

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号  
特許第5998946号  
(P5998946)

(45) 発行日 平成28年9月28日 (2016. 9. 28)

(24) 登録日 平成28年9月9日 (2016. 9. 9)

(51) Int. Cl.

F I

F 1 7 C 13/02 (2006. 01)

F 1 7 C 7/00 (2006. 01)

H O 1 M 8/04 (2016. 01)

H O 1 M 8/10 (2016. 01)

F 1 7 C 13/02 3 O 1 A

F 1 7 C 7/00 A

H O 1 M 8/04 J

H O 1 M 8/10

請求項の数 3 (全 18 頁)

|           |                               |           |                           |
|-----------|-------------------------------|-----------|---------------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2013-3201 (P2013-3201)      | (73) 特許権者 | 000003207                 |
| (22) 出願日  | 平成25年1月11日 (2013. 1. 11)      |           | トヨタ自動車株式会社                |
| (65) 公開番号 | 特開2014-134259 (P2014-134259A) |           | 愛知県豊田市トヨタ町1番地             |
| (43) 公開日  | 平成26年7月24日 (2014. 7. 24)      | (74) 代理人  | 110000028                 |
| 審査請求日     | 平成27年11月12日 (2015. 11. 12)    |           | 特許業務法人明成国際特許事務所           |
|           |                               | (74) 代理人  | 100097146                 |
|           |                               |           | 弁理士 下出 隆史                 |
|           |                               | (72) 発明者  | 増井 孝年                     |
|           |                               |           | 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内 |
|           |                               | 審査官       | 佐野 健治                     |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ガス供給システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

燃料ガスを常圧より高圧で圧縮貯留した高圧タンクから、前記燃料ガスをガス消費機器に供給するガス供給システムであって、

前記ガス消費機器に前記燃料ガスを供給する前記高圧タンクのタンク圧力  $p_t$  に対応する検出ガス圧信号  $p_{ts}$  を、式 (1) に則って出力するガス圧センサーと、

式 (1) 検出ガス圧信号  $p_{ts} = \text{傾き} k \times \text{タンク圧力 } p_t + \text{オフセット値 } ofs$  ;

前記ガス消費機器で消費されるガス消費量を前記ガス消費機器の駆動状況から算出ガス消費量として求める消費量算出部と、

前記高圧タンクに残存する前記燃料ガスのガス残存量を前記ガス圧センサーからの前記検出ガス圧信号  $p_{ts}$  を用いて検出する検出部とを備え、

該検出部は、

前記消費量算出部が前記ガス消費量を求める際の前記検出ガス圧信号  $p_{ts}$  に基づいて前記タンク圧力  $p_t$  のガス圧降下率を演算し、該演算した前記ガス圧降下率を前記検出ガス圧信号  $p_{ts}$  を用いた前記ガス残存量の検出に利用することで、式 (1) における前記オフセット値  $ofs$  が前記検出ガス圧信号  $p_{ts}$  を用いた前記ガス残存量の検出に及ぼす影響を排除し、

前記ガス消費機器における前記ガス消費量と前記高圧タンクのタンク圧力の低下分である低下ガス圧との対応関係を予め規定し、該規定した前記対応関係と前記算出ガス消費量

を用いて、式（１）における前記傾き  $k$  を補正する

ガス供給システム。

【請求項 2】

前記検出部は、前記消費量算出部の求めた前記算出ガス消費量が予め定めたガス消費量に達するまでは、前記検出ガス圧信号  $p_t s$  を用いた前記燃料ガスの残存量の検出を行わない請求項 1 に記載のガス供給システム。

【請求項 3】

前記ガス消費機器は燃料電池である請求項 1 または請求項 2 に記載のガス供給システム。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、ガス供給システムに関する。

【背景技術】

【0002】

燃料電池は、燃料ガスを消費するガス消費機器であり、供給を受けた燃料ガスと酸化剤ガスとの電気化学反応によって発電する。ガス消費機器の一形態である燃料電池は、例えば車両の動力発生源として、或いは発電プラントの基幹機器として利用され、燃料ガスはタンクに貯留される。燃料ガス貯留に当たっては、車両走行距離を延ばすべく、或いは、発電継続時間の長期化を図るべく、燃料ガスは、常圧（大気圧）より高圧で圧縮を受けて高圧タンクに圧縮貯留される。高圧タンク内の燃料ガスは、燃料電池の発電に伴い消費されるので、燃料ガスの残存量の検出手法が種々提案されている（例えば、特許文献 1）。この検出手法では、ガス流路に設けた燃料遮断機構を駆動してガス流通を図った後の所定時間内において、燃料遮断機構より下流側の圧力センサーにて単位時間当たりの圧力変化を検出し、その圧力変化の値が予め定めた圧力変化の値以下であると、ガス残存量が予め定めた残存量以下であるとしている。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2009-117191 号公報

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、高圧タンクでのガス貯留状態は、満充填の状態から残存量が少ない状態に亘る広範囲なことから、高圧タンクからガス流路に排出されるガス圧も広範囲となる。そして、燃料遮断機構の駆動を介したガス流通は、高圧範囲のガス圧から低圧範囲のガス圧までの種々のガス圧状況下でなされるので、圧力変化を検出する圧力センサーにあっては、広範囲に亘って高い検出精度が必要とされる。このため、上記のように、ガス残存量が予め定めた残存量以下であるか否かの判断を下すに過ぎないにも拘わらず、広範囲に亘って高い検出精度の高価な高圧センサーが必要となり、燃料電池システムのコストアップが指摘されるに到った。また、広範囲に亘って高い検出精度の高圧センサーを用いたとしても、ガス残存量が予め定めた残存量以下であるか否かの判断を下しているに過ぎず、ガス残存量を少量側において検出することがなされていないのが、実情である。また、上記の予め定めた残存量を、タンクへのガス充填を促すべき残存量（以下、充填喚起残存量）として規定すれば、車両操作者にガス充填の必要性を認知でき、有益である。しかしながら、ガス残存量を少量側において検出していない故、上記の予め定めた残存量をある程度の余裕を持った充填残存量として規定して、早めにガス充填を喚起せざるを得ないのが実情である。こうしたことから、高圧タンクのガス残存量を少量側において高精度に検出することが要請されている。また、燃料電池システムにおいて、発電性能の向上や、耐久性の向上、省資源化、製造の容易化、使い勝手の向上等が望まれている。なお、ガス残存量の上記

40

50

した検出等は、燃料電池に特有のものではない、種々のガス消費機器について共通する。

【課題を解決するための手段】

【0005】

上記した課題の少なくとも一部を達成するために、本発明は、以下の形態として実施することができる。

燃料ガスを常圧より高圧で圧縮貯留した高圧タンクから、前記燃料ガスをガス消費機器に供給するガス供給システムであって、

前記ガス消費機器に前記燃料ガスを供給する前記高圧タンクのタンク圧力  $p_t$  に対応する検出ガス圧信号  $p_{ts}$  を、式(1)に則って出力するガス圧センサーと、

式(1) 検出ガス圧信号  $p_{ts} = \text{傾き } k \times \text{タンク圧力 } p_t + \text{オフセット値 } ofs$  ;

前記ガス消費機器で消費されるガス消費量を前記ガス消費機器の駆動状況から算出ガス消費量として求める消費量算出部と、

前記高圧タンクに残存する前記燃料ガスのガス残存量を前記ガス圧センサーからの前記検出ガス圧信号  $p_{ts}$  を用いて検出する検出部とを備え、

該検出部は、

前記消費量算出部が前記ガス消費量を求める際の前記検出ガス圧信号  $p_{ts}$  に基づいて前記タンク圧力  $p_t$  のガス圧降下率を演算し、該演算した前記ガス圧降下率を前記検出ガス圧信号  $p_{ts}$  を用いた前記ガス残存量の検出に利用することで、式(1)における前記オフセット値  $ofs$  が前記検出ガス圧信号  $p_{ts}$  を用いた前記ガス残存量の検出に及ぼす影響を排除し、

前記ガス消費機器における前記ガス消費量と前記高圧タンクのタンク圧力の低下分である低下ガス圧との対応関係を予め規定し、該規定した前記対応関係と前記算出ガス消費量を用いて、式(1)における前記傾き  $k$  を補正する。

【0006】

(1) 本発明の一形態によれば、ガス供給システムが提供される。このガス供給システムは、燃料ガスを常圧より高圧で圧縮貯留した高圧タンクから、前記燃料ガスをガス消費機器に供給するガス供給システムであって、前記ガス消費機器に到るガス流路に前記高圧タンクから排出される前記燃料ガスのガス圧に基づいたガス圧降下率を演算し、前記高圧タンクに残存する前記燃料ガスの残存量を、前記演算したガス圧降下率を利用して検出する検出部とを備える。上記形態のガス供給システムでは、高圧タンクの燃料ガスの残存量を検出するに当たり、高圧タンクからガス流路に排出される燃料ガスのガス圧に基づいたガス圧降下率ガスを利用する。このガス圧降下率は、高圧タンクから排出される燃料ガスのガス圧であるタンク内ガス圧とタンク内の燃料ガスの残存量とがタンク内ガスの消費に伴って低下する事象を反映したものであり、高圧タンクに常圧より高圧で圧縮貯留された圧縮性流体である燃料ガスが有する基本物性となる。このため、高圧タンクに燃料ガスを満充填して貯留した際の高圧領域から残存量が少なくなって低圧となった低圧領域に亘って、ガス圧降下率を予め正確に捉えることができ、少量側の残存量であっても、このガス圧降下率は、高い精度で高圧タンクの燃料ガスの残存量と対応する。従って、上記形態のガス供給システムによれば、ガス圧降下率を利用して高圧タンクの燃料ガスの残存量を検出することで、ガス残存量を少量側において高精度で検出できる。なお、ガス圧降下率の演算は、ガス圧検出センサーの検出値を用いれば簡便である。

【0007】

(2) 上記した形態のガス供給システムにおいて、前記検出部は、前記高圧タンクに残存する前記燃料ガスの残存量が少なくなるほど前記ガス圧降下率が増大する前記ガス圧降下率と前記燃料ガスの残存量との関係に基づいて、前記演算したガス圧降下率に対応する前記燃料ガスの残存量を検出するようにできる。ガス圧降下率は、高圧タンクに残存する燃料ガスの残存量に対して、この残存量が少なくなるほど増大する関係にある。よって、上記の形態の燃料電池システムにすれば、演算したガス圧降下率に対応する燃料ガスの残存量を、少量側の残存量であっても、高圧タンクの残存量とガス圧降下率との関係を用い

10

20

30

40

50

て、容易且つ高精度に算出できる。この場合、燃料ガスの残存量をより精度良く検出するには、実機に基づく実験をもとに構築した高圧タンクの残存量とガス圧降下率との関係を表すマップや演算式などのプログラムを燃料電池システムに記憶させておき、このプログラムを用いて燃料ガスの残存量を算出することが望ましい。

#### 【0008】

(3) 上記した形態のガス供給システムにおいて、前記ガス消費機器のガス消費量を前記ガス消費機器の駆動状況から求める消費量算出部を備え、前記検出部は、前記消費量算出部の求めた前記ガス消費量が予め定めたガス消費量に達するまでは、前記ガス圧降下率を利用した前記燃料ガスの残存量の検出を行わないようにできる。こうすれば、ガス消費機器でのガス消費が進んで高圧タンクの燃料ガスの残存量とタンクのガス圧が低下してか  
10  
ら、ガス圧降下率を利用した燃料ガスの残存量の検出がなされる。よって、圧力検出センサーを用いるに当たっては、低圧の測定レンジを有する故に安価なセンサーとできるので、低コスト化を図った上で、ガス残存量を少量側において高精度に検出できる。

#### 【0009】

(4) 上記した形態のガス供給システムにおいて、前記ガス消費機器を燃料電池とできる。こうすれば、燃料電池と燃料ガスを常圧より高圧で圧縮貯留して該燃料電池に供給する高圧タンクとを有する燃料電池システムにおいて、ガス残存量を少量側において高精度で検出できる。

#### 【0010】

なお、本発明は、種々の形態で実現することが可能であり、例えば、燃料電池と燃料ガスを常圧より高圧で圧縮貯留して該燃料電池に供給する高圧タンクとを有する燃料電池システムの制御方法、制御方法を実行するためのプログラム、或いは、燃料電池システムの搭載車両や発電プラント、およびこれらの制御方法等の態様で実現することができる。  
20

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0011】

【図1】本発明の実施形態としての燃料電池システム5の概略構成を示す説明図である。

【図2】高圧タンク30へのガス充填に伴うガス圧検出処理を示すフローチャートである。

。

【図3】高圧タンク30のガス残存量の検出処理を示すフローチャートである。

【図4】傾きkの一時的k値補正係数 $k_{cor\_tmp}$ の算出の様子を説明するための説明図である。  
30

【図5】1000Aに相当するガス消費を行った際のガス圧降下率 $dp_{tnk\_sns}$ と高圧タンク30の水素残量指標 $p_{tnk}$ との関係を示すグラフである。

【図6】高圧タンク30における水素ガスの貯留圧力と水素密度との関係をガス温度ごとに示すグラフである。

【図7】他の実施形態における高圧タンク30のガス残存量の第1検出処理を示すフローチャートである。

【図8】他の実施形態における高圧タンク30のガス残存量の第2検出処理の前半を示すフローチャートである。

【図9】ガス残存量の第2検出処理の後半を示すフローチャートである。  
40

【図10】水素ガス消費量が所定燃料消費量となる場合における圧力降下量と基準圧力値との関係を示すグラフである。

#### 【発明を実施するための形態】

#### 【0012】

以下、本発明の実施の形態について、図面に基づき説明する。図1は本発明の実施形態としての燃料電池システム5の概略構成を示す説明図である。燃料電池システム5は、燃料電池車両の車載発電システムや、船舶、航空機、電車、歩行ロボットなどの移動体用の発電システムに用いることができる。また、燃料電池システム5は、移動体用に限らず、建物（住宅、ビルなど）用の発電プラントの定置式の発電システムにも用いることができる。以下では、燃料電池システム5が車両に搭載される例を用いて実施形態を説明する。  
50

## 【0013】

燃料電池システム5は、燃料電池10と、燃料ガス給排系32と、酸化剤ガス給排系85と、制御部90と、電流センサー20とを備える。燃料電池10は、反応ガス（燃料ガスおよび酸化剤ガス）の供給を受けて発電する単電池を複数積層したスタック構造を有している。燃料電池10により発生した電力は、車両の動力として使用される。本実施形態では、燃料電池10は固体高分子型燃料電池である。燃料電池10の発電電流値は、電流センサー20によって検出され、その検出電流値は90に出力される。

## 【0014】

燃料ガス給排系32は、燃料ガスとしての水素ガスを燃料電池10に供給すると共に、燃料電池10から排出される余剰の水素ガスをアノードオフガスとして外部に排出する。燃料ガス給排系32は、高圧タンク30と、ガス流路としての燃料ガス供給配管70と、燃料ガス排出配管75と、を主に備える。高圧タンク30は、燃料ガスとしての水素を圧縮貯留する。高圧タンク30から燃料電池10に水素の供給が開始される前の初期状態では、高圧タンク30には常圧よりも高い圧力（例えば、50～100MPa<sub>abs</sub>）で水素ガスが圧縮貯留されている。燃料ガス供給配管70は、高圧タンク30から燃料電池10に到るガス流路を形成し、高圧タンク30から排出された水素ガスは、燃料ガス供給配管70を経て燃料電池10に供給される。高圧タンク30は、口金30kを備え、当該口金に図示しないタンク内温度センサーとガス充填時の管路開閉と切り替えを行う口金内バルブ流路とを備える。また、高圧タンク30は、口金30kから延びるガス充填用管路30jとその先端のレセプタクル30rを備え、ガス充填用管路30jを口金内バルブ流路と繋いでいる。そして、レセプタクル30rは、図示しない水素ガスステーションでの水素ガス充填に際しては、当該ステーションのガス充填ノズルGnに装着され、高圧で充填供給された水素ガスを、ガス充填用管路30jと口金内バルブ流路を経て、高圧タンク30に導く。こうしたガス充填に際して、高圧タンク30のタンク内温度センサーは、タンク内温度を後述の制御部90およびステーション内制御装置に出力し、充填ガス量や充填圧の確認に用いられる。

## 【0015】

燃料ガス供給配管70には、燃料電池10の側から、下流側圧力センサー40と、上流側圧力センサー50と、圧力制御弁としての減圧弁60とが配置されている。減圧弁60は、高圧タンク30が配置されている上流側圧力（一次圧）を、予め定めた所定範囲の圧力に調整する。ここで、燃料ガス供給配管70のうち、減圧弁60よりも下流側である燃料電池10側に位置する部分を下流側供給配管72と呼び、減圧弁60よりも上流側である高圧タンク30側に位置する部分を上流側供給配管71と呼ぶ。

## 【0016】

下流側圧力センサー40は、下流側供給配管72に配置されている。上流側圧力センサー50は、高圧タンク30の口金30kから延びる上流側供給配管71に配置されている。下流側圧力センサー40は、上流側圧力センサー50よりも相対的に低圧の測定レンジを有する。すなわち、上流側圧力センサー50は、下流側圧力センサー40よりも高い圧力を測定できる。下流側圧力センサー40の測定レンジは、例えば0.1MPa～3MPaである。上流側圧力センサー50の測定レンジは、例えば1～100MPaである。本実施形態では、上流側圧力センサー50は、上流側供給配管71に高圧タンク30から排出される水素ガスのガス圧を、高圧タンク30の下流で検出し、その検出ガス圧を、制御部90に出力する。出力された上流側圧力センサー50の検出ガス圧は、後述のガス残存量算出に用いられる。下流側圧力センサー40は、減圧弁60にて減圧調整済みのガス圧を下流側供給配管72にて検出し、その検出ガス圧を、制御部90に出力する。下流側圧力センサー40の検出ガス圧は、燃料電池10の制御や他の機器制御に用いられる。なお、本実施形態においては、下流側圧力センサー40を省略してもよい。

## 【0017】

燃料ガス排出配管75は、燃料電池10に供給された水素ガスのうち発電に利用されなかった余剰の水素ガスを外部にアノードオフガスとして排出する。なお、燃料ガス排出配

10

20

30

40

50

管 7 5 を燃料ガス供給配管 7 0 と連通させてアノードオフガスを再び燃料電池 1 0 に循環供給してもよい。

#### 【 0 0 1 8 】

酸化剤ガス給排系 8 5 は、酸化剤ガスとしての空気を燃料電池 1 0 に供給すると共に、燃料電池 1 0 から排出される空気をカソードオフガスとして外部に排出する。酸化剤ガス給排系 8 5 は、酸化剤ガス供給配管 8 0 と、酸化剤ガス排出配管 8 2 とを備える。酸化剤ガス供給配管 8 0 にはエアコンプレッサ 8 4 が配置されている。エアコンプレッサ 8 4 を動作させることで酸化剤ガス供給配管 8 0 を介して空気が燃料電池 1 0 に供給される。酸化剤ガス排出配管 8 2 は、燃料電池 1 0 に供給された空気のうち反応に利用されなかった空気を外部にカソードオフガスとして排出する。

10

#### 【 0 0 1 9 】

ここで、燃料電池システム 5 は、燃料電池 1 0 の温度調節を行うための冷媒給排系を備えてもよい。冷媒給排系は、冷媒としての冷却水を燃料電池 1 0 に供給すると共に、燃料電池 1 0 から排出される冷却水をラジエータによって冷却して再び燃料電池 1 0 に循環供給する。

#### 【 0 0 2 0 】

制御部 9 0 は、論理演算を実行する CPU や ROM、RAM を備えたコンピューターとして構成され、燃料電池システム 5 の運転を制御する。制御部 9 0 には、下流側圧力センサー 4 0、上流側圧力センサー 5 0、減圧弁 6 0、電流センサー 2 0、エアコンプレッサ 8 4 などの各種機器が電氣的に接続されている。制御部 9 0 は、記憶部 9 2 を備える。記憶部 9 2 には、燃料電池システム 5 の運転を制御するために用いられる後述の各種データが記憶されている。

20

#### 【 0 0 2 1 】

次に、本実施形態の燃料電池システム 5 にて行うタンクガス残存量の演算算出について説明する。図 2 は高圧タンク 3 0 へのガス充填に伴うガス圧検出処理を示すフローチャート、図 3 は高圧タンク 3 0 のガス残存量の検出処理を示すフローチャートである。両処理とも、制御部 9 0 にてなされ、図 2 のガス検出処理は、車両が備える図示しないイグニッションスイッチがオンされた後、例えば 5 0 0 m s ごとに繰り返し実行される。このガス検出処理では、まず、制御部 9 0 は、高圧タンク 3 0 への水素ガス充填がなされた直後か否かを判定する（ステップ S 1 0 1）。制御部 9 0 は、既述したガス充填に伴うガス充填ノズル G n へのレセプタクル 3 0 r の装着の有無を、レセプタクル 3 0 r からの信号により検知し、その結果により、ステップ S 1 0 1 の判定を下す。或いは、制御部 9 0 は、水素ガスステーション側の制御装置からの充填完了信号の送信を受けて、ステップ S 1 0 1 の判定を下す。ここで、水素ガス充填直後ではないと否定判定すると、制御部 9 0 は何の処理を行うことなく、本ルーチンを終了する。一方、ステップ S 1 0 1 にて水素ガス充填直後であると肯定判定すると、制御部 9 0 は、上流側圧力センサー 5 0 のガス検出値に基づいて高圧タンク 3 0 の水素ガス圧  $p_{\text{tnk\_sns}}$  を計測し、その値を満充填圧  $p_{\text{tnk\_sns\_max}}$  として記憶部 9 2 に記憶し（ステップ S 1 0 2）、本ルーチンを終了する。この充填圧  $p_{\text{tnk\_sns\_max}}$  は、水素ガスの充填状況によって定まり、満充填であれば、高圧タンク 3 0 に許容される最高ガス圧となり、満充填でなければ、最高ガス圧より低い圧力であってガス充填程度により定まる圧力となる。

30

40

#### 【 0 0 2 2 】

図 3 のガス残存量検出処理は、イグニッションスイッチがオンされた後、例えば 5 0 m s ごとに繰り返し実行され、図 2 のガス検出処理と実行タイミングが合致した際には、優先して処理される。このガス残存量検出処理では、まず、制御部 9 0 は、上流側圧力センサー 5 0 のガス検出値に基づいて高圧タンク 3 0 の水素ガス圧  $p_{\text{tnk\_sns}}$  を計測し（ステップ S 2 0 1）、この水素ガス圧  $p_{\text{tnk\_sns}}$  を、ガス充填後にある程度のガス消費がなされた状況下での閾値水素ガス圧と対比する（ステップ S 2 0 2）。この閾値水素ガス圧は、例えば、ガス充填がなされた場合にその充填状況によって図 2 のステップ S 1 0 2 にて定まる満充填圧  $p_{\text{tnk\_sns\_max}}$  が 5 M p a の低減程度だけ低下した圧力とされている。こ

50

の場合、圧力の低減程度（５ＭＰａ）は、記憶部９２に記憶されているが、この５ＭＰａを満充填圧 $p_{tnk\_sns\_max}$ が低いほど小さくするようにしてもよい。

#### 【００２３】

制御部９０は、ステップＳ２０２にて否定判定すると、ガス充填後からの水素ガス消費が大きく進んでいないので、上流側圧力センサー５０のガス検出値に基づいた水素ガス圧 $p_{tnk\_sns}$ そのものを、水素ガス残存量を演算する際のガス圧指標である水素残量指標 $p_{tnk}$ に設定し（ステップＳ２０３）、本ルーチンを終了する。つまり、ガス充填後からあまりガス圧が低下せずタンク圧力が高圧の状況下では、水素ガス圧 $p_{tnk\_sns}$ の後述の微分演算を経たガス圧低下率を考慮した残存量演算は必要ないとして、水素ガス圧 $p_{tnk\_sns}$ を水素残量指標 $p_{tnk}$ に設定する。ステップＳ２０２の否定判定後に水素ガス圧 $p_{tnk\_sns}$ を水素残量指標 $p_{tnk}$ に設定することで、ガス充填後からあまりガス圧が低下せずタンク圧力が高圧の状況下では、水素ガス圧 $p_{tnk\_sns}$ の後述の微分演算等を行わないよう、制御部９０のＣＰＵの演算負荷を軽減できる。また、ガス充填後からあまりガス圧が低下せずタンク圧力が高圧の状況下では、高圧であるが故にガス圧変化が著しくなり、上流側供給配管７１に現れる現実の水素残量指標と、水素ガス圧 $p_{tnk\_sns}$ の後述の微分演算や積分演算等を経て設定した水素残量指標 $p_{tnk}$ とに、積分等の演算処理の遅れによる乖離が生じ得る。よって、ガス充填後からあまりガス圧が低下せずタンク圧力が高圧の状況下では、上流側圧力センサー５０から得た水素ガス圧 $p_{tnk\_sns}$ を水素残量指標 $p_{tnk}$ に設定し、ステップＳ２０２にてガス圧低下が起きたと肯定判定した以降にて、水素ガス圧 $p_{tnk\_sns}$ の後述の微分演算や積分演算等を経て水素残量指標 $p_{tnk}$ を設定することで、上記の乖離を縮減できる。

#### 【００２４】

そして、制御部９０は、ステップＳ２０２にてガス圧低下が起きたと肯定判定した以降において、最終的には、水素ガス圧 $p_{tnk\_sns}$ に基づいたガス圧低下率 $dp_{tnk\_sns}$ を利用した水素残量指標 $p_{tnk}$ の設定を行うべく、まず、上流側圧力センサー５０から得た水素ガス圧 $p_{tnk\_sns}$ を微分演算に処して、水素ガス圧 $p_{tnk\_sns}$ に基づいたガス圧低下率 $dp_{tnk\_sns}$ を算出する（ステップＳ３０１）。次いで、制御部９０は、ガス圧低下率 $dp_{tnk\_sns}$ の積分演算と（ステップＳ３０２）、電流センサー２０からの発電電流検出値に基づいた発電電流 $i_{fc}$ の計測と（ステップＳ３０３）、この発電電流 $i_{fc}$ の積分演算と（ステップＳ３０４）を順次行う。このガス圧低下率 $dp_{tnk\_sns}$ の積分演算（ステップＳ３０２）により、上流側圧力センサー５０から得た水素ガス圧 $p_{tnk\_sns}$ に基づいたガス圧低下量 $\Sigma dp_{tnk\_sns}$ が得られる。また、発電電流 $i_{fc}$ の積分演算（ステップＳ３０４）により、電流センサー２０から得た発電電流検出値に基づいた水素ガス消費量 $\Sigma i_{fc}$ が得られる。

#### 【００２５】

制御部９０は、水素ガス圧 $p_{tnk\_sns}$ に基づいたガス圧低下率 $dp_{tnk\_sns}$ を利用した水素残量指標 $p_{tnk}$ の設定に先立つ補正処理を、ステップＳ３０４に続くステップＳ３０５～３０６にて行う。この補正処理の説明に先立ち、上流側圧力センサー５０におけるガス圧（水素ガス圧 $p_{tnk\_sns}$ ）の検出特性について、上記の補正処理と関連付けて説明する。

#### 【００２６】

上流側圧力センサー５０は、そのセンシングデバイスにて感知した圧力（ガス圧）に対応した検出値（水素ガス圧 $p_{tnk\_sns}$ ）をセンサー内蔵の信号変換回路や変換機器にてセンサー出力する。そして、センシングデバイスおよび信号変換回路や変換機器に固有のセンサー特性を備えることから、上流側圧力センサー５０から得られた水素ガス圧 $p_{tnk\_sns}$ は、一般に、下記の数式（１）にて表される。

#### 【００２７】

水素ガス圧 $p_{tnk\_sns}$ ＝傾き $k$  × 検出対象タンク圧力 $p_{tnk}$  ＋ オフセット値 $ofs$   
 … 数式（１）

#### 【００２８】

この式において、傾き $k$ とオフセット値 $ofs$ がセンサー特性に起因してセンサーごとに

定まる。よって、センサー出荷に際しては、予め規定した基準圧力を検出した際に、その検出値とこの基準圧力との誤差を定量的に実験的に把握する。その上で、この誤差が検出精度保証範囲となるよう、傾き $k$ とオフセット値 $ofs$ とを、出力較正值としてセンサーの信号増幅出力回路の記憶域に記憶させ、上流側圧力センサー50は、この傾き $k$ とオフセット値 $ofs$ とを加味して、水素ガス圧 $p_{tnk\_sns}$ を検出値として数式(1)に則り出力する。

#### 【0029】

こうした特性により上流側圧力センサー50から得られた水素ガス圧 $p_{tnk\_sns}$ を用いるに当たり、ステップS301での水素ガス圧 $p_{tnk\_sns}$ の微分演算により、数式(1)に則った出力に含まれるオフセット値 $ofs$ をキャンセルする。通常、このオフセット値 $ofs$ は、センサー構成上、検出誤差を生じる主因となることから、水素ガス圧 $p_{tnk\_sns}$ の微分演算を経て得られたガス圧降下率 $dp_{tnk\_sns}$ は、検出誤差を生じる主因であるオフセット値 $ofs$ を排除したパラメータとなる。

#### 【0030】

数式(1)に含まれる傾き $k$ は、オフセット値 $ofs$ に比べれば小さいものの、検出誤差を生じる可能性があり、水素ガス圧 $p_{tnk\_sns}$ の微分演算を経て得られたガス圧降下率 $dp_{tnk\_sns}$ に影響を与え得る。こうした知見に立ち、制御部90は、ステップS304に続くステップS305にて、傾き $k$ の一時的 $k$ 値補正係数 $k_{cor\_tmp}$ を次のように算出する。図4は傾き $k$ の一時的 $k$ 値補正係数 $k_{cor\_tmp}$ の算出の様子を説明するための説明図である。この図4に相当するマップは記憶部92に記憶され、一時的 $k$ 値補正係数 $k_{cor\_tmp}$ の算出に用いられる。図4は、発電電流 $i_{fc}$ の積分演算で得られた水素ガス消費量 $\Sigma i_{fc}$ を正規化した正規化済み水素ガス消費量 $\Sigma i_{fc}*m$ を横軸とし、縦軸を高圧タンク30の実水素ガス圧 $p_{tnk}$ および上流側圧力センサー50の設計基準検出値 $p_{std}$ とし、正規化済み水素ガス消費量 $\Sigma i_{fc}*m$ と、実水素ガス圧 $p_{tnk}$ および設計基準検出値 $p_{std}$ との対応関係を表す。横軸の正規化済み水素ガス消費量 $\Sigma i_{fc}*m$ は、次のように求めた。

#### 【0031】

図4の縦軸の最高圧力100MPaで水素ガスを圧縮貯留した高圧タンク30から、圧力ゼロMPaとなるまで水素ガスを燃料電池10に供給して発電する。この際に得られた総発電電流、例えば80000Aの単位時間当たりの発電電流を積分して得た水素ガス消費量、即ち、ステップS304にて発電電流 $i_{fc}$ の積分演算で得られた水素ガス消費量 $\Sigma i_{fc}$ を値1に正規化し、これを正規化済み水素ガス消費量 $\Sigma i_{fc}*m$ として、その値1と値0を、高圧タンク30の最高圧力100MPaと圧力ゼロMPaに対応付けた。そして、図4に示す直線軌跡は、数式(1)に含まれる傾き $k$ が設計値のままである場合の傾き $k$ の軌跡となる。

#### 【0032】

今、ステップS304にて発電電流 $i_{fc}$ の積分演算で得られた水素ガス消費量 $\Sigma i_{fc}$ が、図示するように、横軸の正規化済み水素ガス消費量 $\Sigma i_{fc}*m$ における水素ガス消費量 $\Sigma i_{fc}*m-1$ であるとする。そうすると、縦軸の実水素ガス圧 $p_{tnk}$ および設計基準検出値 $p_{std}$ は、図4に示す直線軌跡に対応した $\Delta p_{std}-1$ だけ低下する。ところが、ステップS302にてガス圧降下率 $dp_{tnk\_sns}$ の積分演算で得られたガス圧降下量 $\Sigma dp_{tnk\_sns}$ が図示する $\Delta p_{std}-1$ と相違すれば、その相違量だけ傾き $k$ にズレ $\Delta k$ が起きていることになる。よって、このズレ $\Delta k$ を補正すべく、制御部90は、ステップS304にて得られた水素ガス消費量 $\Sigma i_{fc}$ が対応する低下ガス圧 $\Delta p_{std}-1$ を、ステップS302にて得られたガス圧降下量 $\Sigma dp_{tnk\_sns}$ で除算して、傾き $k$ の一時的 $k$ 値補正係数 $k_{cor\_tmp}$ を算出する(ステップS305)。

#### 【0033】

ところで、ステップS305は、上流側圧力センサー50のガス検出値に基づいた水素ガス圧 $p_{tnk\_sns}$ が満充填圧 $p_{tnk\_sns\_max}$ より低い場合の処理であることから、ステップS305の実行時には、既にガス消費が進んでいる。よって、ステップS304にて得られた水素ガス消費量 $\Sigma i_{fc}$ は、図4において縦軸の100MPaを始点としたガス消費量

ではない。よって、この場合には、図 4 において点線で示すように、水素ガス消費量  $\Sigma i_{fc} \cdot m-1$  の低減始点、およびガス圧降下量  $\Sigma dp_{tnk\_sns}$  と  $\Delta p_{std-1}$  の低減始点を、ずらせばよい。こうしても、上記と同じ結果が得られる。

#### 【0034】

次に、制御部 90 は、重み係数  $j$  を用いて、傾き  $k$  の補正係数  $k_{cor}$  を算出する（ステップ S 306）。この重み係数  $j$  は、その値が大きいほど、補正が緩慢となるよう下記の数式（2）に用いられ、既定の補正係数値  $k_{cor}$  とステップ S 305 で求めた一時的  $k$  値補正係数  $k_{cor\_tmp}$  とから、傾き  $k$  の補正係数  $k_{cor}$  を算出する。この場合、重み係数  $j$  は適宜決定でき、本実施形態では、補正が緩慢となるよう値 1028 程度とした。

#### 【0035】

$$k_{cor} = \{ (J - 1) / J \} \times k_{cor} + (1 / J) \times k_{cor\_tmp} \quad \cdots \text{数式 (2)}$$

#### 【0036】

次に、制御部 90 は、水素ガス圧  $p_{tnk\_sns}$  に基づいたガス圧降下率  $dp_{tnk\_sns}$  を利用した水素残量指標  $p_{tnk}$  の設定可否を判断すべく、ステップ S 304 で得られた水素ガス消費量  $\Sigma i_{fc}$  を、所定の閾値水素ガス消費量と対比する（ステップ S 307）。この閾値水素ガス消費量は、満充填の高圧タンク 30 に貯留済みの水素ガスにて発電できる総発電電流の例えば 0.05 ~ 1% 程度の発電電流、例えば 1000 A に対応するガス消費量とされている。この場合、閾値水素ガス消費量（1000 A に対応するガス消費量）は、記憶部 92 に記憶されているが、この閾値水素ガス消費量をステップ S 201 で得た水素ガス圧  $p_{tnk\_sns}$  が低いほど小さくするようにしてもよい。

#### 【0037】

水素ガス消費量  $\Sigma i_{fc}$  が上記の閾値水素ガス消費量より小さければ、制御部 90 は、ステップ S 307 で否定判定する。この場合には、水素ガス消費が進んでいないことになるので、制御部 90 は、何の処理を行うことなく本ルーチンを終了する。一方、水素ガス消費量  $\Sigma i_{fc}$  が上記の閾値水素ガス消費量に達していれば、制御部 90 は、ステップ S 307 で肯定判定する。この場合には、水素ガス消費が進んでいることから、高圧タンク 30 の水素ガス残留量の指標である水素残量指標  $p_{tnk}$  を水素ガス圧  $p_{tnk\_sns}$  に基づいたガス圧降下率  $dp_{tnk\_sns}$  を利用して設定する。こうした設定に当たり、制御部 90 は、ステップ S 308 にて、一時的な水素残量指標  $p_{tnk\_tmp}$  を、マップを参照して算出する。この際参照されるマップは、以下のものである。図 5 は 1000 A に相当するガス消費を行った際のガス圧降下率  $dp_{tnk\_sns}$  と高圧タンク 30 の水素残量指標  $p_{tnk}$  との関係を示すグラフである。この図 5 は、予め実験的にガス圧降下率  $dp_{tnk\_sns}$  と水素残量指標  $p_{tnk}$  との関係求めてグラフ化され、この図 5 に相当するマップ G1 は、記憶部 92 に記憶され、水素残量指標  $p_{tnk}$  の算出に用いられる。よって、制御部 90 は、図 5 に相当するマップ G1 を参照して、ステップ S 301 で得たガス圧降下率  $dp_{tnk\_sns}$  に対応する水素残量指標  $p_{tnk}$  を求め、この水素残量指標  $p_{tnk}$  を実験的に求めた変換式を用いて一時的な水素残量指標  $p_{tnk\_tmp}$  に変換する。

#### 【0038】

次に、制御部 90 は、上記の一時的な水素残量指標  $p_{tnk\_tmp}$  と、ステップ S 306 で求めた傾き  $k$  の補正係数  $k_{cor}$  とから、水素残量指標  $p_{tnk}$  を算出する（ステップ S 309）。一時的な水素残量指標  $p_{tnk\_tmp}$  は、水素ガス圧  $p_{tnk\_sns}$  の微分演算を経て得られたガス圧降下率  $dp_{tnk\_sns}$  が反映した指標である。よって、ステップ S 309 で得られた水素残量指標  $p_{tnk}$  についても、水素ガス圧  $p_{tnk\_sns}$  の微分演算を経て得られたガス圧降下率  $dp_{tnk\_sns}$  が反映している。しかも、センサー出力に影響を及ぼす傾き  $k$  にあっても、水素残量指標  $p_{tnk}$  の算出に用いた補正係数  $k_{cor}$  により補正されていることになる。よって、ステップ S 309 で求めた水素残量指標  $p_{tnk}$  は、高精度に高圧タンク 30 の水素ガスの残存量に対応する。

#### 【0039】

次に、制御部 90 は、得られた水素残量指標  $p_{tnk}$  に基づいて、高圧タンク 30 における水素ガスの残存量を算出して、これを記憶部 92 に記憶する（ステップ S 310）。図

10

20

30

40

50

6は高压タンク30における水素ガスの貯留圧力と水素密度との関係をガス温度ごとに示すグラフである。図6の縦軸は、水素ガスの密度であることから、タンク容量が判明すれば、この縦軸は、水素ガスの残存量を表すことになる。なお、この図6は、NEDO（独立法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構）の発行した技術資料に基づき作成したものである。

#### 【0040】

本実施形態において、高压タンク30に貯留する水素ガスは、圧縮性流体であって、常圧より高い圧力で高压タンク30に圧縮貯留されており、タンク内における密度は、貯留圧力が高いほど増大する。仮に内容積が $1\text{ m}^3$ の高压タンクと仮定すれば、この高压タンクにおける水素ガスの残存量は、縦軸で表され、水素ガスの貯留圧力が低下するほど低減する。そして、水素ガスの貯留圧力が高压側領域において $60\text{ MPa}$ から $50\text{ MPa}$ に低減する場合と、水素ガスの貯留圧力が低压側領域において $30\text{ MPa}$ から $20\text{ MPa}$ に低減する場合とでは、水素ガスの残存量の低減程度は相違する。例えば、高压側領域において $60\text{ MPa}$ から $50\text{ MPa}$ に低減する場合の水素ガスの残存量の低減程度は、水素ガスの貯留圧力が低压側領域において $30\text{ MPa}$ から $20\text{ MPa}$ に低減する場合の水素ガスの残存量の低減程度より少ない。つまり、上記した $10\text{ MPa}$ の圧力降下であっても、高压側領域と低压側領域とでは、水素ガスの残存量の低減程度に差が生じ、低压側ほど水素ガスの残存量の低減が増すと言える。この現象は、各温度について同じように現れる。

#### 【0041】

また、各温度についてみると、低压側であれば、温度の影響が殆ど見られず、各温度とも、水素ガスの残存量の低減に差が生じない。このことは、高压タンク30の水素ガスの残存量を低压側、即ちガス消費が進んだ側において検出するに当たり、タンク温度もしくは環境温度の影響を排除して、水素ガスの残存量を検出できることを意味する。

#### 【0042】

こうした知見に立ち、本実施形態では、図6の横軸をステップS309で求めた水素残存量指標 $p_{\text{tnk}}$ に置換したマップG2を記憶部92に記憶し、制御部90は、上記のマップG2を参照して、ステップS309で得た水素残存量指標 $p_{\text{tnk}}$ に対応する水素ガスの残存量を算出し、これを記憶部92に記憶する（ステップS310）。なお、既述したステップS203で求めた水素残存量指標 $p_{\text{tnk}}$ についても、マップG2を参照して水素ガスの残存量を算出するようにしてもよい。こうして水素残存量指標 $p_{\text{tnk}}$ に対応する水素ガスの残存量を算出すると、制御部90は、次のガス残存量の検出処理ルーチンの実行に備えて、ステップS302のガス圧降下量 $\Sigma dp_{\text{tnk\_sns}}$ とステップS304の水素ガス消費量 $\Sigma i_{\text{fc}}$ とをクリアして（ステップS311）、本ルーチンを終了する。この場合、制御部90は、ステップS310で得られた水素ガスの残存量を種々の制御に用いる。例えば、この算出残存量が、高压タンク30のガス充填を喚起する必要がある充填喚起残存量と一致すれば、車両のインスルーメントパネルのガス充填警告灯を点灯制御する。また、算出残存量が充填喚起残存量を下回れば、ガス充填警告灯を点滅点灯する等制御を行い、より強く、ガス充填を車両操作者に喚起する。この他、制御部90は、水素ガスの残存量が少ない故に、車両操作者の加速要求アクセル操作があっても加速程度を抑えてガス消費を抑制するような種々の制御を行う。

#### 【0043】

以上説明したように、本実施形態の燃料電池システム5では、高压タンク30における水素ガス残存量を演算する際のガス圧指標である水素残存量指標 $p_{\text{tnk}}$ を求めるに当たり、上流側圧力センサー50から得た水素ガス圧 $p_{\text{tnk\_sns}}$ を微分演算に処して、水素ガス圧 $p_{\text{tnk\_sns}}$ に基づいたガス圧降下率 $dp_{\text{tnk\_sns}}$ を算出する（ステップS301）。これにより、ガス圧降下率 $dp_{\text{tnk\_sns}}$ を利用した水素残存量指標 $p_{\text{tnk}}$ の算出、およびこの水素残存量指標 $p_{\text{tnk}}$ からの水素ガス残存量の算出において、上流側圧力センサー50の構成上、検出誤差を生じる主因となるオフセット値 $ofs$ （数式（1）参照）を排除する。これにより、本実施形態の燃料電池システム5によれば、水素残存量指標 $p_{\text{tnk}}$ から高い精度で水素ガス残存量を算出できる。しかも、上流側圧力センサー50から得た水素ガス圧 $p_{\text{tnk\_sns}}$

を微分演算に処して得たガス圧降下率 $dp\_tnk\_sns$ は、高圧タンク30に水素ガスを満充填して貯留した際の高圧領域から残存量が少なくなって低圧となった低圧領域に亘って、予め正確に捉えられる。また、このガス圧降下率 $dp\_tnk\_sns$ は水素残量指標 $p\_tnk$ に反映され、この水素残量指標 $p\_tnk$ は、圧縮性流体たる水素ガスが有する基本物性、具体的には図6に示すガス密度（ガス残存量）と貯留圧力との関係にリンクされる。これらの結果、本実施形態の燃料電池システム5によれば、少量側の残存量であっても、高い精度で高圧タンク30の水素ガスの残存量と対応するガス圧降下率 $dp\_tnk\_sns$ を利用することで、高圧タンク30の水素ガス残存量を高精度で検出できる。

#### 【0044】

本実施形態の燃料電池システム5では、図6に示すように、低圧側ほど水素ガスの残存量の低減が増すガス密度（ガス残存量）と貯留圧力との関係に、ガス圧降下率 $dp\_tnk\_sns$ が反映した水素残量指標 $p\_tnk$ をリンクさせる。しかも、低圧側であれば、タンク内の水素ガス温度の影響が殆ど受けなくて、各温度とも水素ガスの残存量の低減に差が生じないと共に、低圧側での水素ガスの残存量は、高圧側より低減する関係を用いている。このため、本実施形態の燃料電池システム5によれば、高圧タンク30の水素ガスの残存量を、ガス消費が進んだ低圧側において検出するに当たり、タンク温度（水素ガス温度）もしくは環境温度の影響を排除して、水素ガスの残存量をより高い精度で容易に検出できる。

#### 【0045】

本実施形態の燃料電池システム5では、燃料電池10の水素ガス消費量を、電流センサー20からの発電電流検出値に基づいた発電電流 $i\_fc$ の積分演算を経て水素ガス消費量 $\Sigma i\_fc$ として求め、この水素ガス消費量 $\Sigma i\_fc$ が予め定めた閾値水素ガス消費量（1000Aに対応するガス消費量）に達するまでは、ガス圧降下率 $dp\_tnk\_sns$ を利用した水素ガスの残存量の検出（ステップS308～311）を行わない。よって、燃料電池10での水素ガス消費が進んで高圧タンク30のガス圧が低下してから、ガス圧降下率 $dp\_tnk\_sns$ を利用した水素ガスの残存量を検出すればよい。このため、本実施形態の燃料電池システム5によれば、上流側圧力センサー50については、広範囲な測定レンジを有するセンサーとする必要がなく、低圧の測定レンジを有する故に安価なセンサーとできるので、低コスト化を図った上で、ガス残存量を少量側において高精度に検出できる。

#### 【0046】

本実施形態の燃料電池システム5では、センサー構成上、検出誤差を生じる可能性のある数式（1）の傾き $k$ を、図4を用いて説明したように、一時的 $k$ 値補正係数 $k\_cor\_tmp$ およびこの一時的 $k$ 値補正係数 $k\_cor\_tmp$ を用いて補正した補正係数 $k\_cor$ にて補正した。このため、本実施形態の燃料電池システム5によれば、検出誤差を生じる可能性のある数式（1）の傾き $k$ の影響についても、水素残量指標 $p\_tnk$ から排除できるので、ガス残存量の検出精度をより高めることができる。

#### 【0047】

本実施形態の燃料電池システム5では、ステップS310で得られた水素ガスの残存量を、高圧タンク30へのガス充填を喚起する制御に用いることで、車両操作者にガス充填の必要性を認知でき、有益である。しかも、本実施形態の燃料電池システム5では、ガス残存量を少量側においても正確に検出できることから、既述した充填喚起残存量に不用意な余裕を持たせる必要性が低い。このため、しかも、本実施形態の燃料電池システム5によれば、必要以上に早期のうちの充填喚起を行わないようにできるので、1回の水素ガス充填当たりの車両走行距離を延ばした上でのガス充填喚起が可能となり、より有益である。

#### 【0048】

次に、他の実施形態について説明する。図7は他の実施形態における高圧タンク30のガス残存量の第1検出処理を示すフローチャート、図8は他の実施形態における高圧タンク30のガス残存量の第2検出処理の前半を示すフローチャート、図9はガス残存量の第2検出処理の後半を示すフローチャートである。この実施形態では、上流側圧力センサー50から得た高圧タンク30の水素ガス圧 $p\_tnk\_sns$ の微分演算の実行可否と係数 $k$ の補

10

20

30

40

50

正要否をフラグにて判定する点に特徴がある。図7と図8に示す処理は、イグニッションスイッチがオンされた後、それぞれ例えば50msごとに繰り返し実行され、その実行タイミングが合致した際には、いずれかが優先処理される。

#### 【0049】

図7の第1検出処理では、まず、制御部90は、上流側圧力センサー50のガス検出値に基づいて高压タンク30の水素ガス圧 $p_{\text{tnk\_sns}}$ を計測し（ステップS401）、この水素ガス圧 $p_{\text{tnk\_sns}}$ の補正許可フラグ $f_1$ がオンか否かを判定する（ステップS402）。この補正許可フラグ $f_1$ は、ガス消費に伴うガス圧降下が進んで既に補正が実行済みである旨を表す。そして、この補正許可フラグ $f_1$ は、高压タンク30に水素ガスが充填された際にオフに設定され、後述の図8における第2検出処理にてセットされる。よって、高压タンク30の充填後においては、制御部90は、ステップS402にて否定判定して、後述のステップS40に移行する。なお、補正許可フラグ $f_1$ は、高压タンク30の満充填に限らず、定量のガス充填がなされた際にリセットされる。

10

#### 【0050】

制御部90は、ステップS402にて肯定判定すると、補正許可フラグ $f_1$ を受けて既に補正が実行済みであることから、後述の図8の第2検出処理で前回処理以前にて補正算出済みの水素残量指標 $p_{\text{tnk}}$ を、今回の水素残量指標 $p_{\text{tnk}}$ に設定し（ステップ403）、本ルーチンを終了する。この際、設定した水素残量指標 $p_{\text{tnk}}$ に基づいて、上記の実施形態のように、高压タンク30における水素ガスの残存量を算出するようにしてもよい。

#### 【0051】

20

一方、ステップS402にて否定判定すると、補正許可フラグ $f_1$ をリセットしたガス充填時点から水素ガス消費が進んでいることになるので、ガス圧降下率 $dp_{\text{tnk\_sns}}$ を利用した水素残量指標 $p_{\text{tnk}}$ の設定を進めるべく、制御部90は、上流側圧力センサー50から得た水素ガス圧 $p_{\text{tnk\_sns}}$ を微分演算に処して、水素ガス圧 $p_{\text{tnk\_sns}}$ に基づいたガス圧降下率 $dp_{\text{tnk\_sns}}$ を算出する（ステップS404）。次いで、制御部90は、ガス圧降下率 $dp_{\text{tnk\_sns}}$ を積分演算に処して、上流側圧力センサー50から得た水素ガス圧 $p_{\text{tnk\_sns}}$ に基づいたガス圧降下量 $\Sigma dp_{\text{tnk\_sns}}$ を算出する（ステップS405）。

#### 【0052】

制御部90は、ステップS405で得られたガス圧降下量 $\Sigma dp_{\text{tnk\_sns}}$ を、所定の降圧閾値と対比する（ステップS406）。この降圧閾値は、例えば高压タンク30の満充填圧力に応じて、適宜設定することができ、本実施形態では、11MPaとした。この場合、降圧閾値（11MPa）は、記憶部92に記憶されているが、この11MPaを満充填圧が低いほど小さくするようにしてもよい。そして、制御部90は、このステップS406で否定判定（ $\Sigma dt_{\text{tnk\_sns}} < 11 \text{ MPa}$ ）すると、ガス消費に伴うガス圧降下が進んでいないので、上記の実施形態と同様、上流側圧力センサー50のガス検出値に基づいた水素ガス圧 $p_{\text{tnk\_sns}}$ そのものを、水素ガス残存量を演算する際のガス圧指標である水素残量指標 $p_{\text{tnk}}$ に設定し（ステップS407）、本ルーチンを終了する。この際、水素ガス圧 $p_{\text{tnk\_sns}}$ そのものである水素残量指標 $p_{\text{tnk}}$ に基づいて、高压タンク30における水素ガスの残存量を算出するようにしてもよい。

30

#### 【0053】

40

一方、制御部90は、ステップS406で肯定判定（ $\Sigma dt_{\text{tnk\_sns}} \geq 11 \text{ MPa}$ ）すると、11MPaを超えるガス圧降下が進んでいるので、水素ガス圧 $p_{\text{tnk\_sns}}$ に基づいたガス圧降下率 $dp_{\text{tnk\_sns}}$ を利用した水素残量指標 $p_{\text{tnk}}$ の設定を更に進めるべく、電流センサー20からの発電電流検出値に基づいた発電電流 $i_{\text{fc}}$ を計測し（ステップS408）、その発電電流 $i_{\text{fc}}$ を積分演算に処して、電流センサー20から得た発電電流検出値に基づいた水素ガス消費量 $\Sigma i_{\text{fc}}$ を算出する（ステップS409）。

#### 【0054】

次いで、制御部90は、ステップS409で得た水素ガス消費量 $\Sigma i_{\text{fc}}$ を用いて傾き $k$ の $k$ 値補正係数 $k_{\text{cor}}$ を算出する（ステップS410）。制御部90は、その記憶部92に、上記の降圧閾値（11MPa）までガス消費が進んだ場合に基準となる規定水素ガス

50

消費量  $\Sigma i_{fc\_std}$  を記憶しているので、ステップ S 4 0 8 で得た水素ガス消費量  $\Sigma i_{fc}$  を規定水素ガス消費量  $\Sigma i_{fc\_std}$  で除算して、k 値補正係数  $k_{cor}$  を算出する。この処理は、上記の実施形態において図 4 を用いて傾き k の補正を行う処理（ステップ S 3 0 5 ～ 3 0 6）と等価である。こうして k 値補正係数  $k_{cor}$  を算出すると、制御部 9 0 は、その算出した k 値補正係数  $k_{cor}$  が、上流側圧力センサー 5 0 の定常の使用状況下で想定される傾き k の推移範囲に対応しているか否かを判定する（ステップ S 4 1 1）。ここで否定判定すると、制御部 9 0 は、何らかの原因で、算出済み k 値補正係数  $k_{cor}$  が傾き k の推移範囲を逸脱しているので、傾き k の補正は無用であるとして、何の処理を行うことなく、本ルーチンを終了する。こうした事態は、k 値補正係数  $k_{cor}$  を求めるために用いた水素ガス消費量  $\Sigma i_{fc}$  を得るための電流センサー 2 0 の発電電流検出異常により起きると想定され、この場合には、制御部 9 0 にて、センサー不具合等を報知してもよい。その一方、ステップ S 4 1 1 で肯定判定すると、制御部 9 0 は、傾き k を k 値補正係数  $k_{cor}$  にて補正すべき旨の k 値補正許可フラグ f 2 をオンにセットし（ステップ S 4 1 2）、本ルーチンを終了する。なお、この k 値補正許可フラグ f 2 は、オフが初期状態とされ、高压タンク 3 0 に水素ガスが充填された際にも、オフに設定される。

#### 【0055】

図 8 ～ 図 9 に示すガス残存量の第 2 検出処理では、まず、制御部 9 0 は、k 値補正許可フラグ f 2 がオンか否かを判定する（ステップ S 5 0 1）。この k 値補正許可フラグ f 2 は、図 7 で説明したように、ガス圧降下量  $\Sigma dp_{tnk\_sns}$  が所定の降圧閾値（1.1 MPa）を超えるようガス圧降下が進んでいる状況下でセットされることから、ステップ S 5 0 1 での否定判定は、ガス圧降下量  $\Sigma dp_{tnk\_sns}$  が降圧閾値（1.1 MPa）を超えるまで継続され、制御部 9 0 は、ステップ S 5 0 1 での肯定判定に続く処理を行うことなく、本ルーチンを終了する。その一方、制御部 9 0 は、ステップ S 5 0 1 で肯定判定すると、水素ガス圧  $p_{tnk\_sns}$  に基づいたガス圧降下率  $dp_{tnk\_sns}$  を利用した水素残量指標  $p_{tnk}$  の設定を図るべく、上流側圧力センサー 5 0 から計測した水素ガス圧  $p_{tnk\_sns}$  に、図 7 のステップ S 4 1 0 で求めた傾き k の k 値補正係数  $k_{cor}$  を反映させ、傾き k の補正後の補正後水素ガス圧  $p_{sns\_kcor}$  を算出する（ステップ S 5 0 2）。この k 値補正係数  $k_{cor}$  の反映に当たっては、上記した数式（1）におけるオフセット値 ofs が排除できるようにした。つまり、傾き k に関するものについての補正反映を行った。その後、制御部 9 0 は、この補正後水素ガス圧  $p_{sns\_kcor}$  を微分演算に処して、水素ガス圧  $p_{tnk\_sns}$  を補正した補正後水素ガス圧  $p_{sns\_kcor}$  に基づいた補正後ガス圧降下率  $dp_{sns\_kcor}$  を算出する（ステップ S 5 0 3）。次いで、制御部 9 0 は、補正後ガス圧降下率  $dp_{sns\_kcor}$  を積分演算に処して、上流側圧力センサー 5 0 から得た水素ガス圧  $p_{tnk\_sns}$  を補正した補正後水素ガス圧  $p_{sns\_kcor}$  に基づいた補正後ガス圧降下量  $\Sigma dp_{sns\_kcor}$  を算出する（ステップ S 5 0 4）。

#### 【0056】

制御部 9 0 は、電流センサー 2 0 からの発電電流検出値に基づいた発電電流  $i_{fc}$  の計測と（ステップ S 5 0 5）、この発電電流  $i_{fc}$  の積分演算と（ステップ S 5 0 6）を順次行い、既述したように、電流センサー 2 0 から得た発電電流検出値に基づいた水素ガス消費量  $\Sigma i_{fc}$  を算出する。次いで、制御部 9 0 は、水素ガス消費量  $\Sigma i_{fc}$  を既述した閾値水素ガス消費量（例えば 1 0 0 0 A に対応するガス消費量）と対比し（ステップ S 5 0 7）、水素ガス消費が進んでいないとして否定判定すれば、何の処理を行うことなく本ルーチンを終了する。一方、水素ガス消費量  $\Sigma i_{fc}$  が上記の閾値水素ガス消費量に達していれば、制御部 9 0 は、ステップ S 5 0 7 での肯定判定に続いて、図 9 の処理に移行する。なお、上記の閾値水素ガス消費量は、1 0 0 0 A に対応するガス消費量に限られず、これより大きな電流、例えば 1 0 0 0 0 A に対応するガス消費量としてもよく、こうすれば、ステップ S 5 0 7 での肯定判定がなされるまでの期間が長くなるので、ランダムに発生する外乱の影響を抑制できる。

#### 【0057】

図 9 に示すステップ S 5 0 8 では、制御部 9 0 は、水素ガス消費量が所定燃料消費量（

10

20

30

40

50

例えば上記の閾値水素ガス消費量（１０００Ａ））に達するまでのガス圧基準降下量を、補正後ガス圧降下量 $\Sigma dp\_sns\_kcor$ から算出する。その後、制御部９０は、上流側圧力センサー５０の基準圧力値 $p\_tnk\_std$ をマップを参照して取得する（ステップＳ５０９）。図１０は水素ガス消費量が所定燃料消費量となる場合における圧力降下量と基準圧力値との関係を示すグラフである。この図１０は、横軸を、例えば上記の閾値水素ガス消費量（１０００Ａ）に達するまでの補正後ガス圧降下量 $\Sigma dp\_sns\_kcor$ とし、縦軸を、上流側圧力センサー５０の基準圧力値 $p\_tnk\_std$ として、実験的に求めたものであり、制御部９０は、この図１０に相当するマップを記憶部９２に記憶する。そして、制御部９０は、ステップＳ５０６にて補正後ガス圧降下量 $\Sigma dp\_sns\_kcor$ から算出したガス圧基準降下量を、図１０における横軸に当て嵌め、基準圧力値 $p\_tnk\_std$ を算出する。図１０の横軸は、補正後ガス圧降下量 $\Sigma dp\_sns\_kcor$ は、上流側圧力センサー５０から得た水素ガス圧 $p\_tnk\_sns$ に $k$ 値補正係数 $k\_cor$ を反映させた補正後の補正後水素ガス圧 $p\_sns\_kcor$ の微分演算（補正後ガス圧降下率 $dp\_sns\_kcor$ ）とこれに続く積分演算を受けたものである。よって、算出された基準圧力値 $p\_tnk\_std$ には、補正後ガス圧降下率 $dp\_sns\_kcor$ が反映することになる。

10

#### 【００５８】

次いで、制御部９０は、求めた基準圧力値 $p\_tnk\_std$ と、 $k$ 値補正係数 $k\_cor$ が反映済みの補正後水素ガス圧 $p\_sns\_kcor$ とから、上記した数式（１）におけるオフセット値 $ofs$ の補正值 $ofs\_cor$ を求める（ステップＳ５１０）。この求めた補正值 $ofs\_cor$ にあっても、補正後ガス圧降下率 $dp\_sns\_kcor$ が反映した基準圧力値 $p\_tnk\_std$ をその算出演算に用いることで、補正後ガス圧降下率 $dp\_sns\_kcor$ が反映することになる。そして、制御部９０は、上記した数式（１）に倣って、上流側圧力センサー５０の最終的な補正出力を、 $k$ 値補正係数 $k\_cor$ が反映済みの補正後水素ガス圧 $p\_sns\_kcor$ とオフセット値 $ofs$ の補正值 $ofs\_cor$ とから求め、これを補正算出済みの水素残量指標 $p\_tnk$ に設定する（ステップＳ５１１）。その後、制御部９０は、水素ガス圧 $p\_tnk\_sns$ の補正許可フラグ $f1$ をオンに設定して（ステップＳ５１２）、本ルーチンを終了する。この際、ステップＳ５１１で設定した水素残量指標 $p\_tnk$ に基づいて、上記の実施形態のように、高压タンク３０における水素ガスの残存量を算出するようにしてもよい。

20

#### 【００５９】

以上説明した図７～図９の第１、第２の検出処理による実施形態によっても、水素残量指標 $p\_tnk$ を求めるに当たって補正後ガス圧降下率 $dp\_sns\_kcor$ を用いることで、上記の実施形態と同様の効果を奏することができる。しかも、第１、第２の検出処理による実施形態では、検出誤差を生じる主因となるオフセット値 $ofs$ について、補正後ガス圧降下率 $dp\_sns\_kcor$ に基づいて補正しているので、より正確に水素残量指標 $p\_tnk$ を求めて、より正確な水素ガスの残存量の検出を行うことができる。

30

#### 【００６０】

本発明は、上述の実施形態に限られるものではなく、その趣旨を逸脱しない範囲において種々の構成で実現することができる。例えば、発明の概要の欄に記載した各形態中の技術的特徴に対応する実施形態の技術的特徴は、上述の課題の一部又は全部を解決するために、或いは、上述の効果の一部又は全部を達成するために、適宜、差し替えや、組み合わせを行うことが可能である。また、その技術的特徴が本明細書中に必須なものとして説明されていなければ、適宜、削除することが可能である。

40

#### 【００６１】

上記の実施形態では、燃料電池１０に高压タンク３０から水素ガスを供給する燃料電池システム５について説明したが、天然ガス等の燃料ガスを燃焼させる内燃機関を有するシステムや、この内燃機関を搭載した車両にも適用できる。

#### 【符号の説明】

#### 【００６２】

５…燃料電池システム

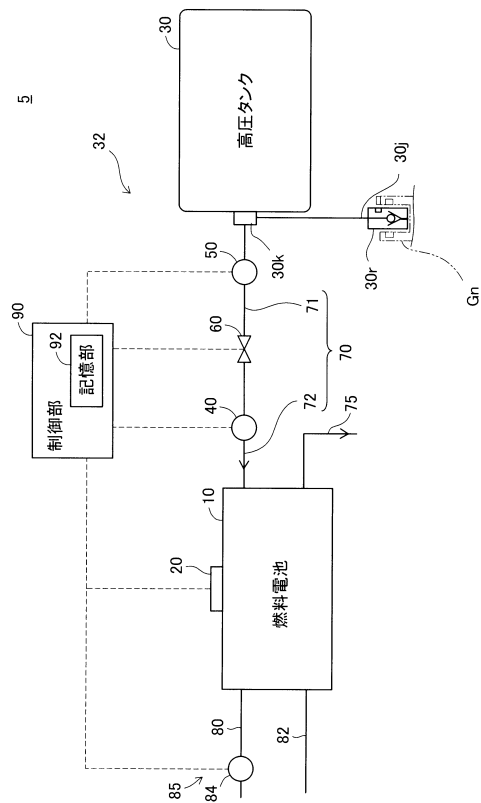
１０…燃料電池

50

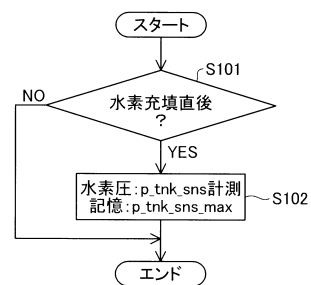
- 20…電流センサー
- 30…高圧タンク
- 30j…ガス充填用管路
- 30k…口金
- 30r…レセプタクル
- 32…燃料ガス給排系
- 40…下流側圧力センサー
- 50…上流側圧力センサー
- 60…減圧弁
- 70…燃料ガス供給配管
- 71…上流側供給配管
- 72…下流側供給配管
- 75…燃料ガス排出配管
- 80…酸化剤ガス供給配管
- 82…酸化剤ガス排出配管
- 84…エアコンプレッサ
- 85…酸化剤ガス給排系
- 90…制御部
- 92…記憶部

10

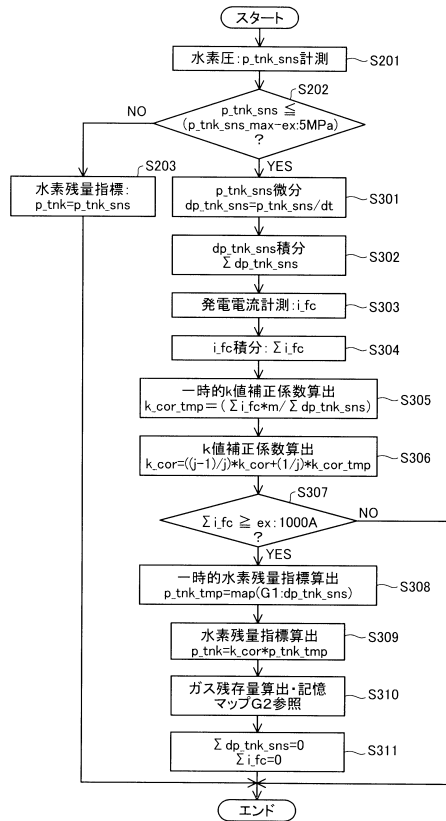
【図 1】



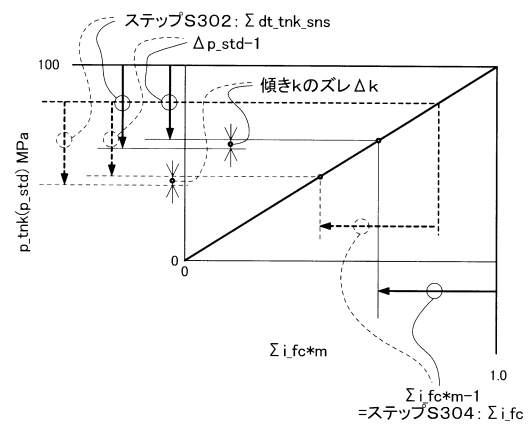
【図 2】



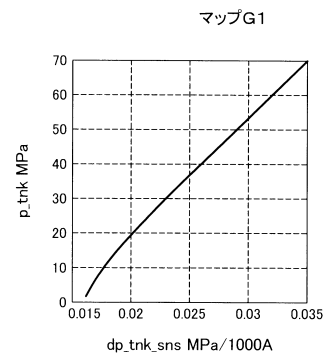
【図 3】



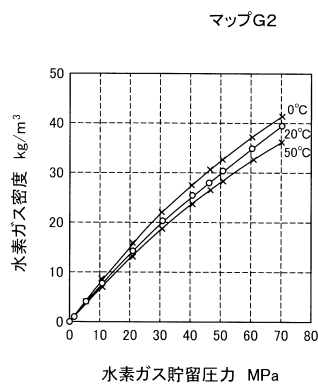
【図 4】



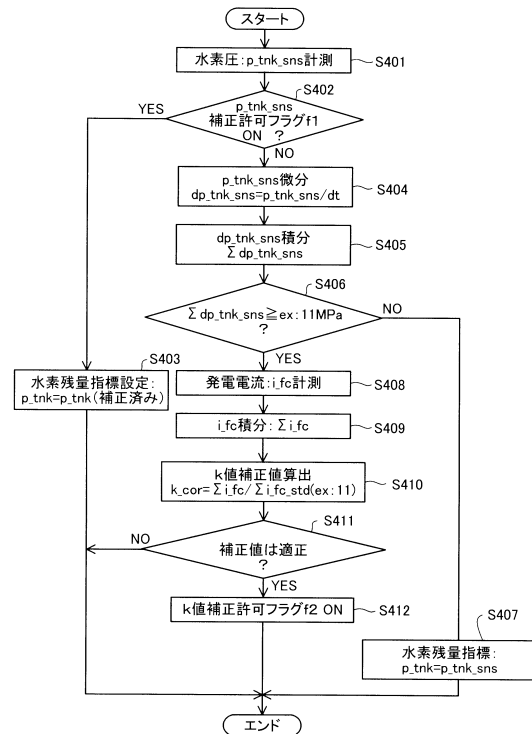
【図 5】



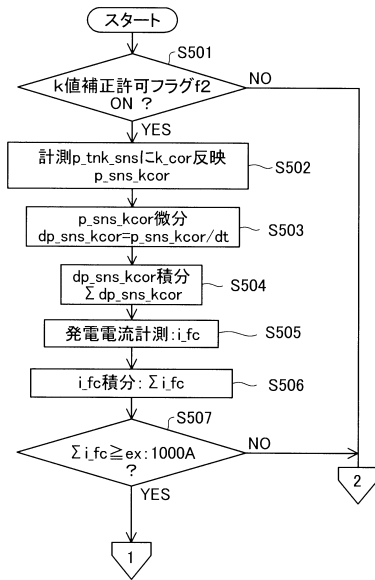
【図 6】



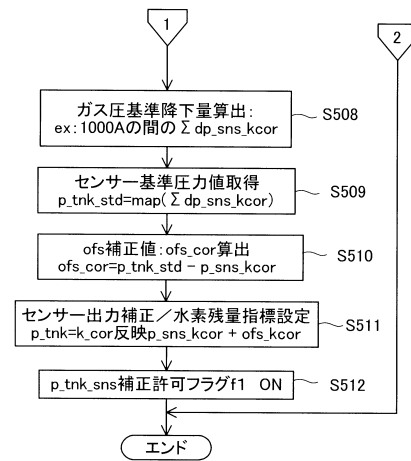
【図 7】



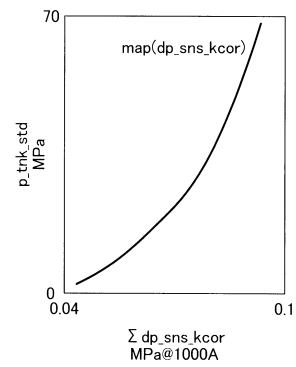
【図 8】



【図 9】



【図 10】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2007-244036 (JP, A)  
特開2009-117191 (JP, A)  
特開2008-140642 (JP, A)  
特開2009-108926 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
F17C 13/02  
F17C 7/00  
H01M 8/04  
H01M 8/10