

(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
2014年10月16日(16.10.2014)



(10) 国際公開番号
WO 2014/167764 A1

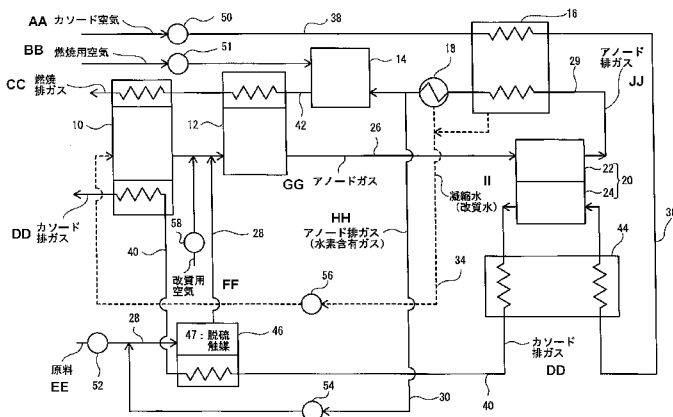
- (51) 国際特許分類:
H01M 8/06 (2006.01) H01M 8/12 (2006.01)
H01M 8/04 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/000877
- (22) 国際出願日: 2014年2月20日(20.02.2014)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2013-083269 2013年4月11日(11.04.2013) JP
- (71) 出願人: パナソニック株式会社 (PANASONIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒5718501 大阪府門真市大字門真1006番地 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 尾沼 重徳 (ONUMA, Shigenori). 鵜飼 邦弘 (UKAI, Kunihiro). 丸山 剛広 (MARUYAMA, Takehiro).
- (74) 代理人: 特許業務法人 有古特許事務所 (PATENT CORPORATE BODY ARCO PATENT OFFICE); 〒6500031 兵庫県神戸市中央区東町123番地の1 貿易ビル3階 Hyogo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, 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, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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, 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, KM, 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

(54) 発明の名称: 燃料電池システム



- 47 Desulfurization catalyst
- AA Cathode air
- BB Combustion air
- CC Combustion exhaust gas
- DD Cathode exhaust gas
- EE Raw material
- FF Reforming air
- GG Anode gas
- HH Anode exhaust gas (hydrogen-containing gas)
- II Condensed water (reformed water)
- JJ Anode exhaust gas

(57) Abstract: A fuel cell system comprises: a fuel cell (20) for generating power by a power generation reaction using a fuel supplied to an anode (22) and cathode air supplied to a cathode (24); a cathode air heat exchanger (44) for exchanging heat between cathode exhaust gas that is the air after being used in the fuel cell (20) and air to be supplied to the cathode (24) and transferring part of the thermal energy possessed by the cathode exhaust gas to the air; a desulfurization unit (46) for removing sulfur components from a supplied raw material; and a reformer (12) for generating a reformed gas serving as the fuel from a vapor and the raw material from which the sulfur components have been removed by the desulfurization unit (46). At least the cathode exhaust gas from which the part of the thermal energy is lost by the heat exchange in the cathode air heat exchanger (44) is supplied to the desulfurization unit (46) to heat the desulfurization unit (46) by the thermal energy possessed by the cathode exhaust gas.

(57) 要約: 燃料電池システムは、アノード(22)に供給された燃料とカソード(24)に供給されたカソード空気とを利用して発電反応により発電する燃料電池(20)と、燃料電池(20)において利用された後の空気であるカソード排ガスとカソード(2

4)に供給される空気との間で熱交換し、このカソード排ガスが有する熱エネルギーの一部を空気に移動させるカソード空気熱交換器(44)と、供給された原料の硫黄成分を除去する脱硫部(46)と、脱硫部(46)によって硫黄成分が除去された原料および水蒸気から燃料となる改質ガスを生成する改質器(12)と、を備え、少なくとも、カソード空気熱交換器(44)での熱交換により熱エネルギーの一部が失われたカソード排ガスを、脱硫部(46)に供給し、カソード排ガスが有する熱エネルギーにより脱硫部(46)を加熱する。



WO 2014/167764 A1

明 細 書

発明の名称：燃料電池システム

技術分野

[0001] 本発明は、少なくとも硫黄成分を含有する有機化合物の原料から硫黄成分を脱硫するための脱硫部を備えた燃料電池システムに関する。特に、水添脱硫法により原料から硫黄成分を脱硫する脱硫部を備えた燃料電池システムに関する。

背景技術

[0002] 近年、分散型発電システムとして燃料電池システムの開発及び商品化が進められている。燃料電池システムには、原料として炭素および水素成分を含有する有機化合物が供給される。そして、燃料電池システムは、供給された原料を、例えば燃料電池内部で改質して水素を生成する。あるいは燃料電池外部に改質器を備え、この改質器によって原料を改質して水素を含有する改質ガスを生成する。このようにして水素が生成されると、燃料電池がこの水素と外部から供給された空気とを利用して発電反応により電気と熱とを発生させる。

[0003] 以上のように構成される燃料電池システムは、電気エネルギー及び熱エネルギーを効率良く得られることから、地球温暖化の原因である二酸化炭素の削減に有効なエネルギー供給システムとして期待されている。

[0004] また、燃料電池システムに供給する原料として、例えば、液化石油ガス（LPG）、液化天然ガス（LNG）、都市ガス、シェールガス、およびメタンハイドレード等を利用することができる。このような原料には腐臭剤が添加されており、原料自体、あるいは原料に添加された腐臭剤に硫黄成分が含まれている。この硫黄成分を含有する原料が改質器等を經由して燃料電池のアノードに供給されると、この硫黄成分によってアノードを被毒してしまい燃料電池性能の劣化を招いたり、改質器に含まれる改質触媒を被毒してしまい改質性能の劣化を招いたりする。そのため、原料中の硫黄成分をppbオ

ーダーまで低減させてから、アノードおよび改質器に原料を供給することが必要となる。

[0005] そこで、燃料電池システムでは、改質器の上流側に原料中の硫黄成分を低減させる機能を有する脱硫部が備えられる。なお、脱硫部により原料中の硫黄成分を除去する方法としては、常温で硫黄成分を触媒に物理吸着させ除去する常温脱硫方式、あるいは水素を利用して硫黄成分を除去する水添脱硫方式等が挙げられる。なお、水添脱硫方式の場合、脱硫部には所定の温度(例えば250℃～320℃程度)を活性温度域とする触媒が搭載される。そして、外部から供給された原料と水素とから硫化水素を生成し、硫化水素中の硫黄を触媒に化学吸着させる。

[0006] ところで、脱硫部は、安定して硫黄成分を除去するために所定の温度(例えば、水添脱硫方式の場合、250℃～320℃程度)に維持するために加熱することが必要である。このように、脱硫部を所定温度となるように加熱する燃料電池システムとして、例えば、特許文献1、2の燃料電池システムが開示されている。

[0007] 具体的には、特許文献1では、以下のようにして脱硫部を加熱する燃料電池システムが提示されている。すなわち、燃料電池のアノードから排出されたアノードオフガスとカソードから排出されたカソードオフガスとを一緒に燃焼させた燃焼排ガス(燃料電池排ガス)を生成する。そして、この燃焼排ガスとカソードに供給するカソード空気との間で熱交換をし、加熱されたカソード空気の一部を熱源として脱硫部に供給する。

[0008] また特許文献2では、脱硫部を所定の温度に維持するため、改質原料として改質器に供給される水(改質水)がバーナーから熱を奪い、この奪った熱を脱硫触媒に与える燃料電池システムが提示されている。

先行技術文献

特許文献

[0009] 特許文献1：特開2011-181268号公報

特許文献2：特開2009-234837号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0010] しかしながら、従来の燃料電池システムでは、脱硫するのに適切な温度となるように脱硫部を加熱することができないという問題がある。
- [0011] より具体的には、特許文献1は、カソードに供給するカソード空気の一部を分流させ、その一部のカソード空気を燃焼排ガスにより加熱させるために、脱硫用空気供給ラインとカソード用空気供給ラインとに分岐させている。そして、それぞれの供給ラインに流量制御バルブを備えるように構成されている。このような構成において、この流量制御バルブを制御して脱硫部に供給するカソード空気の流量を調整する。
- [0012] このように特許文献1では流量制御バルブを設け、それらを制御する構成となっているが、脱硫用空気供給ラインを流通するカソード空気の流量とカソード用空気供給ラインを流通するカソード空気の流量とをそれぞれ適切な流量となるように制御することが難しいという問題がある。このため、加熱された適切な流量のカソード空気を脱硫部に供給させることが困難となり、脱硫部の温度を適切な温度に維持できなくなる可能性がある。さらには、特許文献1の燃料電池システムは、別途、流量制御バルブを設けるため、その構成がより複雑化しコストがかかるという問題もある。
- [0013] また、特許文献2に係る燃料電池システムは、上述したように改質原料として改質器に供給される水がバーナーから熱を奪い、この奪った熱を脱硫触媒に与える構成である。このため、脱硫部の温度を100℃付近に維持する場合には適しているが、水添脱硫で必要な所定の温度(例えば250℃～320℃程度)には対応できないという問題がある。
- [0014] 本発明は、上述した問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、脱硫するのに適切な温度となるように脱硫部を加熱することができる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

- [0015] 本発明に係る燃料電池システムは、上記した課題を解決するために、アノ

ードに供給された燃料とカソードに供給された空気とを利用して発電反応により発電する燃料電池と、前記燃料電池において利用された後の空気であるカソード排ガスと前記カソードに供給される空気との間で熱交換することで、該カソード排ガスが有する熱エネルギーの一部を該空気に移動させるカソード空気熱交換器と、供給された原料の硫黄成分を除去する脱硫部と、前記脱硫部によって硫黄成分が除去された原料および水蒸気から前記燃料となる改質ガスを生成する改質器と、を備え、少なくとも、前記カソード空気熱交換器での熱交換により熱エネルギーの一部が失われたカソード排ガスを、前記脱硫部に供給し、該カソード排ガスが有する熱エネルギーにより該脱硫部を加熱する。

発明の効果

[0016] 本発明にかかる燃料電池システムは、以上に説明したように構成され、脱硫するのに適切な温度となるように脱硫部を加熱することができるという効果を奏する。

図面の簡単な説明

- [0017] [図1]実施形態1に係る燃料電池システムの一例を示すブロック図である。
[図2]図1に示す燃料電池システムが備える脱硫部の構成の一例を示す図である。
[図3]図1に示す燃料電池システムが備える脱硫部の構成の一例を示す図である。
[図4]実施形態2に係る燃料電池システムの一例を示すブロック図である。
[図5]実施形態3に係る燃料電池システムの一例を示すブロック図である。
[図6]実施形態4に係る燃料電池システムの一例を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

- [0018] 本発明では以下に示す態様を提供する。
[0019] 本発明の第1の態様に係る燃料電池システムは、アノードに供給された燃料とカソードに供給された空気とを利用して発電反応により発電する燃料電池と、前記燃料電池において利用された後の空気であるカソード排ガスと前

記カソードに供給される空気との間で熱交換することで、該カソード排ガスが有する熱エネルギーの一部を該空気に移動させるカソード空気熱交換器と、供給された原料の硫黄成分を除去する脱硫部と、前記脱硫部によって硫黄成分が除去された原料および水蒸気から前記燃料となる改質ガスを生成する改質器と、を備え、少なくとも、前記カソード空気熱交換器での熱交換により熱エネルギーの一部が失われたカソード排ガスを、前記脱硫部に供給し、該カソード排ガスが有する熱エネルギーにより該脱硫部を加熱する。

[0020] 上記した構成によると、カソード空気熱交換器を備えるため、カソードに供給する空気が予熱される一方で、カソードから排出されるカソード排ガスは、熱エネルギーの一部が失われた状態となる。そして、少なくともカソード空気熱交換器での熱交換により熱エネルギーの一部が奪われ、温度低下したカソード排ガスを脱硫部に供給し、この温度低下させられたカソード排ガスが有する熱エネルギーによりこの脱硫部を加熱することができる。すなわち、カソード空気熱交換器により、脱硫部を適切な温度で加熱できるようにカソード排ガスの温度を低下させ、そしてこの適切な温度に調整されたカソード排ガスを脱硫部に供給させることができる。

[0021] したがって、本発明の燃料電池システムは、脱硫するのに適切な温度となるように脱硫部を加熱することができるという効果を奏する。

[0022] なお、脱硫部に供給されるカソード排ガスは、少なくともカソード空気熱交換器での熱交換により熱エネルギーの一部が失われたものである。このため、カソード排ガスは、カソード空気熱交換器から直接、脱硫部に供給されてもよい。あるいは、更なる別の熱交換器等を介して熱エネルギーの一部がこの別の熱交換器等でさらに失われた状態でカソード排ガスは脱硫部に供給されてもよい。

[0023] また、本発明の第2の態様に係る燃料電池システムは、第1の態様に係る燃料電池システムにおいて、前記燃料電池において前記燃料として利用され、前記アノードから排出されたアノード排ガスと、前記カソードに供給される前の空気との間で熱交換し、該アノード排ガスが有する熱エネルギーの一

部を該空気に移動させることで、該アノード排ガスを凝縮させて凝縮水を回収するアノード排ガス凝縮器を備え、前記アノード排ガス凝縮器での熱交換によりアノード排ガスの有する熱の一部を得て予熱された空気を前記カソード空気熱交換器に供給するように構成されていてもよい。

[0024] 上記した構成によると、アノード排ガス凝縮器を備えるため、アノード排ガスを凝縮させ凝縮水を回収できる。このため、外気温が高温な場所であっても、アノード排ガスから凝縮水を回収でき、燃料電池システム運転した場合も水自立できる。また、アノード排ガスの流通する経路の途中でアノード排ガスが凝縮され水つまりが発生することを防ぐことができる。

[0025] また、空気をアノード排ガス凝縮器で予熱した上で、さらにカソード空気熱交換器に供給し、さらに加熱することができる。このため、空気を適切に予熱した状態でカソードに供給することができる。

[0026] また、本発明の第3の態様に係る燃料電池システムは、第2の態様に係る燃料電池システムにおいて、前記脱硫部は、前記原料の硫黄成分を水添脱硫法により除去するように構成されていてもよい。

[0027] また、本発明の第4の態様に係る燃料電池システムは、第3の態様に係る燃料電池システムにおいて、前記アノード排ガス凝縮器で凝縮水が回収されたアノード排ガスの一部を分流させ前記脱硫部の上流側に供給するための経路であるリサイクル経路をさらに備え、前記脱硫部は、前記アノード排ガスの一部と前記原料とを混合させた混合ガスにおいて、該原料中の硫黄成分を吸着する脱硫触媒を有するように構成されていてもよい。

[0028] 上記した構成によると、リサイクル経路を備えるため、水素含有ガスとしてアノード排ガスの一部を分流させて脱硫部に導くことができる。このため、脱硫部は、アノード排ガスに含まれる水素を利用して水添脱硫方式により原料中の硫黄成分を脱硫触媒に吸着させ、脱硫を行うことができる。

[0029] また、本発明の第5の態様に係る燃料電池システムは、第2から第4のいずれか1項態様に係る燃料電池システムにおいて、供給された燃焼用空気を利用して、前記アノード排ガス凝縮器によって凝縮水が回収されたアノード

排ガスを燃焼させる燃焼部をさらに備え、前記改質器は、前記燃焼部によってアノード排ガスが燃焼されることで生成された燃焼排ガスが有する熱エネルギーを利用して改質反応により、供給された前記原料及び水蒸気から前記改質ガスを生成するように構成されていてもよい。

[0030] 上記した構成によると燃焼部を備えているため、この燃焼部によって生成された燃焼排ガスが有する熱エネルギーを利用して改質器が所定の温度となるように加熱することができる。このため改質器を、改質反応を実施するために必要な所定の温度とすることができ、効率よく改質反応を実施することができる。

[0031] また、本発明の第6の態様に係る燃料電池システムは、第5の態様に係る燃料電池システムにおいて、前記改質器で熱エネルギーの一部が利用された燃焼排ガスが供給され、該燃焼排ガスの有する熱エネルギーを利用して前記凝縮水を気化させ、該改質器に供給する原料に添加させる水蒸気を生成する蒸発部を備えるように構成されていてもよい。

[0032] 上記した構成によると、蒸発部に改質器で熱利用され熱エネルギーの一部を失った燃焼排ガスが供給され、この燃焼排ガスの熱エネルギーを利用して凝縮水を気化させることができる。このため、蒸発部は、燃焼排ガスの有する熱エネルギーを有効活用し、水蒸気を生成することができる。

[0033] また、本発明の第7の態様に係る燃料電池システムは、第5の態様に係る燃料電池システムにおいて、前記改質器で熱エネルギーの一部が利用された燃焼排ガスと前記脱硫部を加熱することにより熱エネルギーの一部が利用されたカソード排ガスとがそれぞれ供給され、該燃焼排ガスおよび該カソード排ガスそれぞれが有する熱エネルギーにより、前記凝縮水を気化させ、前記改質器に供給される原料に添加する水蒸気を生成する蒸発部を備えるように構成されていてもよい。

[0034] 上記した構成によると、蒸発部を備え、該蒸発部には改質器で熱利用され熱エネルギーの一部を失った燃焼排ガスと、脱硫部で熱利用され熱エネルギーの一部を失ったカソード排ガスとが供給される。このため、例えば、燃焼

排ガスが有する熱エネルギーだけでは凝縮水を十分に気化できない場合であっても、この凝縮水の気化に必要な熱エネルギーの不足分をカソード排ガスが有する熱エネルギーによって補うことができる。

[0035] また、本発明の第8の態様に係る燃料電池システムは、第5の態様に係る燃料電池システムにおいて、前記改質器で熱エネルギーの一部が利用された燃焼排ガスと、前記カソード空気熱交換器での熱交換により熱エネルギーの一部が失われたカソード排ガスとがそれぞれ供給され、該燃焼排ガスおよび該カソード排ガスそれぞれが有する熱エネルギーにより、前記凝縮水を気化させ、前記改質器に供給される原料に添加する水蒸気を生成する蒸発部を備え、前記蒸発部で熱の一部が失われたカソード排ガスを前記脱硫部に供給し、該カソード排ガスが有する熱エネルギーにより該脱硫部を加熱するように構成されていてもよい。

[0036] 上記した構成によると、蒸発部を備え、該蒸発部には改質器で熱利用され熱エネルギーの一部を失った燃焼排ガスと、脱硫部で熱利用され熱エネルギーの一部を失ったカソード排ガスとが供給される。このため、例えば、燃焼排ガスが有する熱エネルギーだけでは凝縮水を十分に気化できない場合であっても、この凝縮水の気化に必要な熱エネルギーの不足分をカソード排ガスが有する熱エネルギーによって補うことができる。

[0037] また、カソード空気熱交換器で熱交換した後のカソード排ガスを、さらに蒸発部で熱利用して脱硫部に供給することができる。すなわち、カソード空気熱交換器での熱交換ではカソード排ガスを、脱硫部の加熱に最適な温度まで低下させることができないような場合であっても、さらに蒸発部で熱利用して脱硫部に供給することで、最適な温度のカソード排ガスを脱硫部に供給することができる。このため、脱硫部は適切に脱硫を行うことができる。

[0038] また、本発明の第9の態様に係る燃料電池システムは、第7の態様に係る燃料電池システムにおいて、前記蒸発部で熱エネルギーの一部が利用されたカソード排ガスと、前記燃焼部に供給される燃焼用空気とを熱交換させる熱交換器を備えるように構成されていてもよい。

[0039] また、本発明の第10の態様に係る燃料電池システムは、第8の態様に係る燃料電池システムにおいて、前記脱硫部で熱エネルギーの一部が利用されたカソード排ガスと、前記燃焼部に供給される燃焼用空気とを熱交換させる熱交換器を備えるように構成されていてもよい。

[0040] 以下、各実施形態の具体例について図面を参照しながら説明する。

[0041] なお、以下では、全ての図面を通じて同一又は相当する部材には同一の参照符号を付して、その説明を省略する。

[0042] (実施形態1)

まず、本発明の実施形態1について、図1を参照して説明する。図1は、実施形態1に係る燃料電池システムの一例を示すブロック図である。図1に示すように、実施形態1に係る燃料電池システムは、蒸発部10、改質器12、燃焼部14、アノード排ガス凝縮器16、アノード排ガス放熱器18、燃料電池20、カソード空気熱交換器44、および脱硫触媒47を搭載する脱硫部46を備えてなる構成である。

[0043] 実施形態1に係る燃料電池システムでは、以下のようにして発電が行われる。すなわち、実施形態1に係る燃料電池システムでは、原料を、まず脱硫部46に供給する。脱硫部46は、例えば、水添脱硫により硫黄成分を原料から取り除き、この脱硫後の原料を改質器12に供給する。なお、詳細は後述するが脱硫部46において水添脱硫を実施するために必要な水素は、燃料電池20で未利用のアノードガス（改質ガス）を含むアノード排ガスから分流したアノード排ガスの一部から得られるように構成されている。

[0044] 改質器12には、上記した脱硫後の原料に加えて、蒸発部10で凝縮水が気化された水蒸気と、外部から供給された改質用空気とが供給される。なお、実施形態1に係る燃料電池システムでは、詳細は後述するがアノード排ガスを凝縮させ、得られた凝縮水を改質水として利用するように構成されている。改質器12は、気化された凝縮水と改質用空気とを利用して、供給された原料を改質する。そして、改質器12は、燃料電池20の燃料として水素を含有するアノードガス（改質ガス）を生成し、このアノードガスを燃料電

池 20 のアノード 22 に供給する。

- [0045] 一方、燃料電池 20 のカソード 24 には外部からカソード空気(空気)が供給されており、このカソード 24 に供給されたカソード空気とアノード 22 に供給されたアノードガスとを利用して燃料電池 20 は発電反応により発電する。そして、燃料電池 20 の発電により得られた電力は、図示されない端子を介して外部負荷へと供給される。外部負荷としては、例えば、携帯電話等の無線基地局を構成する装置とすることができる。また、一般の家庭用や商業用分散型発電装置、もしくは、熱電併給装置とすることができる。
- [0046] なお、実施形態 1 に係る燃料電池システムが備える燃料電池 20 として、固体酸化物形燃料電池 (SOFC) を例に挙げて説明するが、水素を含有するアノードオフガスを排出する燃料電池であればよく、燃料電池 20 はこれに限定されるものではない。生成水 (水蒸気) がアノードオフガスに含まれており、外気温度が高温な場所であっても効率よくこのアノードオフガスから生成水を凝縮させることができる点で、例えば、固体酸化物形燃料電池または熔融炭酸塩形燃料電池 (MCFC) 等の燃料電池が有利である。
- [0047] 実施形態 1 に係る燃料電池システムにおいて外部から供給される原料としては、例えば、LPG ガス、プロパンガス、ブタンガス、あるいはメタンを主成分とする都市ガス等の有機化合物を含むガス、灯油、またはアルコール等を利用することができる。なお、原料として灯油またはアルコール等の液体原料を用いる場合、原料を改質器 12 に供給する前に、加熱して気化させておいてもよい。
- [0048] また、実施形態 1 に係る燃料電池システムが備える改質器 12 は、脱硫後の原料に含まれる炭化水素と、改質用空気に含まれる酸素と、を用いて、酸化的水蒸気改質反応 (Oxidative Steam Reforming) を行う。ただし、改質器 12 で実施される改質反応は酸化的水蒸気改質反応に限定されるものではなく、部分酸化改質反応、自己熱改質反応、あるいは水蒸気改質反応であってもよい。改質器 12 が酸化的水蒸気改質反応を実施する構成の場合、熱収支の点で改質反応が進行しやすくなり、水蒸気改質を利用する構成よりも改質

器 1 2 を小型化できる点で有利である。さらにまた、原料中に硫黄化合物が含まれていても一旦 SO_2 に変換した後、 H_2S に変換しやすく、燃料電池 20 内のアノード 22 の電極触媒の被毒を低減させることができる点でも有利である。

[0049] また、実施形態 1 に係る燃料電池システムが備える改質器 1 2 は、例えば、筐体内に改質触媒を充填してなる構成である。この充填される改質触媒は、例えば、ニッケル、ルテニウム、白金、ならびにロジウムのうち少なくとも一つを含浸したアルミナ担体を用いることができる。なお、改質触媒は特に限定されるものではなく、例えば、酸化的水蒸気改質反応を進行させることのできる多様な触媒を用いることができる。また、改質器 1 2 は、酸化的水蒸気改質反応を進行させるにあたり、所定の温度となるように維持される必要がある。実施形態 1 では、アノード排ガスを燃焼部 1 4 で燃焼させて生成された燃焼排ガスの熱エネルギーによって改質器 1 2 が所定の温度となるように加熱するように構成されている。

[0050] 燃料電池 20 は、上述したように、改質器 1 2 を介してアノード 22 へ供給される改質ガスであるアノードガスと、カソード 24 へ供給されるカソード空気とを用いて発電する。そこで、図 1 に示すように、カソード空気が流通するカソード空気経路 38 の途中には、カソード空気供給器 50 が備えられており、このカソード空気供給器 50 によってカソード 24 に供給される空気流量が調整される。また、原料が流通する原料経路 28 の途中には原料供給器 52 が備えられており、この原料供給器 52 によってアノード 22 に向かって供給される原料流量が調整される。

[0051] また、燃料電池 20 は、上述したように、改質器 1 2 により改質されたアノードガスが供給されるアノード 22 およびカソード空気が供給されるカソード 24 を有し、該アノード 22 と該カソード 24 との間で発電反応を行って発電する燃料電池単セルを複数枚、直列接続した構成となっている。

[0052] このような燃料電池単セルには、例えば、イットリウム (Y) 酸化物 (Y_2O_3) を添加したジルコニア (ZrO_2) であるイットリア安定化ジルコニア

(YSZ)を電解質等に用いた公知の構成を採用することができる。また、燃料電池単セルの材料としては、イッテルビウム(Yb)やスカンジウム(Sc)をドープしたジルコニア、あるいはランタンガレート系の固体電解質を用いることもできる。YSZを用いた燃料電池単セルでは、電解質の厚みにも依存するが、例えば、600℃から1000℃程度の温度範囲で発電反応が行われる。アノード22の電極材料としては、例えばニッケルとYSZの混合物等を用いる。一方、カソード24の電極材料としては、例えばランタン、ストロンチウム、マンガンを含む酸化物($\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{MnO}_3$)や、ランタン、ストロンチウム、コバルト、鉄を含む酸化物($\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{Co}_{0.2}\text{Fe}_{0.8}\text{O}_3$)等を用いる。また、燃料電池20のセルの構造は、例えば、平板型となっており、燃料電池20からアノード排ガスとカソード排ガスとが別々に排出されるように構成されている。なお、燃料電池20の構造は、特に平板型に限定されるものでなく、例えば、アノード排ガスとカソード排ガスとが別々に排出される形状であれば円筒型、または円筒平板型であってもよい。

[0053] ところで、上記した構成を有する燃料電池システムに供給される流体の流通経路は、主として、カソード空気およびカソード排ガスが流通する経路(カソード空気経路38、カソード排ガス経路40)と、原料、アノードガス、アノード排ガス、燃焼排ガスが流通する経路(原料経路28、アノードガス経路26、アノード排ガス経路29、燃焼排ガス経路42)とに大別できる。そこで、以下において、両者の経路についてそれぞれ個別に説明する。

[0054] (カソード空気、カソード排ガスの流通経路について)

まず、カソード空気およびカソード排ガスが流通する経路について説明する。

[0055] カソード空気は、カソード空気供給器50によってカソード空気経路38を通じてアノード排ガス凝縮器16に供給される。アノード排ガス凝縮器16に供給されたカソード空気は、このアノード排ガス凝縮器16に別経路で供給されているアノード排ガスとの熱交換により加熱(予熱)される。そして、このように予熱された状態でカソード空気はカソード空気熱交換器44

に供給される。カソード空気熱交換器 44 では、燃料電池 20 のカソード 24 に供給される前のカソード空気と、カソード 24 から排出された後のカソード排ガスとがそれぞれ供給されるように構成されており、両者の間で熱交換が行われる。

[0056] カソード 24 から排出された直後のカソード排ガスは、約 850℃程度と高温を有している。このため、カソード空気は、カソード空気熱交換器 44 におけるカソード排ガスとの熱交換により、約 650℃程度まで加熱される。逆に、カソード排ガスは、例えば 350℃～380℃程度まで温度が下げられた状態でカソード排ガス経路 40 を通じて脱硫部 46 に供給される。なお、カソード排ガスはカソード排ガス経路 40 を流通している間に放熱し、例えば 250℃～320℃程度まで温度が下がった状態で脱硫部 46 に供給される。

[0057] なお、カソード排ガス経路 40 中においてカソード排ガスの放熱がほとんど生じないように構成されている場合は、カソード空気熱交換器 44 を流通させるカソード空気およびカソード排ガスの流量を変更したり、両者が熱交換できる区間を大きくしたりすることでカソード排ガスの温度が例えば 250℃～320℃程度となるように調節できる。

[0058] このように、脱硫部 46 には、250℃～320℃程度のカソード排ガスが供給されるため、このカソード排ガスが有する熱エネルギーの一部を利用して水添脱硫方式において所望される温度に脱硫部 46 を加熱させることができる。また、脱硫部 46 を加熱することで熱エネルギーの一部を失ったカソード排ガスは蒸発部 10 に供給される。そして、蒸発部 10 では、カソード排ガスが有する熱エネルギーの一部を、凝縮水を気化させるために利用する。

[0059] (原料、アノードガス、アノード排ガス、および燃焼排ガスが流通する経路について)

次に、原料、アノードガス、アノード排ガス、および燃焼排ガスが流通する経路についてより詳細に説明する。

[0060] 原料供給器 5 2 によって原料経路 2 8 を流通する原料は、水素供給器 5 4 によりリサイクル経路 3 0 を流通するアノード排ガスの一部と合流し、脱硫部 4 6 に供給される。脱硫部 4 6 は、上記したように、カソード排ガスの保有する熱エネルギーによって所定の温度に維持されており、供給された原料とアノード排ガスに含まれる水素とから硫化水素を生成し、硫化水素中の硫黄を脱硫触媒 4 7 に化学吸着させる。このようにして脱硫された原料は、蒸発部 1 0 により気化された凝縮水と、改質用エアポンプ 5 8 によって供給された改質用空気とともに改質器 1 2 に供給される。

[0061] 改質器 1 2 では、上述したように、気化された凝縮水と改質用空気とを利用して、供給された原料を改質して水素を含有する改質ガス（アノードガス）を生成し、アノードガス経路 2 6 を通じて、このアノードガスを燃料電池 2 0 のアノード 2 2 に供給する。燃料電池 2 0 のアノード 2 2 に供給されたアノードガスは、アノード排ガスとして排出される。そして、アノード排ガスはアノード排ガス経路 2 9 を通じてアノード排ガス凝縮器 1 6 に導かれる。また、上述したようにこのアノード排ガス凝縮器 1 6 には、カソード 2 4 に供給される前のカソード空気も導かれており、両者の間で熱交換される。これにより、燃料電池 2 0 から排出され高温（例えば、850℃程度）なアノード排ガスの有する熱エネルギーの一部がカソード空気に移動し、カソード空気が加熱される。このときカソード空気の温度は、例えば、常温から 260℃程度まで上昇する。

[0062] 一方、アノード排ガスは、このカソード空気との熱交換により、熱エネルギーの一部を失い、温度低下する。そして、アノード排ガスは、温度低下することで凝縮され、凝縮水が生成される。さらにアノード排ガスは、アノード排ガス凝縮器 1 6 の下流側に配置されたアノード排ガス放熱器 1 8 において、大気との間での熱交換により冷却される。そして、アノード排ガスは、この大気との熱交換によりさらに温度低下が進み、さらに凝縮され凝縮水が生成される。アノード排ガス凝縮器 1 6 およびアノード排ガス放熱器 1 8 で生成された凝縮水は、改質水として、改質水ポンプ 5 6 によって凝縮水経路

34を通じて蒸発部10に送出される。

[0063] なお、アノード排ガス放熱器18は、アノード排ガスから回収できる凝縮水の量を増やすために設けられたものである。それゆえ、アノード排ガス凝縮器16のみで、改質器12で必要となる流量の凝縮水を回収できる場合は、必ずしも備える必要はない。

[0064] アノード排ガス放熱器18を流通したアノード排ガスは、燃焼部14において燃焼用空気とともに燃焼される。すなわち、燃焼エア供給器51により外部から燃焼用空気が燃焼部14に供給されており、この燃焼用空気とアノード排ガスとを混合させて燃焼部14で燃焼させる。そして、この燃焼により生成された燃焼排ガスは改質器12に導かれる。そして、改質器12は、供給された燃焼排ガスの有する熱エネルギーによって酸化的水蒸気改質を実施するために必要な所定の温度となるように加熱される。

[0065] 改質器12において熱エネルギーの一部を失った燃焼排ガスは、蒸発部10に供給される。そして、蒸発部10では、燃焼排ガスが有する熱エネルギーによって凝縮水が加熱される。つまり、蒸発部10は、上述したように凝縮水をカソード排ガスが有する熱エネルギーと燃焼排ガスが有する熱エネルギーとによって気化させるように構成されている。ただし、燃焼排ガスが有する熱エネルギーのみで凝縮水を十分に気化させることができる場合は、カソード排ガスを蒸発部10に供給させる必要はない。

[0066] 以上のように、実施形態1に係る燃料電池システムは、アノード排ガスから凝縮水を回収し、カソード排ガスを使って、脱硫部46を所定の温度に維持するために加熱する構成となっている。これは、カソード排ガスよりもアノード排ガスの方が流通する流量が少なく、かつ含まれる水蒸気が多いため、アノード排ガスからの方が効率よく凝縮水を回収できるからである。

[0067] また、実施形態1に係る燃料電池システムは、上記したように、6つの熱交換器（第1の熱交換器～第6の熱交換器）を備え、それぞれで熱交換が行われる構成であるとも言える。

[0068] つまり、カソード空気熱交換器44において、カソード24に供給される

前のカソード空気とカソード 24 から排出されたカソード排ガスとの間で熱交換が行われる。すなわち、カソード空気熱交換器 44 が第 1 の熱交換器として機能する。

[0069] さらに、脱硫部 46 において、カソード空気熱交換器 44 を通過した後のカソード排ガスと、分流させられたアノード排ガスの一部と原料とを混合させた混合ガスとの間で熱交換が行われる。すなわち、脱硫部 46 が第 2 の熱交換器として機能する。

[0070] また、アノード排ガス凝縮器 16 において、アノード 22 から排出されたアノード排ガスと、カソード空気との間で熱交換が行われる。すなわち、アノード排ガス凝縮器 16 が第 3 の熱交換器として機能する。

[0071] アノード排ガス放熱器 18 において、既にアノード排ガス凝縮器 16 でカソード空気との熱交換により熱エネルギーの一部が失われたアノード排ガスと、大気との間で熱交換が行われる。すなわち、アノード排ガス放熱器 18 が第 4 の熱交換器として機能する。

[0072] また、改質器 12 において、燃焼部 14 でアノード排ガスを燃焼して生成された燃焼排ガスと、蒸発部 10 で気化された凝縮水を添加した原料との間で熱交換が行われる。この熱交換により改質器 12 において原料を改質させるために必要な改質熱を燃焼排ガスから得ることができる。すなわち、改質器 12 が第 5 の熱交換器として機能する。

[0073] また、蒸発部 10 において、改質器 12 で熱エネルギーの一部を失った燃焼排ガスと、凝縮水との間で熱交換が行われる。さらに脱硫部 46 を通過した後のカソード排ガスと凝縮水との間で熱交換が行われる。この熱交換により蒸発部 10 において凝縮水を気化させるために必要な熱エネルギーを燃焼排ガスおよびカソード排ガスから得ることができる。すなわち、蒸発部 10 が第 6 の熱交換器として機能する。

[0074] また、実施形態 1 に係る燃料電池システムは、上記したようにカソード空気供給器 50、燃焼エア供給器 51、原料供給器 52、水素供給器 54 をそれぞれ備える構成であった。カソード空気供給器 50 および燃焼エア供給器

51は、例えば、ブロアなどの送風機であってもよい。また、原料供給器52は、例えば、原料ブースター、減圧器などであってもよい。水素供給器54は、例えば、ポンプであってもよいし、エゼクタ、オリフィス等であってもよい。

[0075] (脱硫部の構成)

次に図2を参照して、脱硫部46の構成について説明する。図2は、図1に示す燃料電池システムが備える脱硫部46の構成の一例を示す図である。図2に示すように、脱硫部46は、原料およびアノード排ガスの混合ガスと、カソード排ガスとが混合せず流通可能な二重管構造となっている。すなわち、脱硫部46は、より径が大きい管（外管）の中により径が小さい管（内管）が配置された構造となっている。そして、内管には脱硫触媒47が充填されており、この内管内を原料とアノード排ガス（水素含有ガス）が流通する。一方、内管の外周を取り囲む空間（外管と内管との間に形成される空間）をカソード排ガスが、原料とアノード排ガスの混合ガスの流通方向とは対向する方向で流通する。そして、両者が脱硫部46を通過する際に熱交換が行われる。

[0076] 具体的には、カソード排ガスは脱硫部46に270～350℃で供給され、混合ガスに熱を与え、250～330℃で脱硫部46から排出される。尚、この温度下降分(約20℃)は、前記混合ガスに熱を与えるだけでなく、放熱分も含まれる。一方、原料ガスとアノード排ガス（水素含有ガス）との混合ガスは、脱硫部46に常温で供給され、カソード排ガスから熱を奪い、250～330℃で排出される。なお、脱硫部46に搭載される脱硫触媒47には水添脱硫に適した触媒(例えば、銅、酸化亜鉛、および酸化アルミの混合物)などがある。

[0077] このように、流量が大きく熱容量も大きいカソード排ガスを内管の外周を流通させることで、脱硫部46の温度を一定となるように維持することが容易となる。それゆえ、脱硫部46を、触媒活性温度域となる所定の温度(例えば250℃～320℃程度)に維持させることができる。

- [0078] また、脱硫部46の構成は、図2に示す構成に限定されるものではない。例えば、図3に示すように内管をカソード排ガスが流通し、その外周を原料とアノード排ガス（水素含有ガス）との混合ガスが流通する構成としてもよい。図3は、図1に示す燃料電池システムが備える脱硫部46の構成の一例を示す図である。
- [0079] すなわち、図3に示す脱硫部46は、図2に示す脱硫部46と同様に二重管構造をとっているが、二重管のうち内管をカソード排ガスが流通し、内管の外周(内管と外管との間に形成される空間)を原料とアノード排ガス（水素含有ガス）との混合ガスが流通する構成となっている。
- [0080] このように脱硫部46を構成する場合、図2に示す構成よりも熱容量の大きいカソード排ガスの放熱面積を小さくすることができるため、脱硫部46から排出されるカソード排ガスの温度を10℃程度上昇（260～340℃）させることができる。
- [0081] したがって、脱硫部46の下流にある蒸発部10に供給するカソード排ガスの熱量および温度ともに上昇するため、燃料電池システムを高効率に運転することができる。つまり、蒸発部10に供給するカソード排ガスの熱量および温度がともに上昇すると、蒸発部10の温度が高くなる。この結果、蒸発部10で気化され、排出される凝縮水の温度が上昇し、さらには、この気化された凝縮水が添加された原料の温度も上昇することとなる。
- [0082] このように改質器12に供給される原料の温度が上昇するため、この原料を利用して改質器12により生成されたアノードガスの温度も上昇する。これにより、燃料電池20における熱自立とその温度維持とのために必要となる燃料の流量を低減させることができる。つまり、燃料電池システムにおいて、発電反応以外に利用する燃料の流量を低減させることができるため、燃料電池システムに投入し発電反応に利用される燃料の割合を向上させることができる。その結果、所定の電力を発電するために外部から燃料電池システムに供給させる原料の流量を低減させることができる。よって、実施形態1に係る燃料電池システムは高効率な運転を実現できる。

[0083] 以上のように、実施形態 1 に係る燃料電池システムでは、例えば、上述した特許文献 1 に開示された燃料電池システムのような特別な制御を必要としないで、脱硫部 46 を所定の温度に容易に維持することができる。そのため、高信頼性、高効率、ならびに低コストとなる燃料電池システムを提供することができる。

[0084] (実施形態 2)

次に、図 4 を用いて、実施形態 2 に係る燃料電池システムについて説明する。なお、実施形態 2 に係る燃料電池システムにおいて、実施形態 1 に係る燃料電池システムと同じ構成(部材)および動作となる部分については、その説明を省略するものとする。図 4 は、実施形態 2 に係る燃料電池システムの一例を示すブロック図である。

[0085] 図 4 に示すように、実施形態 2 に係る燃料電池システムは、カソード排ガスの流通する経路(カソード排ガス経路 40)が実施形態 1 に係る燃料電池システムと異なる。具体的には、実施形態 1 では、カソード排ガスは、カソード空気熱交換器 44 から排出された後、脱硫部 46、蒸発部 10 の順にカソード排ガス経路 40 を流通する。これに対して実施形態 2 では、カソード空気熱交換器 44 から排出された後、蒸発部 10、脱硫部 46 の順にカソード排ガス経路 40 を流通する点で異なる。

[0086] 例えば、カソード空気熱交換器 44 から排出されたカソード排ガスの温度(約 350℃~380℃程度)が脱硫部 46 に至るまでに放熱により約 250℃~320℃程度まで低下しない場合、脱硫部 46 よりも前に蒸発部 10 にカソード排ガスを供給する。そして、蒸発部 10 で改質水との熱交換により 250℃~320℃程度まで温度を下げてから脱硫部 46 に供給する。

[0087] このように構成することで、カソード空気熱交換器 44 から脱硫部 46 に供給するカソード排ガスの温度が高すぎる場合、蒸発部 10 における熱交換でカソード排ガスの温度を適温まで低下させた上で脱硫部 46 に供給することができる。もしくは、脱硫部 46 において充填されている脱硫触媒 47 の活性温度域が上述した 250℃~320℃の範囲よりも例えば、100℃~

250℃と低い場合、脱硫部46の温度をこの温度範囲に安定的に維持させる場合にも有効である。

[0088] (実施形態3)

次に、図5を用いて、実施形態3に係る燃料電池システムについて説明する。なお、実施形態3に係る燃料電池システムにおいて、実施形態1に係る燃料電池システムと同じ構成(部材)および動作となる部分については、その説明を省略するものとする。図5は、実施形態3に係る燃料電池システムの一例を示すブロック図である。

[0089] 図5に示すように、実施形態3に係る燃料電池システムは、新たに熱交換器48を備える点と、カソード排ガスの流通する経路(カソード排ガス経路40)とが実施形態1に係る燃料電池システムと異なる。具体的には、実施形態1では、カソード排ガスは、カソード空気熱交換器44から排出された後、脱硫部46、蒸発部10の順にカソード排ガス経路40を流通する。これに対して実施形態3では、蒸発部10の下流側に熱交換器48をさらに設け、この熱交換器48において蒸発部10から排出されたカソード排ガスと燃焼部14に供給する前の燃焼用空気との間で熱交換を行う。そして、カソード排ガスが有する熱エネルギーを燃焼用空気に加え、これにより燃焼用空気を予熱させる点で異なる。

[0090] このように実施形態3に係る燃料電池システムでは、燃焼用空気を予熱することができるため、燃焼部14へ供給させる燃焼用空気の温度を上昇させることができる。また、燃焼用空気の温度を上昇させることができるため、燃焼部14の温度も上昇させることができる。

[0091] このように燃焼部14の温度を上昇させることができると、燃焼部14から改質器12に排出される燃焼排ガスの温度が上昇し、これによって、改質器12の温度も上昇する。さらに、改質器12の温度が上昇すると、この改質器12における改質効率の向上および改質器12から排出されるアノードガスの温度も上昇する。また、燃料電池システムにおいて、燃焼部14を所定温度にする際は、燃焼に利用するアノード排ガスの流量を低減させること

ができるため、燃料電池システムに投入する燃料を低減でき、発電反応に利用される燃料の割合を向上させることができる。その結果、所定の電力を発電するために外部から燃料電池システムに供給させる原料の流量を低減させることができる。よって、システム効率が向上する。

[0092] また、改質器 12 からアノード 22 へ投入するアノードガスの温度を上昇させると、燃料電池 20 においてアノード 22 を所定温度に維持することが容易となり、アノード 22 での内部改質による温度低下を防ぐことができる。このため、燃料電池 20 の温度の安定化を図ることができ、燃料電池 20 の信頼性および耐久性を向上させることができる。また、燃料電池システムにおいて、発電反応以外に利用する燃料の流量を低減することができるため、燃料電池システムに投入し発電反応に利用される燃料の割合を向上させることができる。その結果、所定の電力を発電するために外部から燃料電池システムに供給させる原料の流量を低減させることができ、システム効率が向上できる。

[0093] (実施形態 4)

次に、図 6 を用いて、実施形態 4 に係る燃料電池システムについて説明する。なお、実施形態 4 に係る燃料電池システムにおいて、実施形態 1 に係る燃料電池システムと同じ構成(部材)および動作となる部分については、その説明を省略するものとする。図 6 は、実施形態 4 に係る燃料電池システムの一例を示すブロック図である。

[0094] 図 6 に示すように、実施形態 4 に係る燃料電池システムは、実施形態 1 に係る燃料電池システムと比較して、新たに熱交換器 48 を備える点と、カソード排ガスの流通する経路(カソード排ガス経路 40)とが異なる。具体的には、実施形態 1 では、カソード排ガスは、カソード空気熱交換器 44 から排出された後、脱硫部 46、蒸発部 10 の順にカソード排ガス経路 40 を流通する。これに対して実施形態 4 では、脱硫部 46 の下流側に熱交換器 48 をさらに設ける。そして、カソード排ガスは、カソード空気熱交換器 44 から排出された後、蒸発部 10、脱硫部 46、熱交換器 48 の順にカソード排

ガス経路40を流通する点で異なる。

[0095] すなわち、実施形態4に係る燃料電池システムは、実施形態2に係る燃料電池システムと実施形態3に係る燃料電池システムとを組み合わせた構成となっている。このため、上述したように実施形態4に係る燃料電池システムは、実施形態2および実施形態3に係る燃料電池システムが有する効果を得られることができる。

[0096] 具体的には、実施形態4に係る燃料電池システムは、実施形態2に係る燃料電池システムと同様に、脱硫触媒47の活性温度域が100～250℃となる場合、この脱硫触媒47の活性温度範囲となるように脱硫部46を維持することができる。もしくは、カソード空気熱交換器44から排出されたカソード排ガスの温度が高すぎるために、脱硫部46に所望の温度範囲よりも高い温度で供給されるような場合、蒸発部10でカソード排ガスの温度を所望の温度範囲まで下げた上で脱硫部46に供給させることができる。

[0097] また、実施形態4に係る燃料電池システムは、実施形態3に係る燃料電池システムと同様に、燃料電池20の信頼性および耐久性を向上させることができる。さらに、燃料電池システムにおいて、発電反応以外に利用する燃料の流量を低減させることができるため、燃料電池システムに投入し発電反応に利用される燃料の割合を向上させることができる。その結果、所定の電力を発電するために外部から燃料電池システムに供給させる原料の流量を低減させることができ、システム効率を向上できる。

[0098] なお、上記した実施形態1から4では、脱硫部46において水添脱硫を実施するために必要な水素は、燃料電池20で未利用のアノードガス（改質ガス）を含むアノード排ガスから分流したアノード排ガスの一部から得るように構成されていた。しかしながらこの構成に限定されるものではなく、例えば、改質器12で生成されたアノードガス（水素含有ガス）の一部を分流させて脱硫部46の上流側に導くように構成してもよい。さらには、別途、外部から水素を脱硫部46に供給するように構成してもよい。

[0099] しかしながら、アノード22から排出されたアノード排ガスから水素を得

る構成の方が、水素を外部から供給させる構成と比較して、水素をわざわざ用意する必要がなくコストを低減できるので有利である。また、改質器12で生成されたアノードガスの一部から水素を得る構成では、分流させるアノードガスの分も見越して余分にアノードガスを生成する必要があるが、アノード22から排出されたアノード排ガスから水素を得る構成では、このように余分にアノードガスを生成する必要がなく有利である。

[0100] なお、上記では脱硫部46は、供給された原料とアノード排ガスに含まれる水素とから硫化水素を生成し、硫化水素中の硫黄を脱硫触媒47に化学吸着させる、いわゆる水添脱硫法により原料の硫黄成分を除去する構成であった。しかしながら脱硫部46は水添脱硫法以外の方法により、硫黄を常温よりも高い温度（例えば、約70℃から250℃）で吸着する脱硫触媒47を有したものであってもよい。このような脱硫触媒47としては、例えば、ゼオライトに銀、銅、または亜鉛などの金属、または金属酸化物、または金属と金属酸化物を担持してなる触媒を利用することができる。

[0101] 例えば、反応温度が約100℃前後の範囲となる触媒を脱硫触媒47として利用する場合、実施形態1、3に係る燃料電池システムでは、カソード排ガスの温度が例えば約100℃程度となるようにカソード空気熱交換器44で調節し、脱硫部46に供給させる。具体的には、カソード空気熱交換器44を流通させるカソード空気およびカソード排ガスの流量を変更したり、両者が熱交換できる区間を大きくしたりすることでカソード排ガスの温度を約100℃程度まで低下させる。

[0102] これに対して実地形態2、4に係る燃料電池システムでは、カソード排ガスをカソード空気熱交換器44および蒸発部10それぞれにおける熱交換により約100℃程度まで温度を下げてから脱硫部46に供給する。

[0103] また、脱硫部46が、硫黄を常温よりも高い温度で吸着する脱硫触媒47を有した構成の場合、脱硫部46に水素含有ガスを供給させる必要がない。このため、この場合は、アノード排ガスの一部を流通させるリサイクル経路30および水素供給器54が不要となる。

[0104] 上記発明から、当業者にとって、本発明の多くの改良や他の実施形態が明らかである。したがって、上記説明は、例示としてのみ解釈されるべきであり、本発明を実行する最良の態様を当業者に教示する目的で提供されたものである。本発明の精神を逸脱することなく、その構造及び／又は機能の詳細を実質的に変更できる。

産業上の利用可能性

[0105] 本発明の燃料電池システムは、脱硫部46を、適切な温度範囲となるように管理することができる構成である。このため、原料ガスから硫黄成分を取り除く脱硫部46を備えた燃料電池システムにおいて幅広く適用できる。

符号の説明

- [0106] 10 蒸発部
12 改質器
14 燃焼部
16 アノード排ガス凝縮器
18 アノード排ガス放熱器
20 燃料電池
22 アノード
24 カソード
26 アノードガス経路
28 原料経路
29 アノード排ガス経路
30 リサイクル経路
34 凝縮水経路
38 カソード空気経路
40 カソード排ガス経路
42 燃焼排ガス経路
44 カソード熱交換器
46 脱硫部

- 4 8 熱交換器
- 5 0 カソード空気供給器
- 5 1 燃焼エア供給器
- 5 2 原料供給器
- 5 4 水素供給器
- 5 6 改質水ポンプ
- 5 8 改質用エアポンプ

請求の範囲

- [請求項1] アノードに供給された燃料とカソードに供給された空気とを利用して発電反応により発電する燃料電池と、
- 前記燃料電池において利用された後の空気であるカソード排ガスと前記カソードに供給される空気との間で熱交換することで、該カソード排ガスが有する熱エネルギーの一部を該空気に移動させるカソード空気熱交換器と、
- 供給された原料の硫黄成分を除去する脱硫部と、
- 前記脱硫部によって硫黄成分が除去された原料および水蒸気から前記燃料となる改質ガスを生成する改質器と、を備え、
- 少なくとも、前記カソード空気熱交換器での熱交換により熱エネルギーの一部が失われたカソード排ガスを、前記脱硫部に供給し、該カソード排ガスが有する熱エネルギーにより該脱硫部を加熱する燃料電池システム。
- [請求項2] 前記燃料電池において前記燃料として利用され、前記アノードから排出されたアノード排ガスと、前記カソードに供給される前の空気との間で熱交換し、該アノード排ガスが有する熱エネルギーの一部を該空気に移動させることで、該アノード排ガスを凝縮させて凝縮水を回収するアノード排ガス凝縮器を備え、
- 前記アノード排ガス凝縮器での熱交換によりアノード排ガスの有する熱の一部を得て予熱された空気を前記カソード空気熱交換器に供給する請求項1に記載の燃料電池システム。
- [請求項3] 前記脱硫部は、前記原料の硫黄成分を水添脱硫法により除去する請求項2に記載の燃料電池システム。
- [請求項4] 前記アノード排ガス凝縮器で凝縮水が回収されたアノード排ガスの一部を分流させ前記脱硫部の上流側に供給するための経路であるリサイクル経路をさらに備え、
- 前記脱硫部は、前記アノード排ガスの一部と前記原料とを混合させ

た混合ガスにおいて、該原料中の硫黄成分を吸着する脱硫触媒を有する請求項3に記載の燃料電池システム。

[請求項5] 供給された燃焼用空気を利用して、前記アノード排ガス凝縮器によって凝縮水が回収されたアノード排ガスを燃焼させる燃焼部をさらに備え、

前記改質器は、前記燃焼部によってアノード排ガスが燃焼されることで生成された燃焼排ガスが有する熱エネルギーを利用して、改質反応により、供給された前記原料及び水蒸気から前記改質ガスを生成する請求項2から4のいずれか1項に記載の燃料電池システム。

[請求項6] 前記改質器で熱エネルギーの一部が利用された燃焼排ガスが供給され、該燃焼排ガスの有する熱エネルギーを利用して前記凝縮水を気化させ、該改質器に供給する原料に添加させる水蒸気を生成する蒸発部を備える請求項5に記載の燃料電池システム。

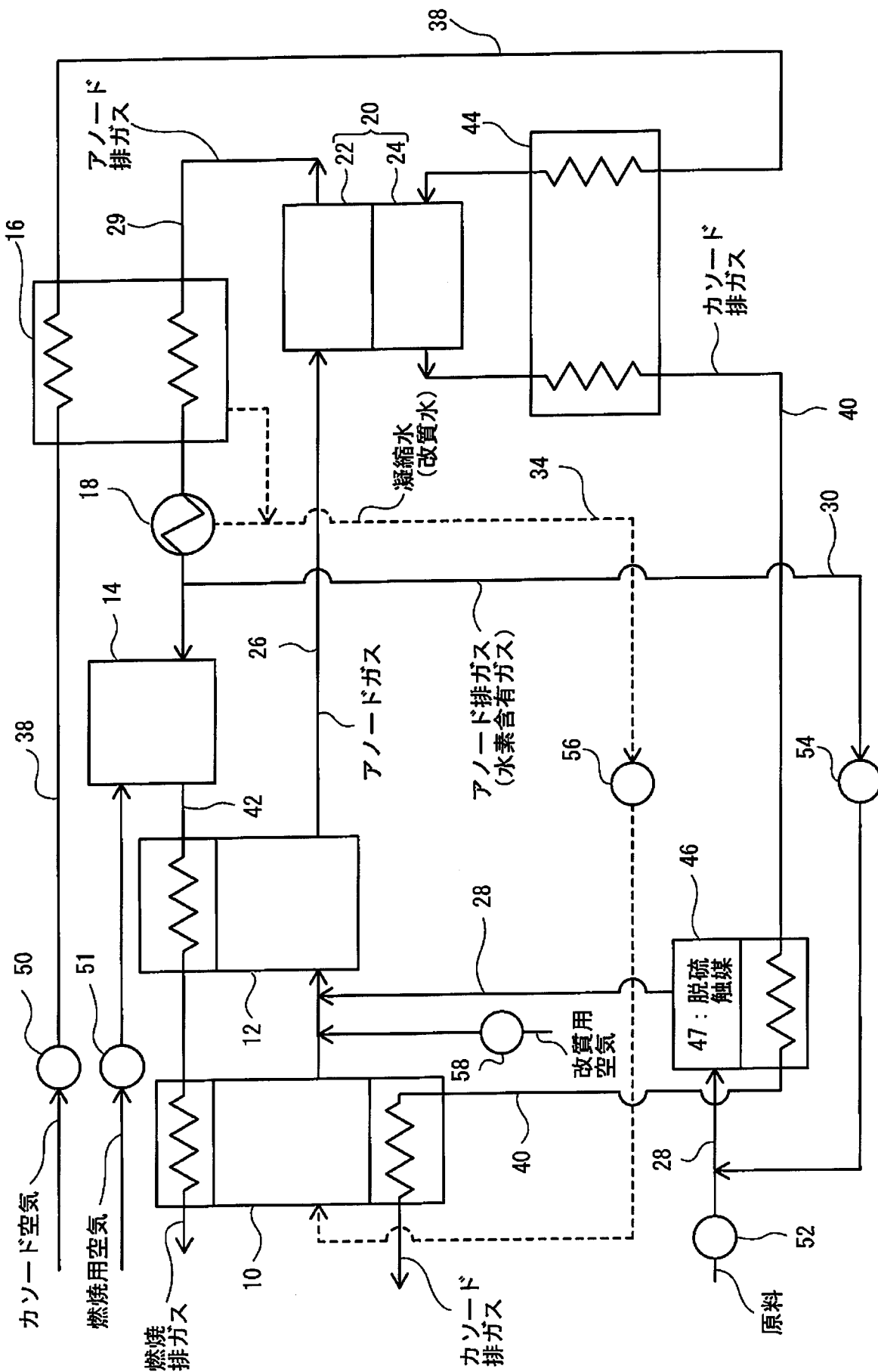
[請求項7] 前記改質器で熱エネルギーの一部が利用された燃焼排ガスと前記脱硫部を加熱することにより熱エネルギーの一部が利用されたカソード排ガスとがそれぞれ供給され、該燃焼排ガスおよび該カソード排ガスそれぞれが有する熱エネルギーにより、前記凝縮水を気化させ、前記改質器に供給される原料に添加する水蒸気を生成する蒸発部を備える請求項5に記載の燃料電池システム。

[請求項8] 前記改質器で熱エネルギーの一部が利用された燃焼排ガスと、前記カソード空気熱交換器での熱交換により熱エネルギーの一部が失われたカソード排ガスとがそれぞれ供給され、該燃焼排ガスおよび該カソード排ガスそれぞれが有する熱エネルギーにより、前記凝縮水を気化させ、前記改質器に供給される原料に添加する水蒸気を生成する蒸発部を備え、

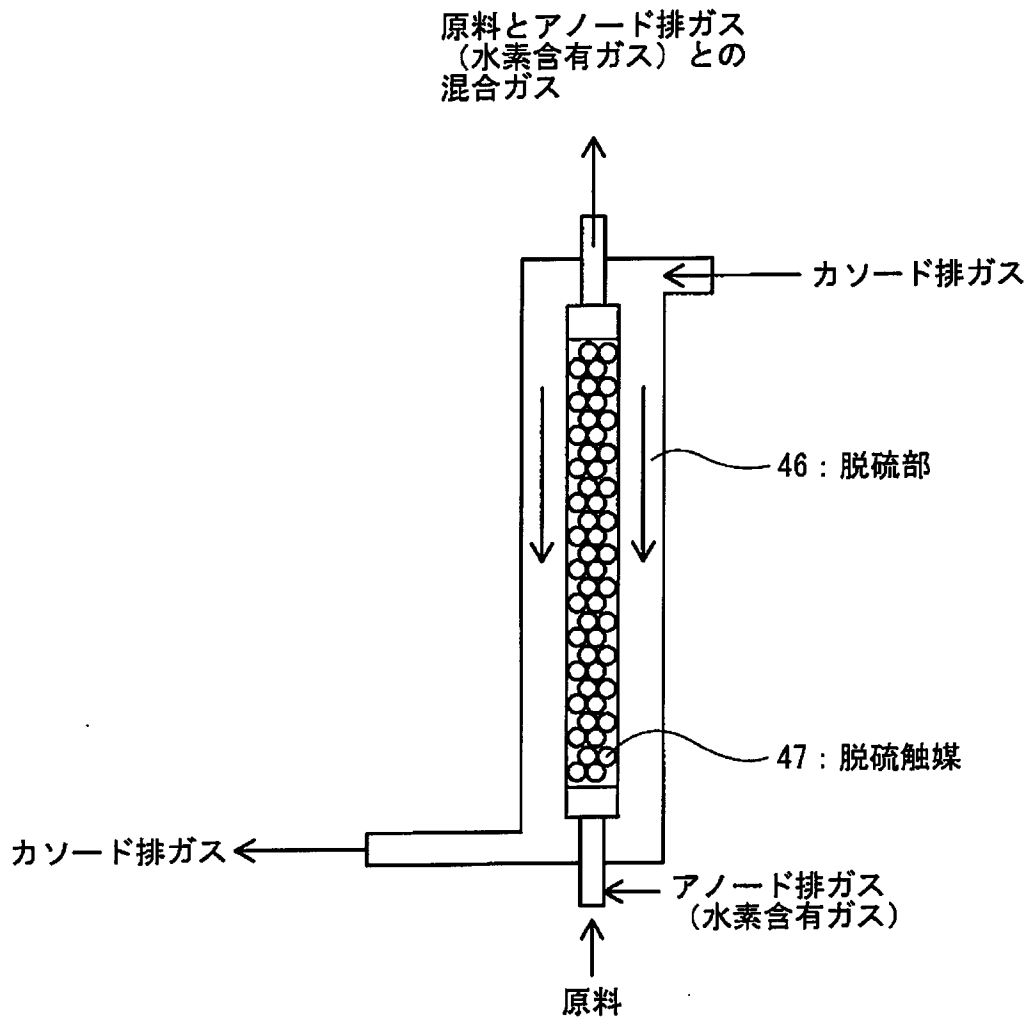
前記蒸発部で熱の一部が失われたカソード排ガスを前記脱硫部に供給し、該カソード排ガスが有する熱エネルギーにより該脱硫部を加熱する請求項5に記載の燃料電池システム。

- [請求項9] 前記蒸発部で熱エネルギーの一部が利用されたカソード排ガスと、前記燃焼部に供給される燃焼用空気とを熱交換させる熱交換器を備える請求項7に記載の燃料電池システム。
- [請求項10] 前記脱硫部で熱エネルギーの一部が利用されたカソード排ガスと、前記燃焼部に供給される燃焼用空気とを熱交換させる熱交換器を備える請求項8に記載の燃料電池システム。

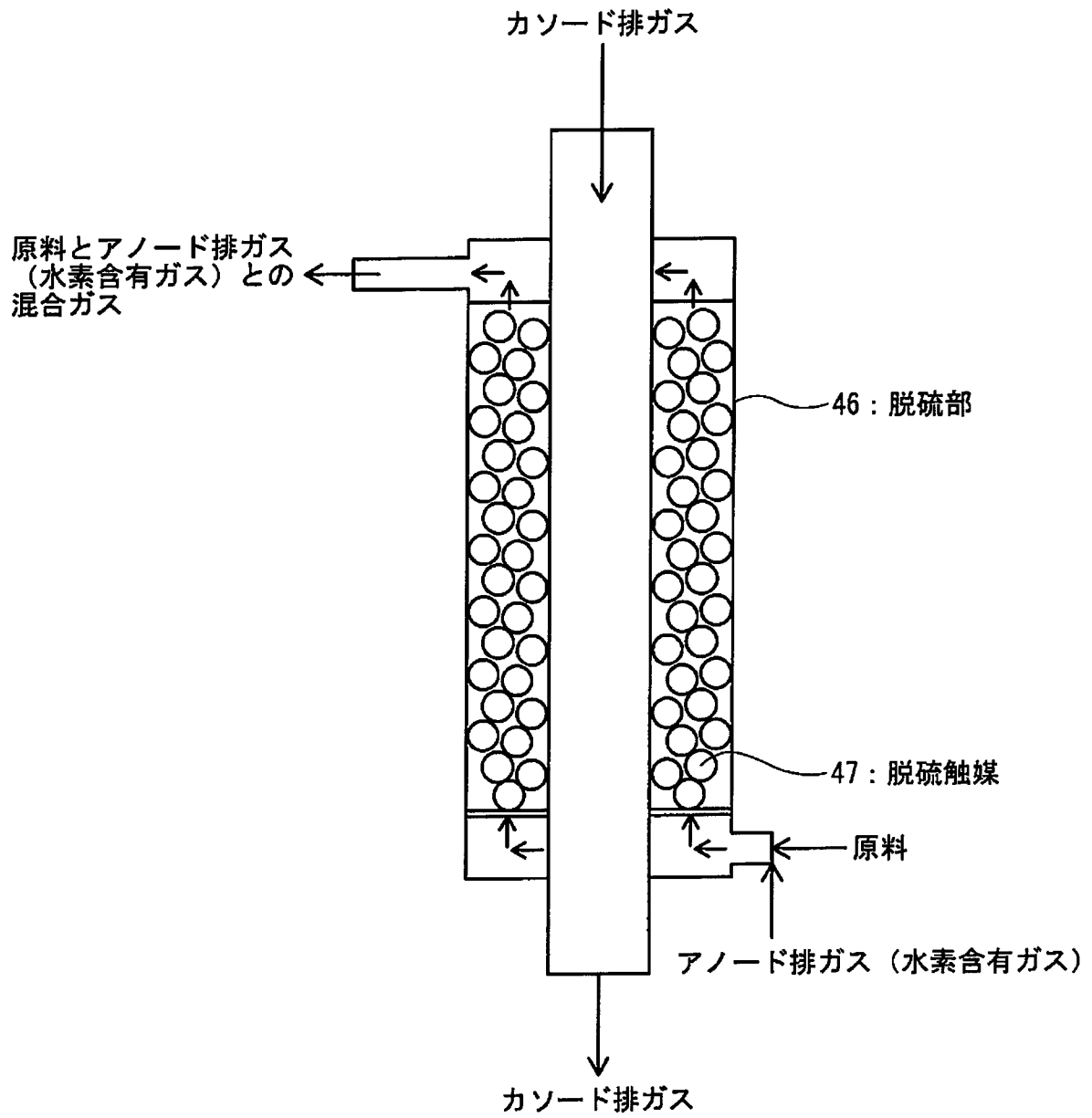
[図1]



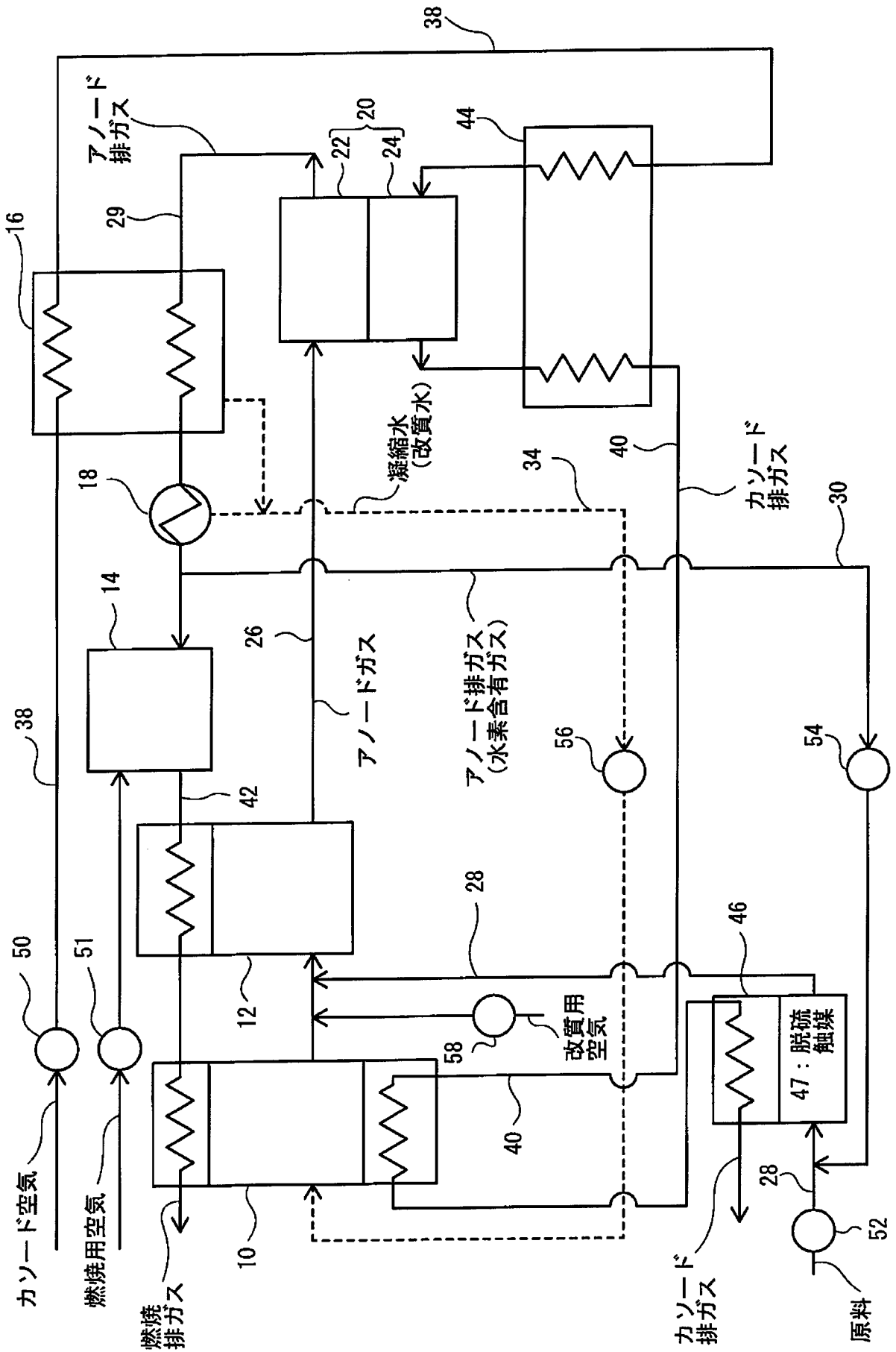
[図2]



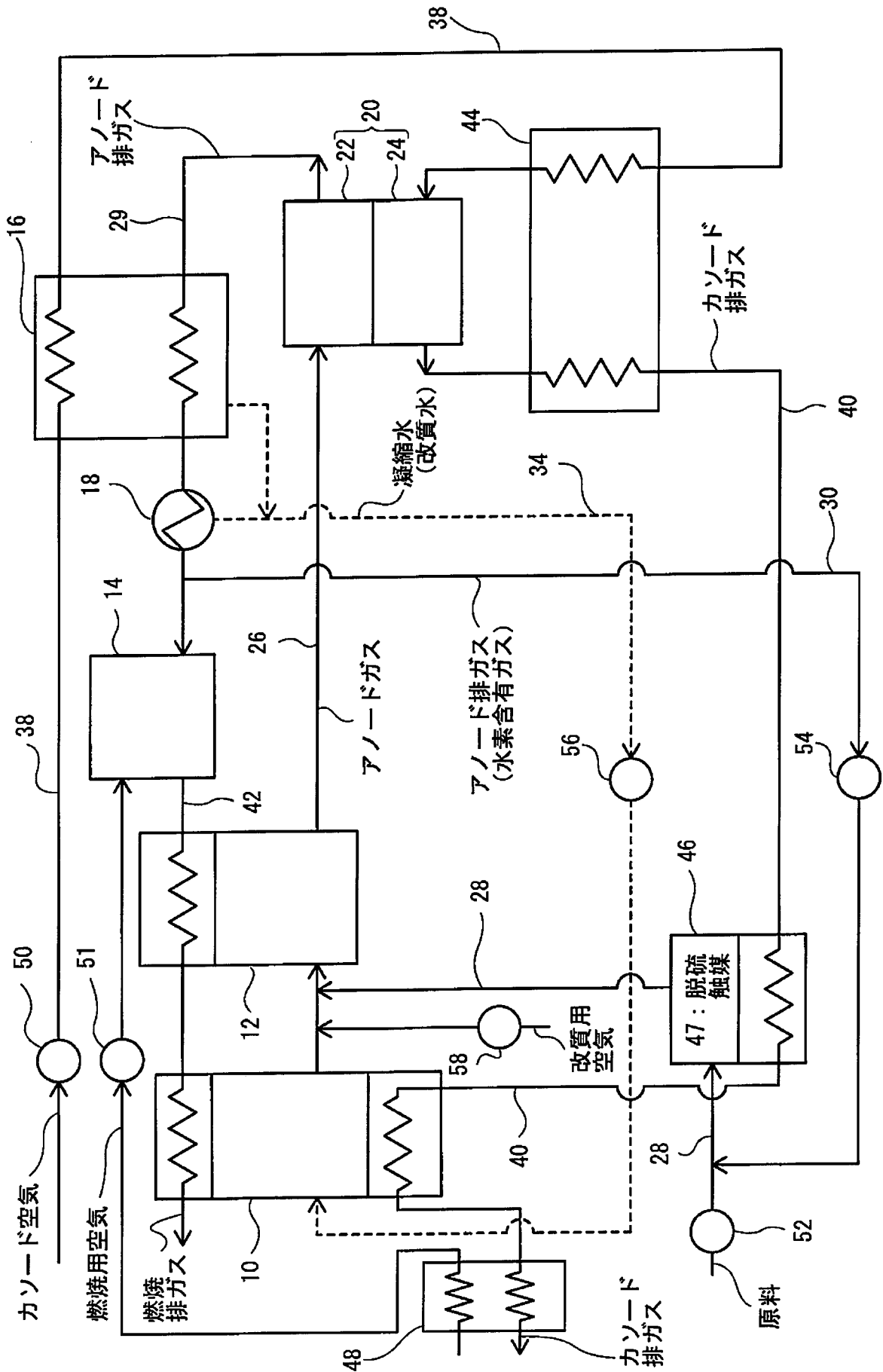
[図3]



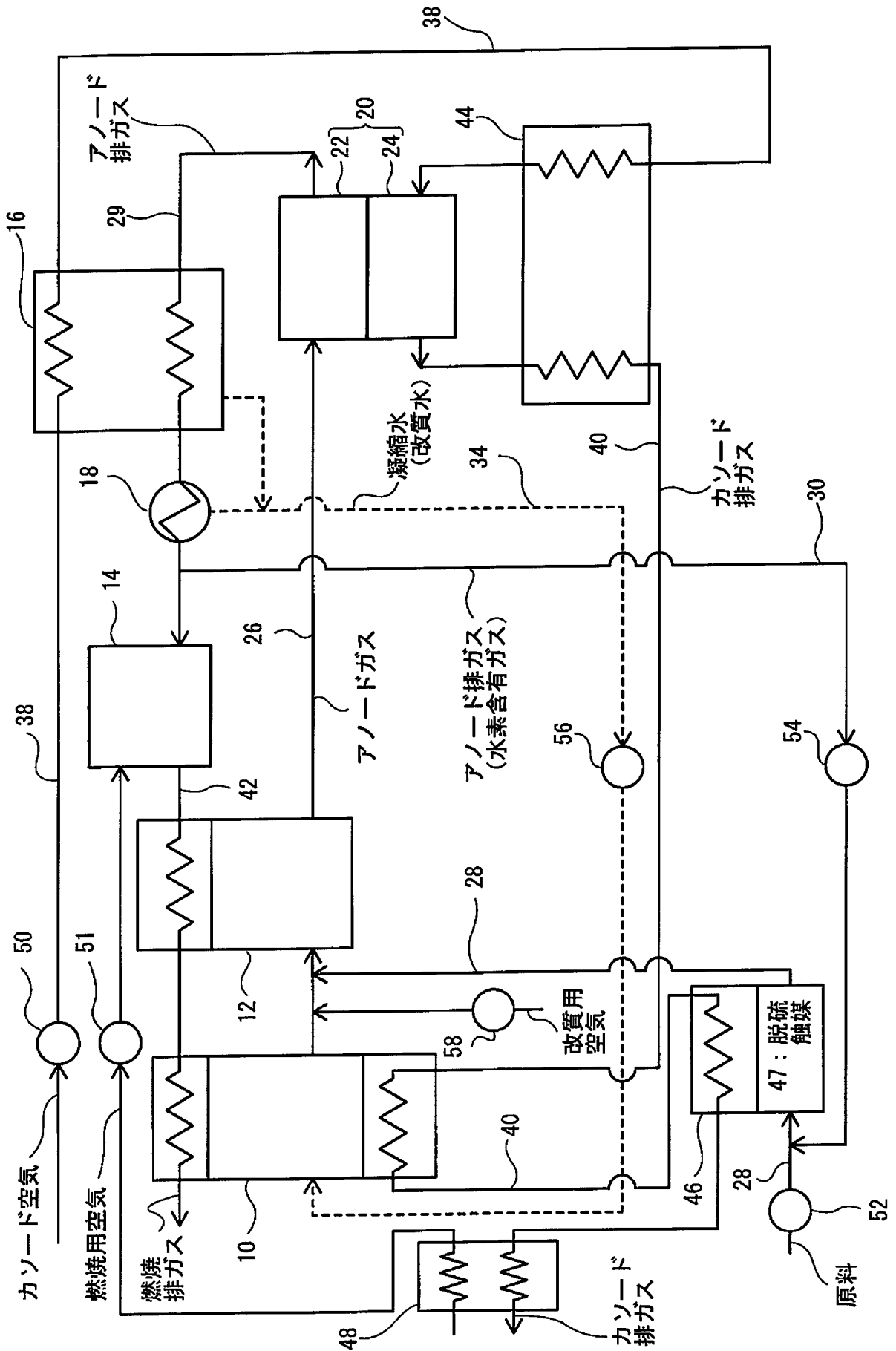
[図4]



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2014/000877

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H01M8/06(2006.01)i, H01M8/04(2006.01)i, H01M8/12(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	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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	WO 2013/035312 A1 (Panasonic Corp.), 14 March 2013 (14.03.2013), paragraphs [0144] to [0157]; fig. 8 & JP 5209153 B	1-10
A	JP 2003-317783 A (Daikin Industries, Ltd.), 07 November 2003 (07.11.2003), paragraphs [0024] to [0051]; fig. 1 (Family: none)	1-10
A	JP 11-189401 A (Fuji Electric Co., Ltd.), 13 July 1999 (13.07.1999), paragraph [0020]; fig. 1 (Family: none)	1-10

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

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 08 April, 2014 (08.04.14)	Date of mailing of the international search report 22 April, 2014 (22.04.14)
--	---

Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/000877

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 3-167760 A (Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd.), 19 July 1991 (19.07.1991), page 2, upper left column, line 16 to page 3, upper left column, line 7; fig. 9 & US 5082752 A & EP 429958 A2 & DE 69006458 T	1-10
P,A	JP 2013-239404 A (Panasonic Corp.), 28 November 2013 (28.11.2013), paragraphs [0079] to [0088]; fig. 2 (Family: none)	1-10

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. H01M8/06(2006.01)i, H01M8/04(2006.01)i, H01M8/12(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 1971-2014年 日本国実用新案登録公報 1996-2014年 日本国登録実用新案公報 1994-2014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	WO 2013/035312 A1（パナソニック株式会社）2013.03.14, 段落 [0144]-[0157], 図8 & JP 5209153 B	1-10
A	JP 2003-317783 A（ダイキン工業株式会社）2003.11.07, 段落【0024】-【0051】, 図1（ファミリーなし）	1-10
A	JP 11-189401 A（富士電機株式会社）1999.07.13, 段落【0020】, 図1（ファミリーなし）	1-10
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> 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 08.04.2014	国際調査報告の発送日 22.04.2014	
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） 関口 哲生 電話番号 03-3581-1101 内線 3316	3H 9336

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 3-167760 A (石川島播磨重工業株式会社) 1991.07.19, 第2頁左上欄第16行—第3頁左上欄第7行, 図9 & US 5082752 A & EP 429958 A2 & DE 69006458 T	1-10
P, A	JP 2013-239404 A (パナソニック株式会社) 2013.11.28, 段落【0079】—【0088】, 図2 (ファミリーなし)	1-10