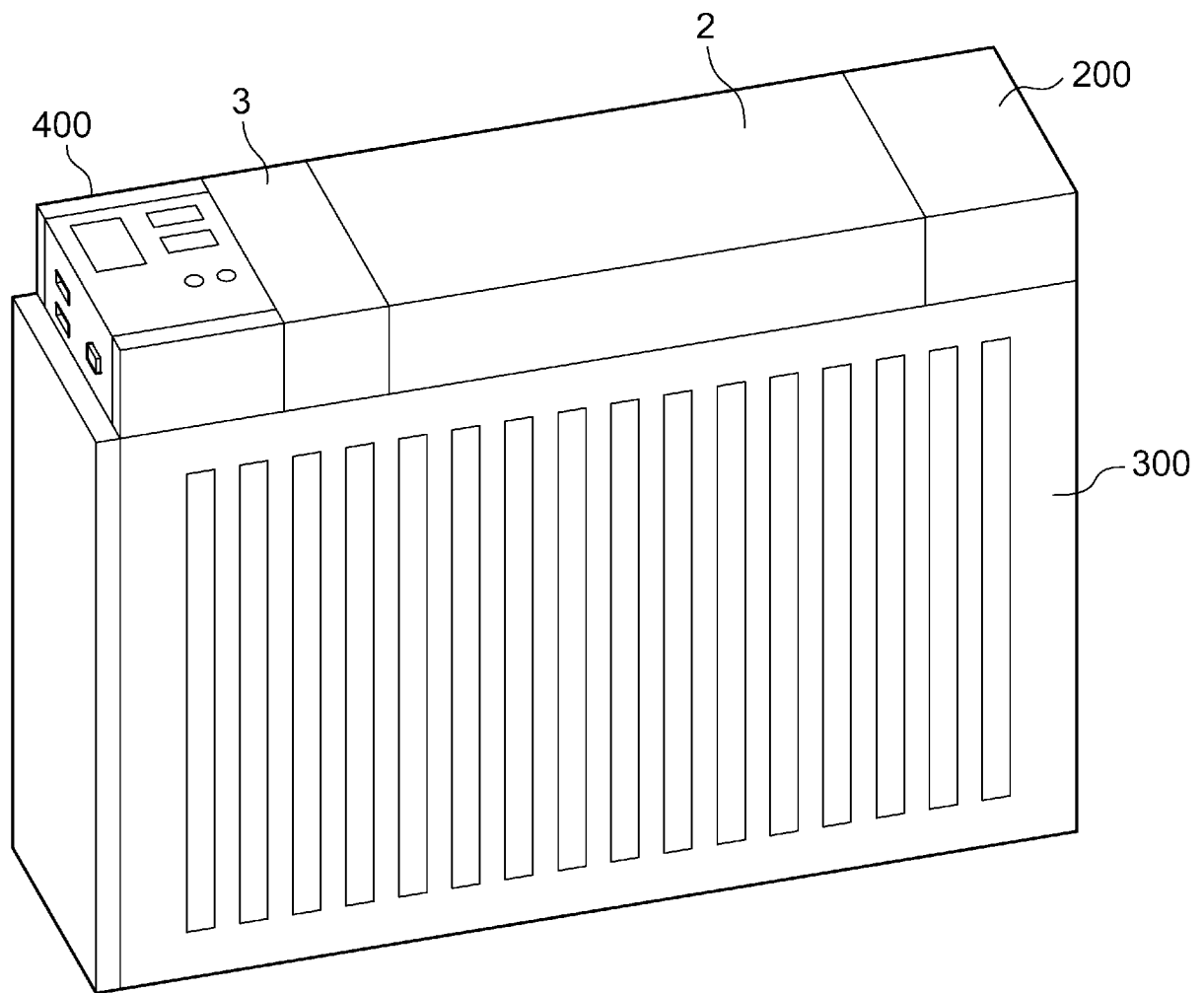
前記燃料電池の温度 $T_{<FC>}$ が所定の温度 $T_{<fc-l>}$ 未満のときは他方の収容部から水素を放出し、前記温度 $T_{<FC>}$ が前記温度 $T_{<fc-l>}$ 以上のときは、前記他方の収容部内の温度 $T_{<MH>}$ が所定の温度 $T_{<mh-l>}$ 未満のときに前記他方の収容部からの水素放出を抑制し、前記温度 $T_{<MH>}$ が前記温度 $T_{<mh-l>}$ 以上のときに前記他方の収容部から水素を放出することを特徴とする燃料電池システムの制御方法。

[請求項15] 燃料電池に供給される水素を貯蔵する水素吸蔵合金を収容するための第1～第3収容部を少なくとも有し、第1収容部および第2収容部が最外側に、第3収容部が第1収容部と第2収容部の間で第1収容部および第2収容部と熱的に接するようにそれぞれ配置された燃料収容部と、一方が前記第1収容部と、他方が前記第2収容部とそれぞれ熱的に接するように配置された一対の燃料電池と、を備えた燃料電池システムの制御方法であって、

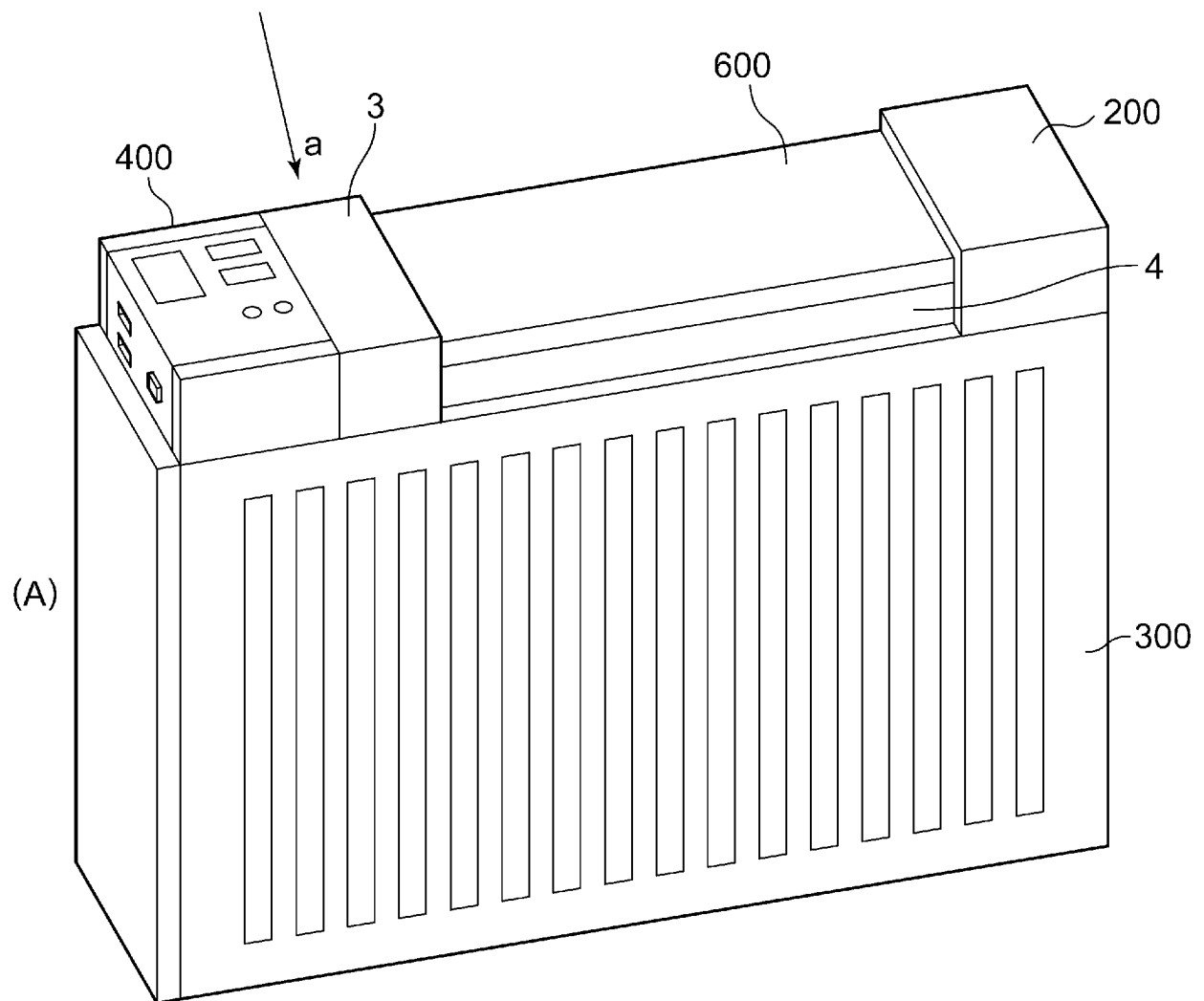
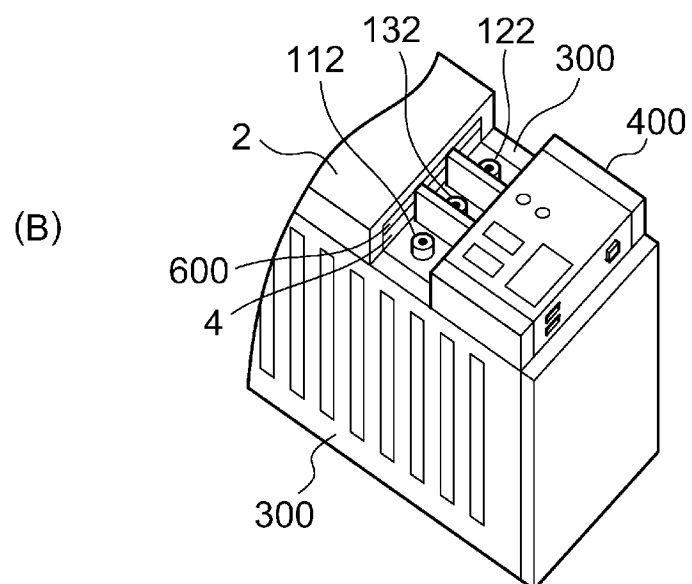
前記一対の燃料電池のうち温度が高い方の燃料電池の温度 $T_{<FC-H>}$ が所定の温度 $T_{<fc-l>}$ 未満のときは前記第3収容部から水素を放出し、前記温度 $T_{<FC-H>}$ が前記温度 $T_{<fc-l>}$ 以上のときは、前記第3収容部内の温度 $T_{<MH3>}$ が所定の温度 $T_{<mh-l>}$ 未満のときに前記第3収容部からの水素放出を抑制し、前記温度 $T_{<MH3>}$ が前記温度 $T_{<m$

$h - l >$ 以上のときに前記第 3 収容部から水素を放出することを特徴とする燃料電池システムの制御方法。

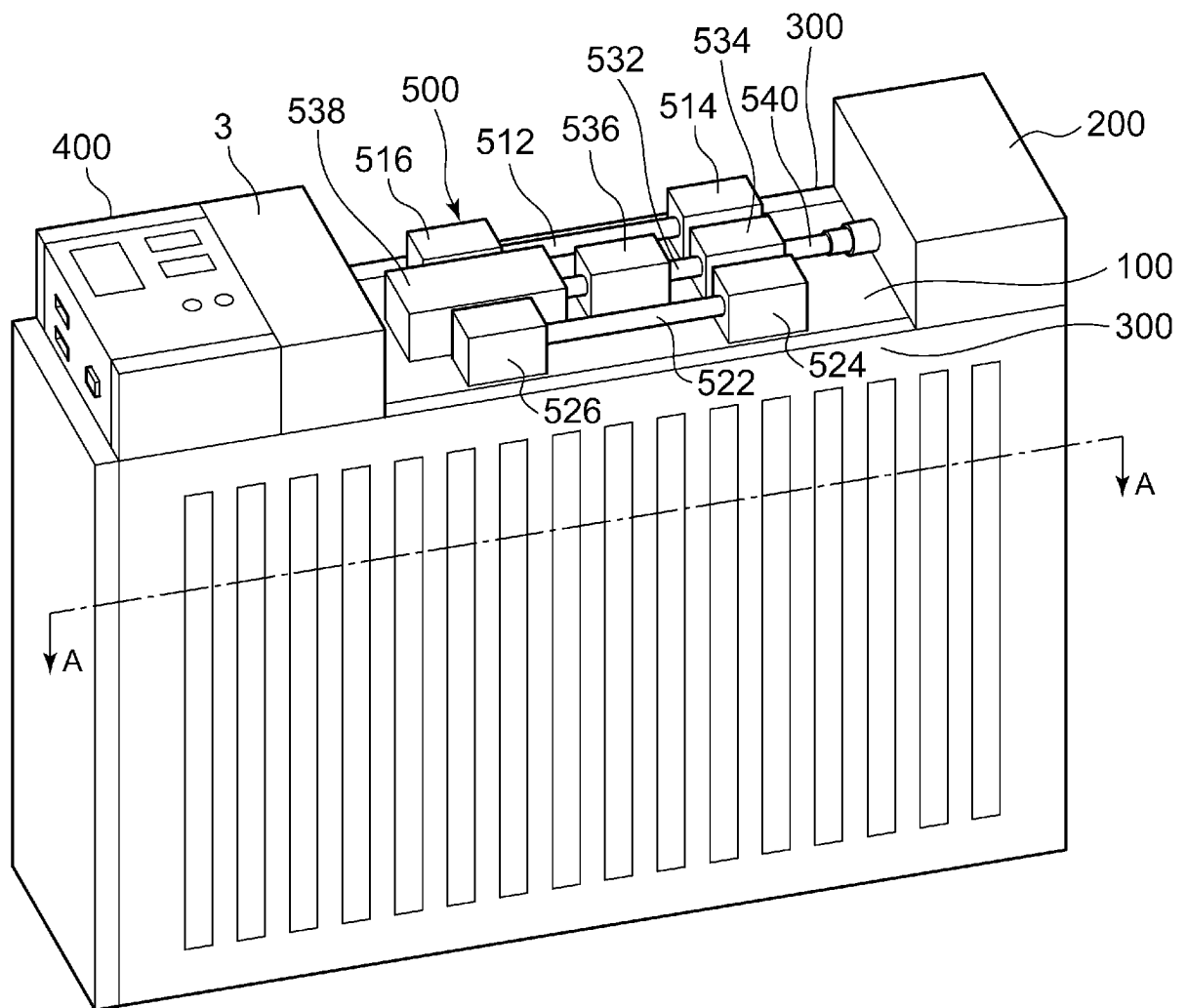
[図1]

1

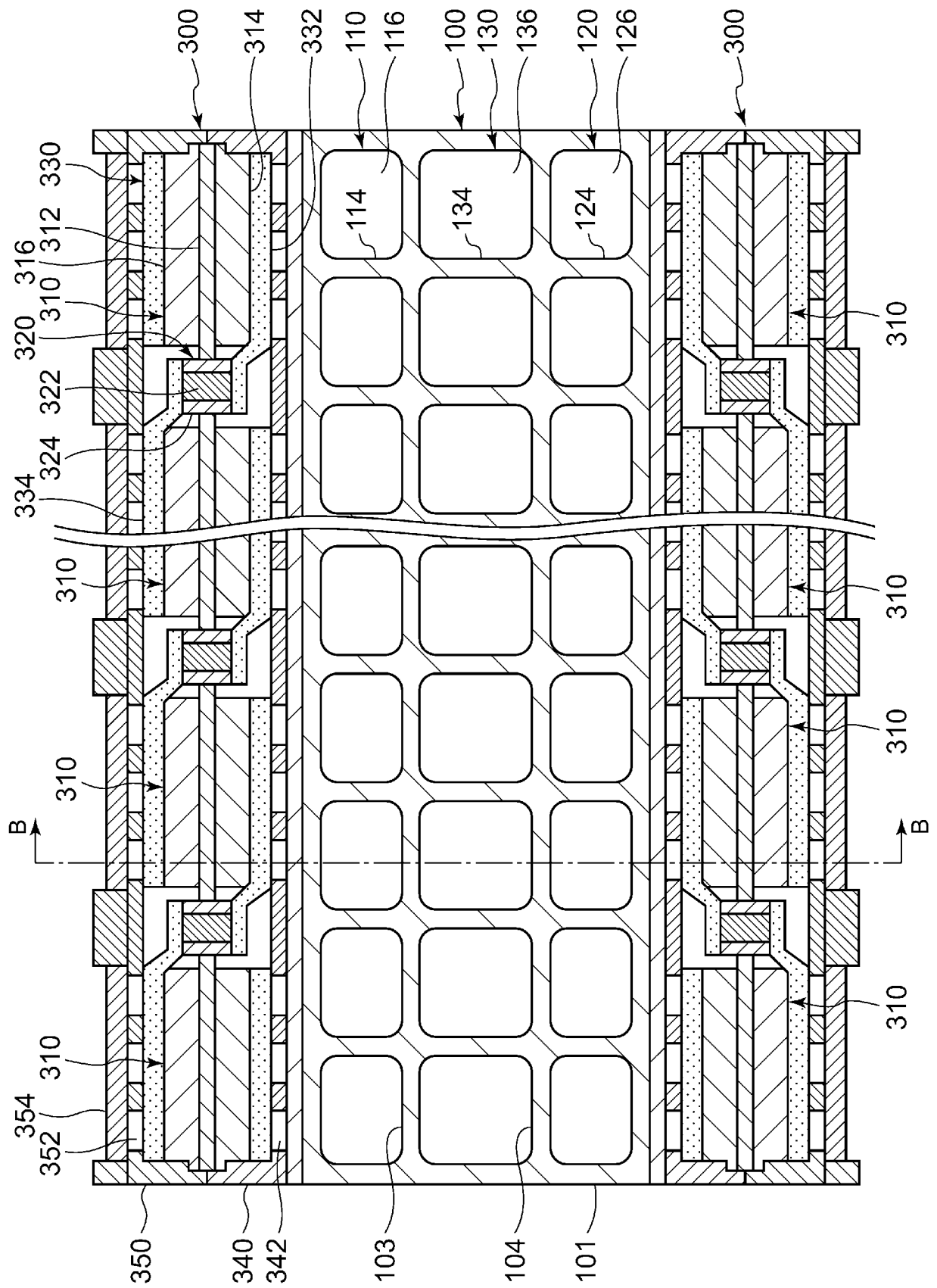
[図2]

1

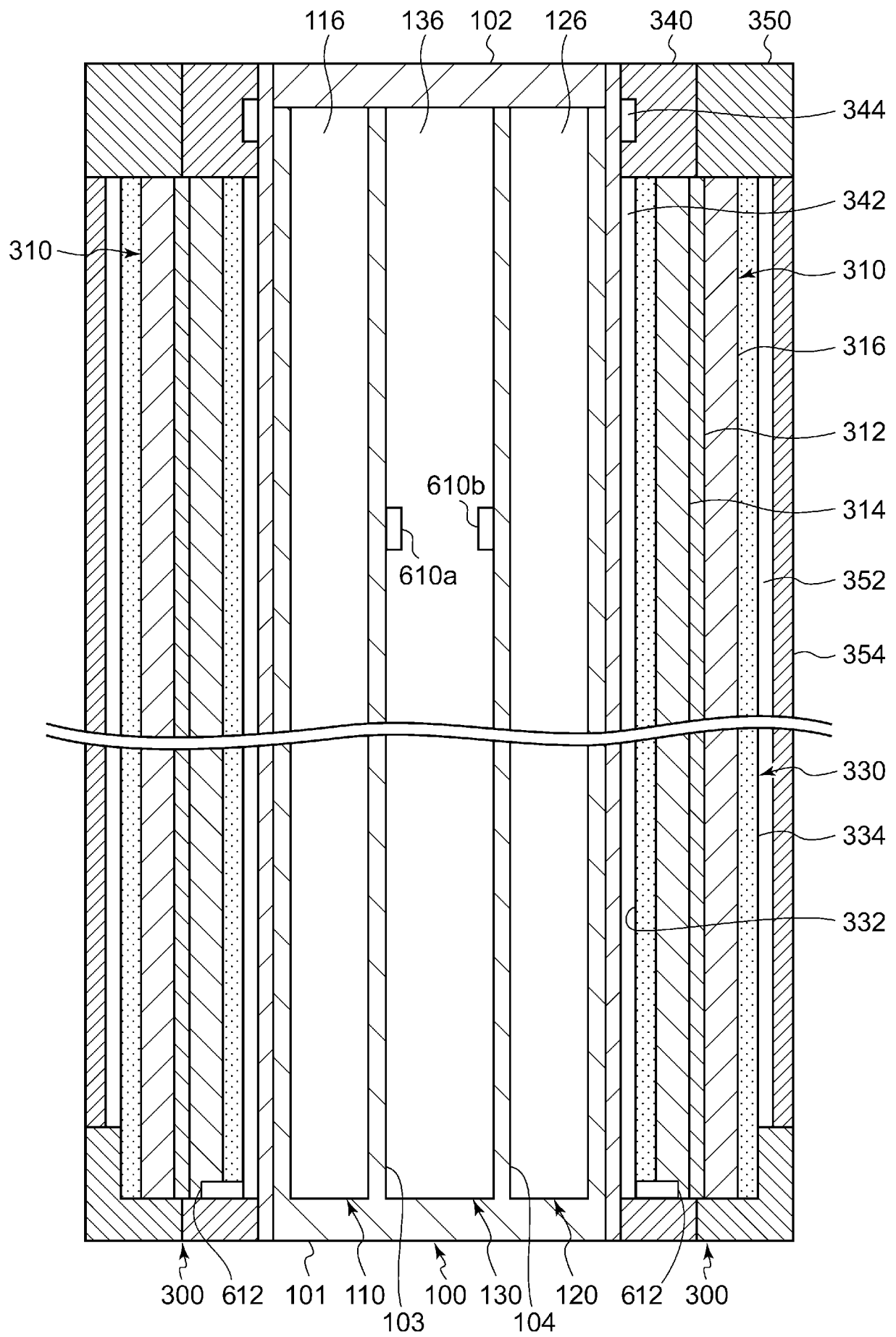
[図3]

1

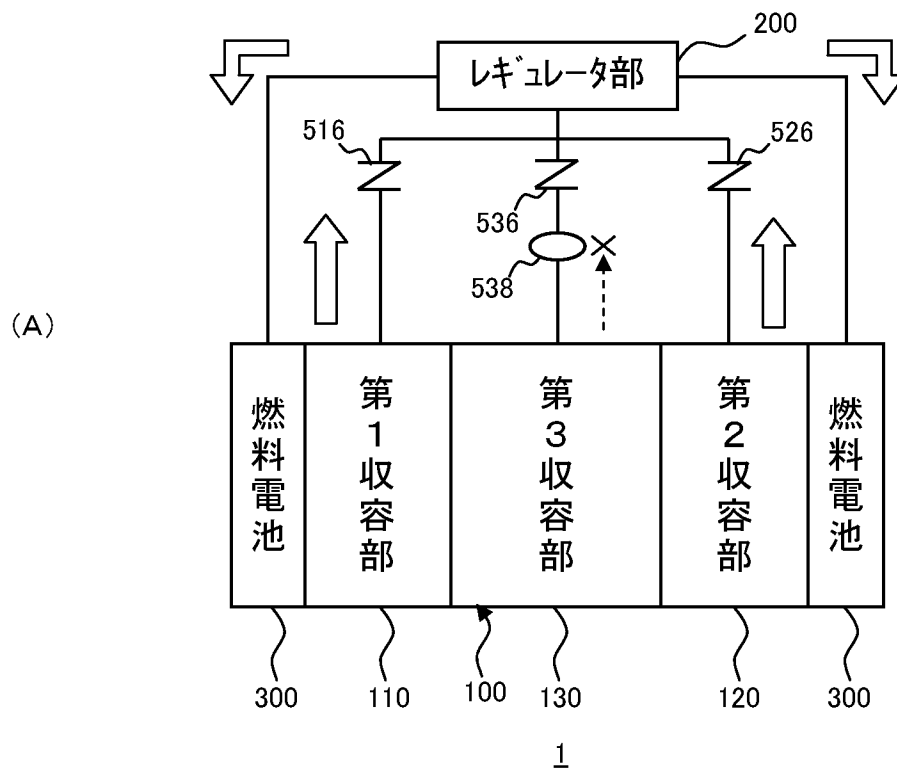
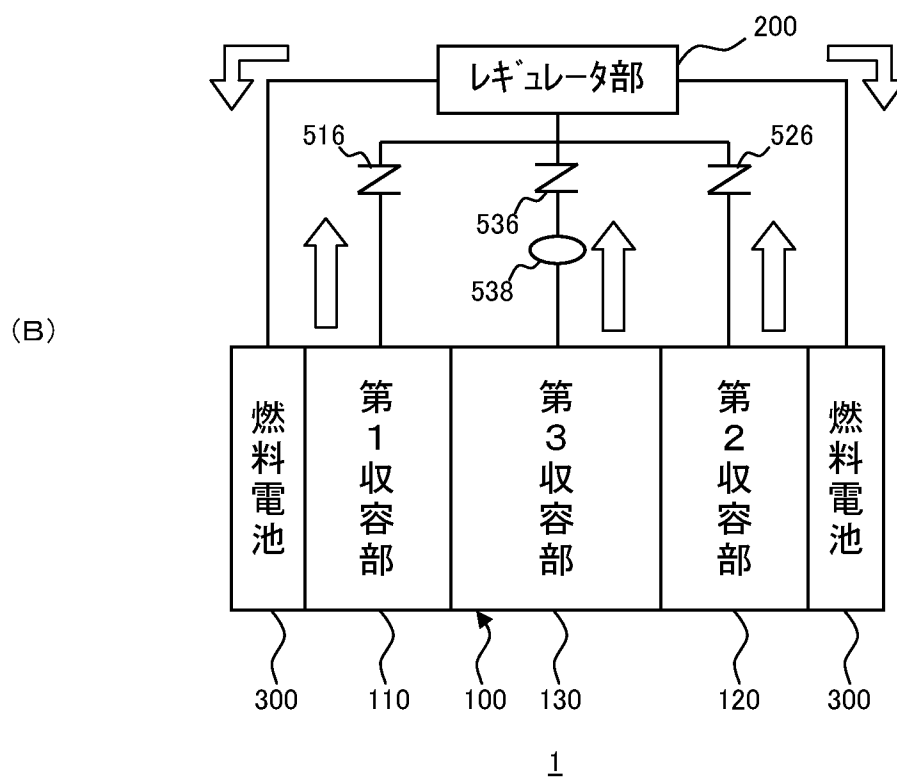
[図4]



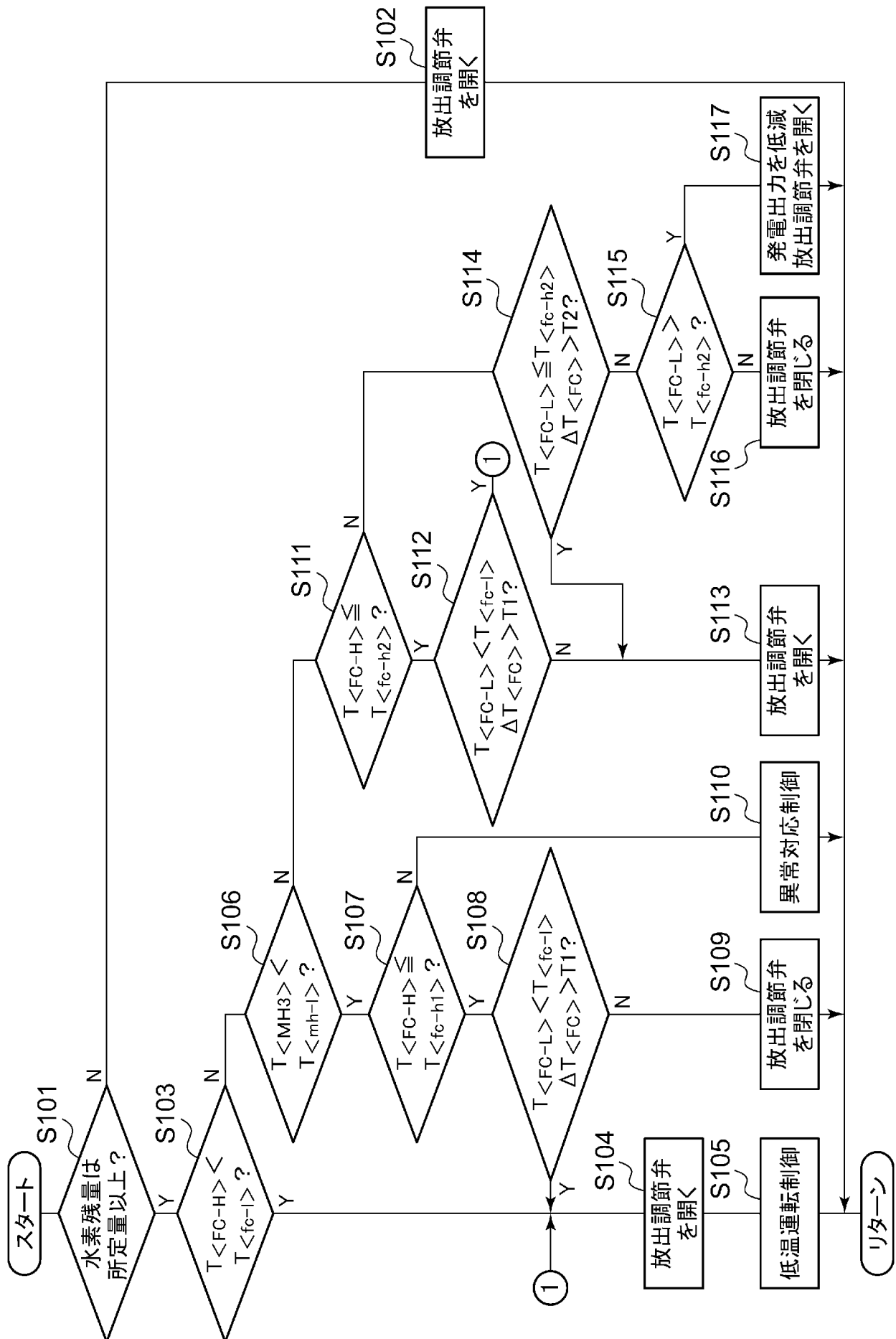
[図5]



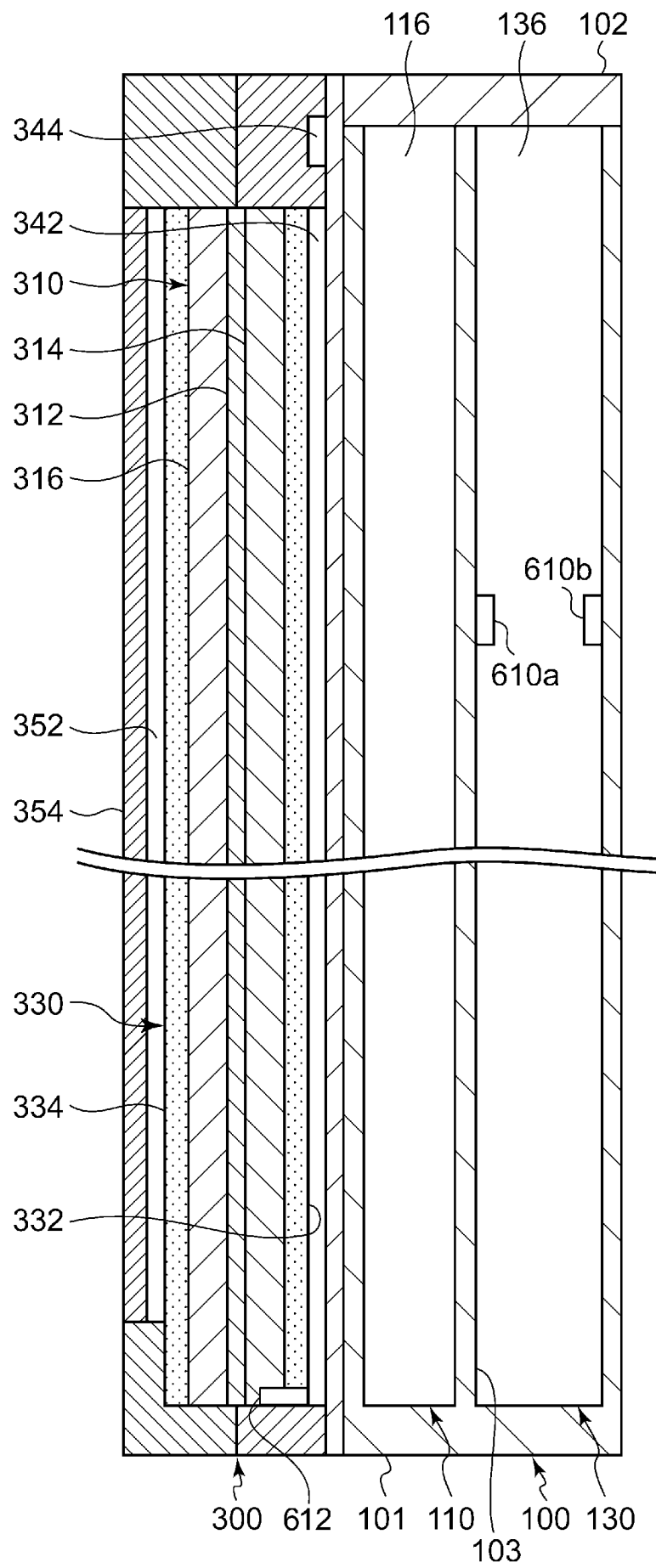
[図6]



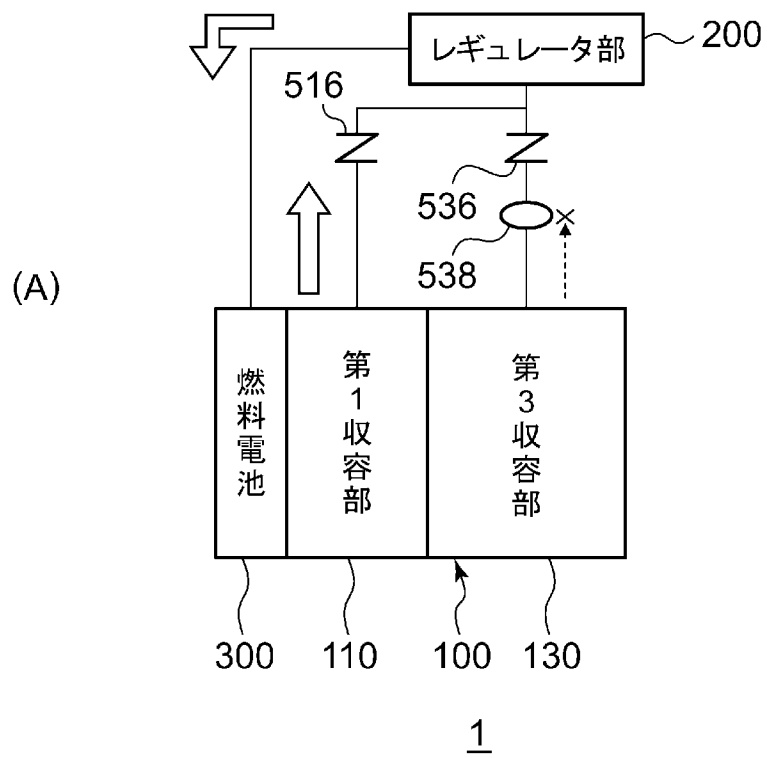
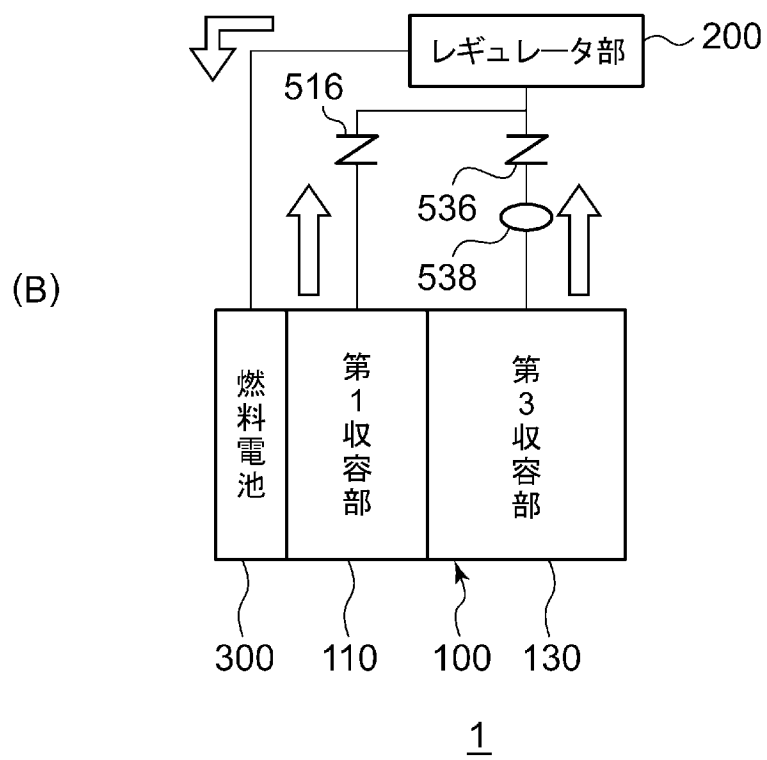
[図7]



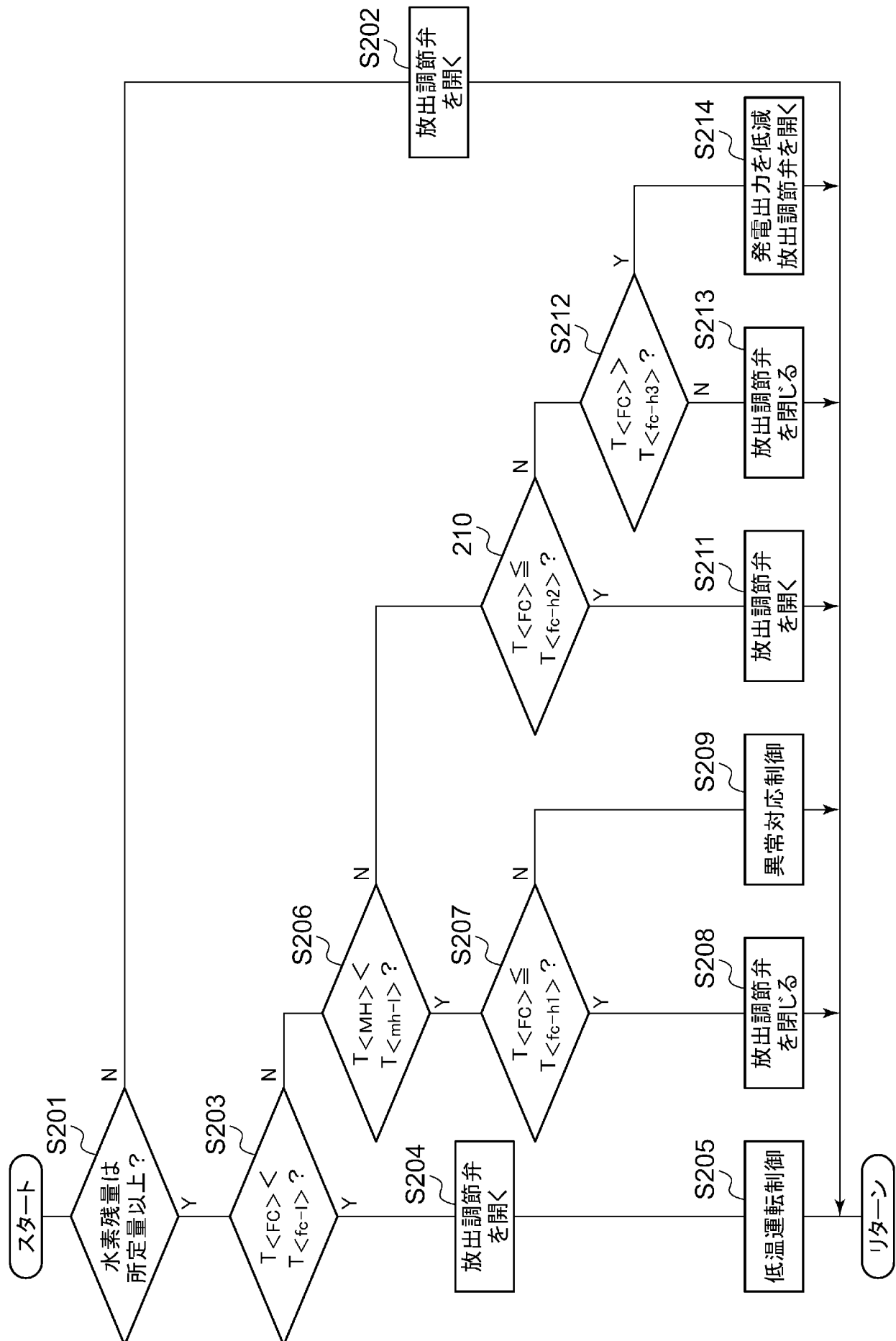
[図9]



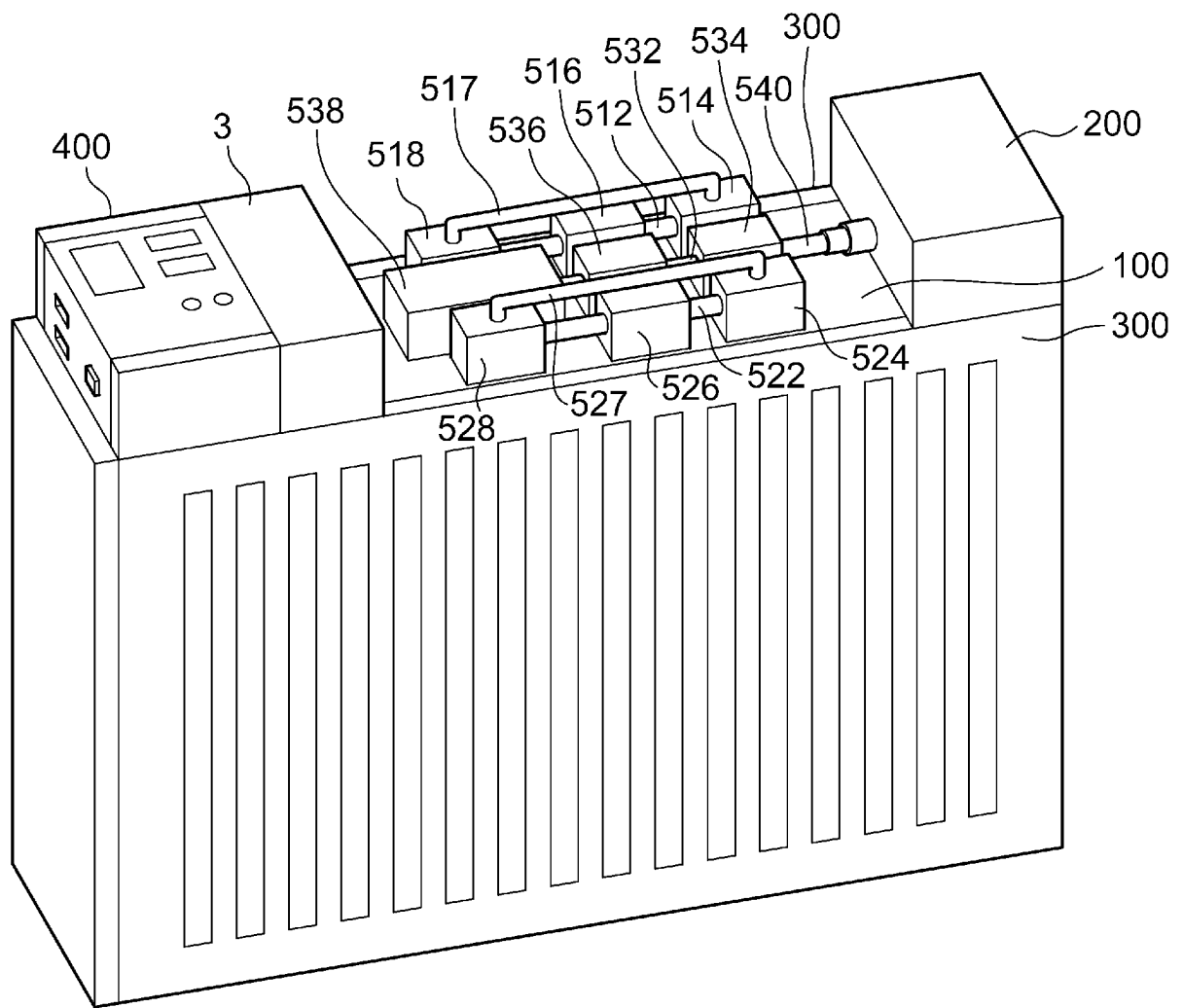
[図10]



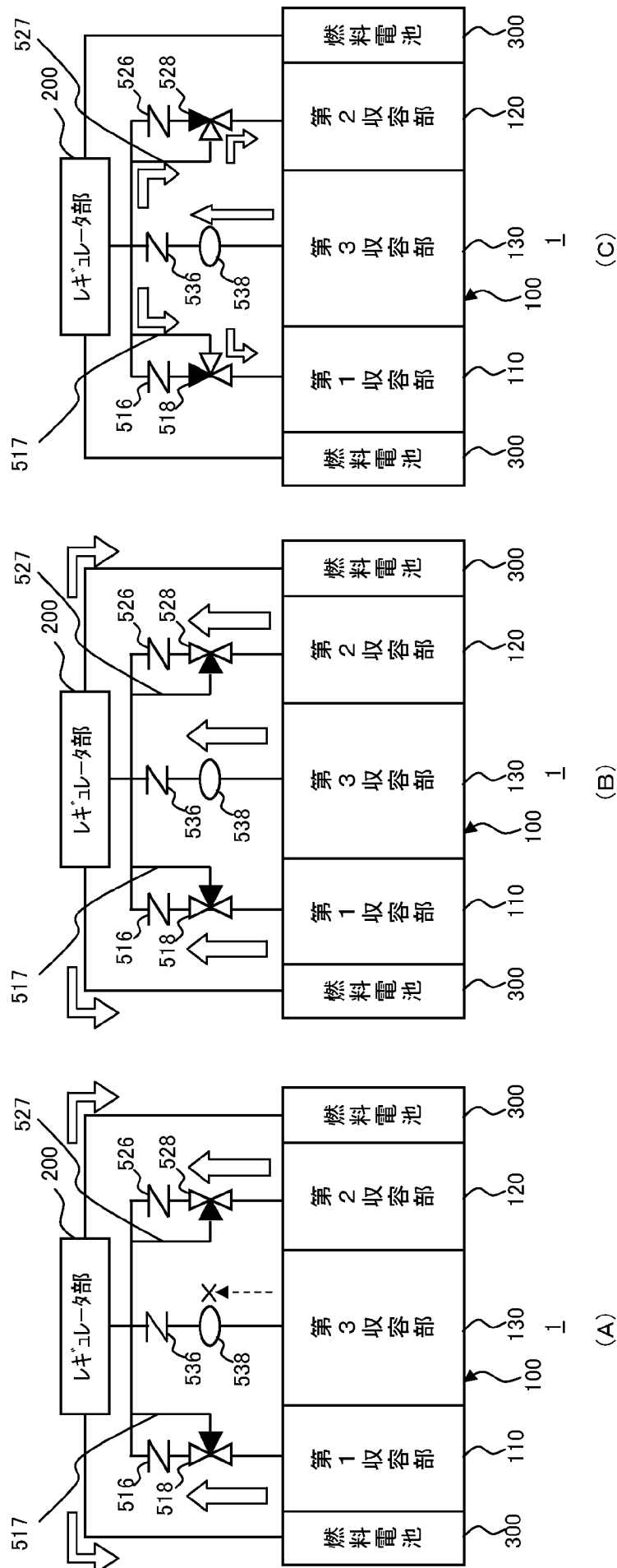
[図11]



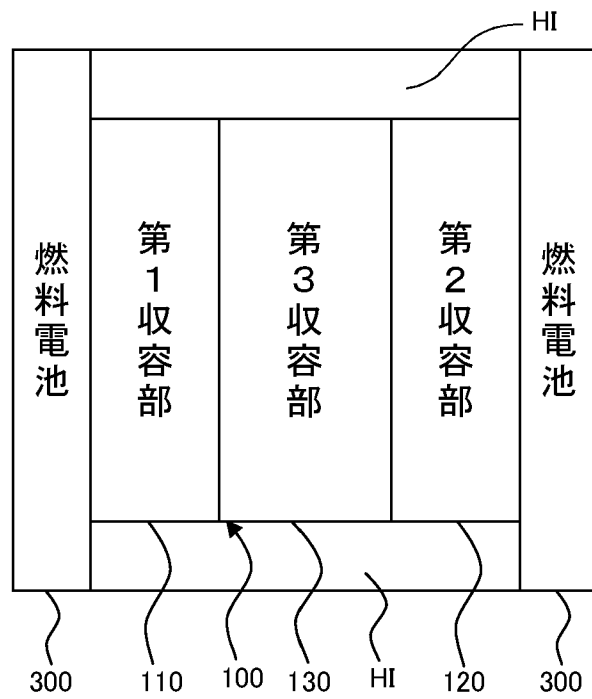
[図12]



[図13]



[図14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/002753

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)

H01M8/00-8/24

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.
A	JP 2010-238539 A (Sanyo Electric Co., Ltd.), 21 October 2010 (21.10.2010), entire text; all drawings (Family: none)	1-15
A	JP 2010-27217 A (Toyota Motor Corp.), 04 February 2010 (04.02.2010), entire text; all drawings (Family: none)	1-15
A	JP 2001-302201 A (Toyota Motor Corp.), 31 October 2001 (31.10.2001), entire text; all drawings (Family: none)	1-15

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

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

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

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

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

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

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

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

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

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
09 July, 2012 (09.07.12)

Date of mailing of the international search report
17 July, 2012 (17.07.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/002753

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2002-60201 A (Honda Motor Co., Ltd.), 26 February 2002 (26.02.2002), entire text; all drawings (Family: none)	1-15
A	JP 2006-179257 A (Honda Motor Co., Ltd.), 06 July 2006 (06.07.2006), entire text; all drawings (Family: none)	1-15
A	JP 2005-183012 A (Honda Motor Co., Ltd.), 07 July 2005 (07.07.2005), entire text; all drawings (Family: none)	1-15
A	JP 2003-86213 A (Toyota Motor Corp.), 20 March 2003 (20.03.2003), entire text; all drawings & US 2003/0049501 A1 & EP 1291949 A2	1-15

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. H01M8/00-8/24

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
A	JP 2010-238539 A (三洋電機株式会社) 2010. 10. 21, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-15
A	JP 2010-27217 A (トヨタ自動車株式会社) 2010. 02. 04, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-15
A	JP 2001-302201 A (トヨタ自動車株式会社) 2001. 10. 31, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-15

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と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

09.07.2012

国際調査報告の発送日

17.07.2012

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

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)

八木 誠

3H

9348

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
A	JP 2002-60201 A (本田技研工業株式会社) 2002. 02. 26, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1 - 1 5
A	JP 2006-179257 A (本田技研工業株式会社) 2006. 07. 06, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1 - 1 5
A	JP 2005-183012 A (本田技研工業株式会社) 2005. 07. 07, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1 - 1 5
A	JP 2003-86213 A (トヨタ自動車株式会社) 2003. 03. 20, 全文, 全図 & US 2003/0049501 A1 & EP 1291949 A2	1 - 1 5