

(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  
2023年12月7日(07.12.2023)



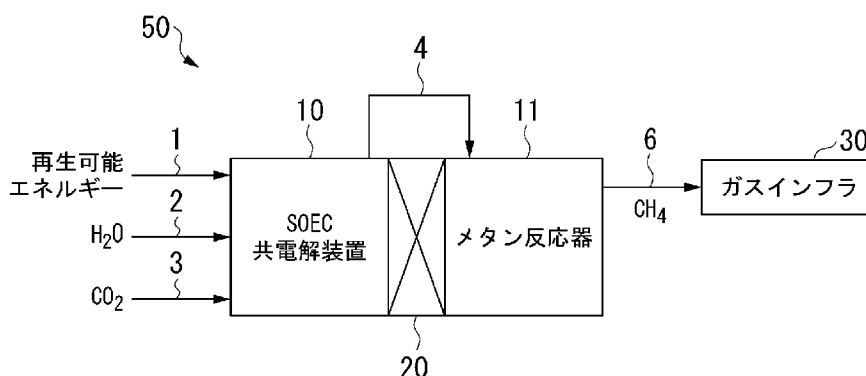
(10) 国際公開番号  
**WO 2023/233494 A1**

- (51) 国際特許分類:  
C07C 1/00 (2006.01) C07C 9/04 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2022/022028
- (22) 国際出願日: 2022年5月31日(31.05.2022)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人:三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者:尾中 洋次(ONAKA Yoji); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 谷島 誠(TANISHIMA Makoto); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 篠木 俊雄(SHINOKI Toshio); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 川本 誠(KAWAMOTO Makoto); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 中島 誠治(NAKASHIMA Seiji); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人:西澤 和純, 外(NISHIZAWA Kazuyoshi et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目9番2号 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,

(54) Title: METHANE GENERATION SYSTEM

(54) 発明の名称: メタン生成システム

[図1]



- 1... RENEWABLE ENERGY
- 10... SOEC CO-ELECTROLYSIS DEVICE
- 11... METHANE REACTOR
- 30... GAS INFRASTRUCTURE

(57) Abstract: A methane generation system according to the present disclosure includes: a water supply path for supplying water or steam; a carbon dioxide supply path for supplying carbon dioxide; a power supply path for supplying power; an SOEC co-electrolysis device to which the water supply path, the carbon dioxide supply path, and the power supply path are connected; a methane reactor; a connection path connecting the SOEC co-electrolysis apparatus and the methane reactor; and a first heat exchange unit for performing heat exchange between the SOEC co-electrolysis device and the methane reactor.



WO 2023/233494 A1

QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,  
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,  
US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

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

---

(57) 要約: 本開示に係るメタン生成システムは、水または水蒸気を供給する水供給経路と、二酸化炭素を供給する二酸化炭素供給経路と、電力を供給する電力供給経路と、前記水供給経路と前記二酸化炭素供給経路と前記電力供給経路とが接続されるSOEC共電解装置と、メタン反応器と、前記SOEC共電解装置と前記メタン反応器とを接続する接続経路と、前記SOEC共電解装置と前記メタン反応器との間で熱交換を行う第1熱交換部と、を備える。

## 明 細 書

**発明の名称**：メタン生成システム

### 技術分野

[0001] 本開示は、メタン生成システムに関する。

### 背景技術

[0002] 従来、二酸化炭素と水と電力とを用いてメタンを製造するに際して、メタン化反応部におけるメタン反応熱を水蒸気生成部で再利用することによって水のメタンへの変換効率を改善させるメタネーションシステムが知られている（特許文献1）。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0003] 特許文献1：特開2022-22978号公報

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0004] 500℃以上の高温下で二酸化炭素と水蒸気を同時に電気分解（共電解）する固体酸化物形電気分解セル（SOEC：Solid Oxide Electrolysis Cell）共電解装置を使用するメタネーションシステムでは、SOEC共電解装置において水と電力と二酸化炭素からメタンを生成する工程において、メタン化反応部におけるメタン反応熱の再利用だけでは熱量が不足し、メタン変換効率が低下したり、メタン生成量が不安定になったりする可能性がある。

[0005] 本開示は、このような背景の下になされ、SOEC共電解装置とメタン化反応部（メタン反応器）と、を熱的に接続し、互いに熱交換させることによってメタン反応器から反応熱を効果的に取り去り、SOEC共電解装置で再利用することによってメタン変換効率を向上させると共に、メタン生成量を安定化させることを目的とする。

#### 課題を解決するための手段

[0006] 本開示に係るメタン生成システムの一つの態様は、水または水蒸気を供給

する水供給経路と、二酸化炭素を供給する二酸化炭素供給経路と、電力を供給する電力供給経路と、前記水供給経路と前記二酸化炭素供給経路と前記電力供給経路とが接続されるSOEC共電解装置と、メタン反応器と、前記SOEC共電解装置と前記メタン反応器とを接続する接続経路と、前記SOEC共電解装置と前記メタン反応器との間で熱交換を行う第1熱交換部と、を備える。

[0007] 本開示に係るメタン生成システムの一つの態様は、水または水蒸気を供給する水供給経路と、二酸化炭素を供給する二酸化炭素供給経路と、電力を供給する電力供給経路と、前記水供給経路と前記二酸化炭素供給経路と前記電力供給経路とが接続されるSOEC共電解装置と、メタン反応器と、前記SOEC共電解装置と前記メタン反応器とを接続する接続経路と、前記SOEC共電解装置と前記メタン反応器との間で熱交換を行う第1熱交換部と、前記SOEC共電解装置に前記水供給経路により供給される前記水または水蒸気を前記メタン反応器の反応熱によって加熱する予備熱交換部と、を備える。

### 発明の効果

[0008] 本開示によれば、メタン反応熱をSOEC共電解装置で再利用することで、メタン変換効率を向上させることができる。

### 図面の簡単な説明

[0009] [図1]実施の形態1に係るメタン生成システムの正面を示す模式図である。  
[図2]実施の形態2に係るメタン生成システムの正面を示す模式図である。  
[図3]実施の形態3に係るメタン生成システムの正面を示す模式図である。  
[図4]実施の形態4に係るメタン生成システムの正面を示す模式図である。  
[図5]実施の形態5に係るメタン生成システムの正面を示す模式図である。  
[図6]実施の形態6に係るメタン生成システムの正面を示す模式図である。  
[図7]実施の形態7に係るメタン生成システムの正面を示す模式図である。  
[図8]実施の形態8に係るメタン生成システムの正面を示す模式図である。  
[図9]実施の形態9に係るメタン生成システムの正面を示す模式図である。

[図9A]実施の形態9 Aに係るメタン生成システムの正面を示す模式図である

。

[図10]実施の形態10に係るメタン生成システムの正面を示す模式図である

。

[図11]実施の形態11に係るメタン生成システムの正面を示す模式図である

。

[図12]実施の形態12に係るメタン生成システムの正面を示す模式図である

。

[図13]実施の形態13に係るメタン生成システムの正面を示す模式図である

。

[図14]実施の形態14に係るメタン生成システムの正面を示す模式図である

。

[図15]実施の形態15に係るメタン生成システムの正面を示す模式図である

。

[図16]実施の形態16に係るメタン生成システムの正面を示す模式図である

。

[図17]実施の形態17に係るメタン生成システムの正面を示す模式図である

。

[図18]実施の形態18に係るメタン生成システムの正面を示す模式図である

。

[図19]実施の形態19に係るメタン生成システムの正面を示す模式図である

。

[図20]実施の形態20に係るメタン生成システムの正面を示す模式図である

。

[図21]実施の形態21に係るメタン生成システムの正面を示す模式図である

。

[図22]実施の形態22に係るメタン生成システムの正面を示す模式図である

。

[図23]実施の形態23に係るメタン生成システムの正面を示す模式図である。

。

[図24]実施の形態24に係るメタン生成システムの正面を示す模式図である。

。

[図25]実施の形態25に係るメタン生成システムの正面を示す模式図である。

。

[図26]実施の形態26に係るメタン生成システムの正面を示す模式図である。

。

### 発明を実施するための形態

#### [0010] [実施の形態1]

以下、本開示の実施の形態1に係るメタン生成システム50を、図1を参照しながら説明する。

[0011] メタン生成システム50は、SOEC共電解装置10と、メタン反応器11と、SOEC共電解装置10とメタン反応器11とに熱的に接続される第1熱交換部20と、を備える。図1の例では、SOEC共電解装置10と、第1熱交換部20と、メタン反応器11とは、横方向に並んでいる。SOEC共電解装置10には、電力を供給する電力供給経路1と、水(H<sub>2</sub>O)または水蒸気を供給する水供給経路2と、二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)を供給する二酸化炭素供給経路3とが接続されている。水供給経路2と、二酸化炭素供給経路3とからSOEC共電解装置10に供給される、水または水蒸気と二酸化炭素は、SOEC共電解装置10において同時に電気分解され、水素と一酸化炭素とに変換される。水供給経路2を流通する水または水蒸気と、二酸化炭素供給経路3を流通する二酸化炭素は、不図示のポンプ又はブロワ等の流体機械から運動エネルギーを得てSOEC共電解装置10に移動する。

[0012] 電気分解によりSOEC共電解装置10で変換された水素と一酸化炭素は、SOEC共電解装置10とメタン反応器11とを接続する接続経路4を經由してメタン反応器11に供給される。

[0013] メタン反応器11に供給された水素と一酸化炭素は、メタン反応器11に

において、メタン ( $\text{CH}_4$ ) と水とに変換され、メタンはガス経路 6 を介して外部のガスインフラ 30 に供給される。

[0014] ここで、SOEC 共電解装置 10 で行われる反応は吸熱反応であるため、反応には熱量が必要とされる。一方、メタン反応器 11 で行われる反応は発熱反応であるため、熱量が発生する。従って、メタン反応器 11 の発熱反応で発生した熱量と、SOEC 共電解装置 10 で必要とされる熱量とが、第 1 熱交換部 20 を介して熱交換される。このように、メタン反応器 11 で発生した熱量を、SOEC 共電解装置 10 にて再利用することで、メタン反応器 11 で発生する熱量を効果的に取り去ることができる。また、SOEC 共電解装置 10 で必要とされる熱量をメタン反応器 11 で発生する熱量で賄うことができるので、メタン変換効率を向上させるとともに、メタン生成量を安定化させることができる。

[0015] ここで、SOEC 共電解装置 10 に供給される電力は、風力発電及び太陽光発電等の再生可能エネルギーであることが望ましい。または、固体酸化物燃料電池 (SOFC: Solid Oxide Fuel Cell) から発電される電力であっても良い。SOFC は、水素を燃料とし、空気から取り込んだ酸素から電子を取り出すとともに、電子を取り出された酸素 (酸素イオン) が水素と反応することで水が生成される過程で外部に電流を取り出す装置である。なお、SOEC 共電解装置 10 に供給される電力は、再生可能エネルギー又は SOFC からの電力でなくとも良い。

[0016] また、SOEC 共電解装置 10 に供給される二酸化炭素は、例えば、SOFC から排気される二酸化炭素、DAC (Direct Air Capture) により大気中から回収された二酸化炭素、又は、その他の二酸化炭素供給源から供給されても良い。

[0017] ここで、第 1 熱交換部 20 の構成は特に限定されず、SOEC 共電解装置 10 とメタン反応器 11 との間で熱交換ができる熱交換器であれば公知の熱交換器を使用して良い。例えば、多管式熱交換器、プレート式熱交換器、コイル式熱交換器、二重管、スパイラル式熱交換器等の公知の熱交換器を使用

可能である。

[実施の形態 2]

[0018] 以下、本開示の実施の形態 2 に係るメタン生成システム 5 1 を、図 2 を参照しながら説明する。なお、図 1 に示す実施の形態 1 と同様の構成には同様の参照番号を付し、その説明を省略し、実施の形態 1 と異なる構成のみを説明する。

[0019] メタン生成システム 5 1 は、メタン反応器 1 1 において発生し放出される水または水蒸気の少なくとも一部を、SOEC 共電解装置 1 0 に供給する熱融通流路 5 を備えている。

[0020] このような構成によれば、メタン反応器 1 1 で発生する高温の水または水蒸気の少なくとも一部が熱融通流路 5 を介して SOEC 共電解装置 1 0 に供給される。そのため、高温の水または水蒸気の持つ熱量を SOEC 共電解装置 1 0 にて再利用することができる。よって、SOEC 共電解装置 1 0 で必要とされる熱量をメタン反応器 1 1 で発生する熱量で賄うことができるので、メタン変換効率を向上させるとともに、メタン生成量を安定化させることができる。

[実施の形態 3]

[0021] 以下、本開示の実施の形態 3 に係るメタン生成システム 5 2 を、図 3 を参照しながら説明する。なお、図 2 に示す実施の形態 2 と同様の構成には同様の参照番号を付し、その説明を省略し、実施の形態 2 と異なる構成のみを説明する。

[0022] メタン生成システム 5 2 は、熱融通流路 5 に、外部排熱と熱交換する第 2 熱交換部 2 1 を備えている。

[0023] 熱融通流路 5 を流通する水または水蒸気は、メタン反応器 1 1 で発生する熱量に加えて、第 2 熱交換部 2 1 により、外部排熱と熱交換されることにより、より多くの熱量を持つことができる。そのため、SOEC 共電解装置 1 0 で必要とされる熱量をメタン反応器 1 1 で発生する熱量と、外部排熱とで賄うことができるので、メタン変換効率を向上させるとともに、メタン生成

量を安定化させることができる。

[0024] ここで、外部排熱とは、温度の低い排熱から温度の高い排熱の順に、換気排熱、空調排熱、給湯排熱、ボイラ排熱、S O F C 燃料電池排熱を含む。

換気排熱は、例えば、メタン生成システム 5 2 が設置される工場等の敷地に建つ建物或いはオフィスビル等内に籠った空気を外部に排気する際に発生する排熱である。

空調排熱は、例えば、メタン生成システム 5 2 が設置される工場等の敷地に建つ建物或いはオフィスビル等に設けられる空調からの排熱である。

給湯排熱は、例えば、メタン生成システム 5 2 が設置される工場等の敷地に建つ建物或いはオフィスビル等に設けられる給湯器からの排熱である。

ボイラ排熱は、例えば、メタン生成システム 5 2 が設置される工場等の敷地に建つ建物或いはオフィスビル等に設けられるボイラからの排熱である。

S O F C 燃料電池排熱は、S O F C を運転する際に発生する排熱である。S O F C の運転温度が約 1 0 0 0 ° C と高温であることから、高温の排熱を取り出すことができる。

[0025] S O E C 共電解装置 1 0 とメタン反応器 1 1 は、物理的に一体に形成されていても良い。ここで、物理的に一体に形成されているとは、S O E C 共電解装置 1 0 とメタン反応器 1 1 とが同一の部材により一つの部材として形成されていても良い。又は、異なる部材で形成された S O E C 共電解装置 1 0 とメタン反応器 1 1 とが、溶接により一体化されても良い。又は、異なる部材で形成された S O E C 共電解装置 1 0 とメタン反応器 1 1 とが、ボルトとナットのような締結部材を介して一体化されても良い。

[実施の形態 4]

[0026] 以下、本開示の実施の形態 4 に係るメタン生成システム 5 3 を、図 4 を参照しながら説明する。なお、図 3 に示す実施の形態 3 と同様の構成には同様の参照番号を付し、その説明を省略し、実施の形態 3 と異なる構成のみを説明する。

[0027] メタン生成システム 5 3 では、S O E C 共電解装置 1 0 は、メタン反応器

11よりも高い位置に設けられている。即ち、メタン反応器11の上側にSOEC共電解装置10が設けられるように、図3に示すメタン生成システム52を時計回りに回転させた構成である。この場合、SOEC共電解装置10と、第1熱交換部20と、メタン反応器11とは、縦方向に並んでいる。このように、メタン反応器11の上側にSOEC共電解装置10が設けられる構成を、縦型に配置した構成と呼ぶ場合がある。なお、SOEC共電解装置10は、メタン反応器11よりも高い位置に、第1熱交換部20を介在させずにメタン反応器11に直接面するように設けられていても良い。

[0028] このようなメタン生成システム53では、SOEC共電解装置10は、メタン反応器11よりも高い位置に設けられている。そのため、SOEC共電解装置10とメタン反応器11との伝熱面近傍に存在する流体の温度差を大きくすることができる。よって、SOEC共電解装置10とメタン反応器11との間での熱交換性能を向上させることができるので、メタン変換効率を向上させることができる。

#### [実施の形態5]

[0029] 以下、本開示の実施の形態5に係るメタン生成システム54を、図5を参照しながら説明する。なお、図3に示す実施の形態3と同様の構成には同様の参照番号を付し、その説明を省略し、実施の形態3と異なる構成のみを説明する。

[0030] メタン生成システム54は、熱融通流路5に、第2熱交換部21に加えて、第1ヒータ22を備えている。図5の例では、熱融通流路5を流通する水または水蒸気の流れ方向において、第1ヒータ22は、第2熱交換部21の下流側に設けられている。

[0031] 熱融通流路5を流通する水または水蒸気は、メタン反応器11で発生する熱量と、第2熱交換部21により外部排熱と熱交換されることにより得る熱量と、第1ヒータ22により得られる熱量と、を得ることができる。そのため、SOEC共電解装置10で必要とされる熱量を、メタン反応器11で発生する熱量と、外部排熱と第1ヒータ22により得られる熱量とで賄うこと

ができる。よって、メタン変換効率を向上させるとともに、メタン生成量を安定化させることができる。

[実施の形態6]

[0032] 以下、本開示の実施の形態6に係るメタン生成システム55を、図6を参照しながら説明する。なお、図5に示す実施の形態5と同様の構成には同様の参照番号を付し、その説明を省略し、実施の形態5と異なる構成のみを説明する。

[0033] メタン生成システム55は、メタン反応器11の上側にSOEC共電解装置10が設けられるように、図5に示す実施の形態5のメタン生成システム54を縦型に配置した構成を有する。そのため、SOEC共電解装置10は、メタン反応器11よりも高い位置に設けられているため、SOEC共電解装置10とメタン反応器11との伝熱面近傍に存在する流体の温度差を大きくすることができる。よって、図5に示す実施の形態5のメタン生成システム54により得られる効果に加え、SOEC共電解装置10とメタン反応器11との間での熱交換性能を向上させることができるので、メタン変換効率を向上させるとともに、メタン生成量を安定化させることができる。

[実施の形態7]

[0034] 以下、本開示の実施の形態7に係るメタン生成システム56を、図7を参照しながら説明する。なお、図5に示す実施の形態5と同様の構成には同様の参照番号を付し、その説明を省略し、実施の形態5と異なる構成のみを説明する。

[0035] メタン生成システム56は、第2熱交換部21に、熱融通流路5を流通する水または水蒸気を加熱する、外部の換気排熱と熱交換する第3熱交換部23、外部の空調排熱と熱交換する第4熱交換部24、外部の給湯排熱と熱交換する第5熱交換部25、外部のボイラ排熱と熱交換する第6熱交換部26、外部のSOFC燃料電池排熱と熱交換する第7熱交換部27のうちの少なくともいずれかを備えている。ここで、第3熱交換部23、第4熱交換部24、第5熱交換部25、第6熱交換部26、第7熱交換部27は、熱融通流

路5を流通する水または水蒸気の流れ方向に対して、低温の熱交換部ほど上流側に配置されている。

[0036] 従って、最も低温の第3熱交換部23が熱融通流路5を流通する水または水蒸気の流れ方向に対して最も上流に設けられ、最も高温の第7熱交換部27が熱融通流路5を流通する流体の流れ方向に対して最も下流に設けられている。第3熱交換部23と第7熱交換部27との間には、熱融通流路5を流通する水または水蒸気の流れ方向に対して上流側から、第4熱交換部24、第5熱交換部25、第6熱交換部26が設けられている。

[0037] このようなメタン生成システム56では、熱融通流路5を流通する水または水蒸気が、より温度の低い熱交換部から、より温度の高い熱交換部へと順番に熱交換される。そのため、温度の低い外部熱源であっても有効に熱融通流路5を流通する水または水蒸気の加熱源として利用することができる。

[0038] 図7の例では、第3熱交換部23、第4熱交換部24、第5熱交換部25、第6熱交換部26、第7熱交換部27の全てが設けられているが、これらの内の少なくとも一つ以上が設けられていればよい。第3熱交換部23、第4熱交換部24、第5熱交換部25、第6熱交換部26、第7熱交換部27の全てが設けられている場合、SOEC共電解装置10に供給される水または水蒸気の熱量を上昇させる効果が最も大きい。

#### [実施の形態8]

[0039] 以下、本開示の実施の形態8に係るメタン生成システム57を、図8を参照しながら説明する。なお、図7に示す実施の形態7と同様の構成には同様の参照番号を付し、その説明を省略し、実施の形態7と異なる構成のみを説明する。

[0040] メタン生成システム57は、メタン反応器11の上側にSOEC共電解装置10が設けられるように、図7に示す実施の形態7のメタン生成システム56を縦型に配置した構成を有する。そのため、SOEC共電解装置10は、メタン反応器11よりも高い位置に設けられているため、SOEC共電解装置10とメタン反応器11との伝熱面近傍に存在する流体の温度差を大き

くすることができる。よって、図7に示す実施の形態7のメタン生成システム56により得られる効果に加え、SOEC共電解装置10とメタン反応器11との間での熱交換性能を向上させることができるので、メタン変換効率を向上させるとともに、メタン生成量を安定化させることができる。

#### [実施の形態9]

[0041] 以下、本開示の実施の形態9に係るメタン生成システム58を、図9を参照しながら説明する。なお、図7に示す実施の形態7と同様の構成には同様の参照番号を付し、その説明を省略し、実施の形態7と異なる構成のみを説明する。

[0042] メタン生成システム58は、図7に示す実施の形態7のメタン生成システム56において、メタン反応器11の反応熱により、水供給経路2を流通する水または水蒸気が加熱される第1予備熱交換部28を備えている。

[0043] このようなメタン生成システム58では、第1予備熱交換部28により、SOEC共電解装置10に供給される水または水蒸気の熱量が増すので、SOEC共電解装置10での電気分解を促進することができる。さらに、第1予備熱交換部28により、メタン反応器11からの発熱を除熱することでメタン変換効率を向上させることができる。

#### [実施の形態9A]

[0044] 図9Aは本開示の実施の形態9Aに係るメタン生成システム58Aの構成を示す。実施の形態9Aに係るメタン生成システム58Aは、図9に示す実施の形態9に係るメタン生成システム58から熱融通通路5が除かれた構成を有する。つまり、実施の形態9に係るメタン生成システム58において、熱融通通路5がなく、第1予備熱交換部28のみがある構成を有する。この場合、第1予備熱交換部28を備える水供給経路2も、熱融通通路の1つとして考えられ、SOEC共電解装置10での電気分解を促進し、かつ、メタン反応器11のメタン変換効率を向上させることができる。なお、以降の実施の形態で説明する第1予備熱交換部28を有する構成においても同様に熱融通通路5がない構成とすることができる。

## [実施の形態 10]

[0045] 以下、本開示の実施の形態 10 に係るメタン生成システム 59 を、図 10 を参照しながら説明する。なお、図 9 に示す実施の形態 9 と同様の構成には同様の参照番号を付し、その説明を省略し、実施の形態 9 と異なる構成のみを説明する。

[0046] メタン生成システム 59 は、メタン反応器 11 の上側に SOEC 共電解装置 10 が設けられるように、図 9 に示す実施の形態 9 のメタン生成システム 58 を、縦型に配置した構成を有する。そのため、SOEC 共電解装置 10 は、メタン反応器 11 よりも高い位置に設けられているため、SOEC 共電解装置 10 とメタン反応器 11 との伝熱面近傍に存在する流体の温度差を大きくすることができる。よって、図 9 に示す実施の形態 9 のメタン生成システム 58 により得られる効果に加え、SOEC 共電解装置 10 とメタン反応器 11 との間での熱交換性能を向上させることができるので、メタン変換効率を向上させるとともに、メタン生成量を安定化させることができる。

## [実施の形態 11]

[0047] 以下、本開示の実施の形態 11 に係るメタン生成システム 60 を、図 11 を参照しながら説明する。なお、図 9 に示す実施の形態 9 と同様の構成には同様の参照番号を付し、その説明を省略し、実施の形態 6 と異なる構成のみを説明する。

[0048] メタン生成システム 60 は、水供給経路 2 を流通する水または水蒸気の流れ方向に対して第 1 予備熱交換部 28 よりも下流側に、水供給経路 2 を流通する水または水蒸気を加熱する、外部の換気排熱と熱交換する第 8 熱交換部 23 a、外部の空調排熱と熱交換する第 9 熱交換部 24 a、外部の給湯排熱と熱交換する第 10 熱交換部 25 a、外部のボイラ排熱と熱交換する第 11 熱交換部 26 a、外部の SOFC 燃料電池排熱と熱交換する第 12 熱交換部 27 a のうちの少なくともいずれかを備えている。ここで、第 8 熱交換部 23 a、第 9 熱交換部 24 a、第 10 熱交換部 25 a、第 11 熱交換部 26 a、第 12 熱交換部 27 a は、水供給経路 2 を流通する水または水蒸気の流れ

方向に対して、温度の低い熱交換部ほど上流側に配置されるように水供給経路 2 に設けられている。

[0049] 従って、最も低温の第 8 熱交換部 23 a が水供給経路 2 を流通する水または水蒸気の流れ方向に対して最も上流に設けられ、最も高温の第 12 熱交換部 27 a が水供給経路 2 を流通する水または水蒸気の流れ方向に対して最も下流に設けられている。第 8 熱交換部 23 a と第 12 熱交換部 27 a との間には、水供給経路 2 を流通する水または水蒸気の流れ方向に対して上流側から、第 9 熱交換部 24 a、第 10 熱交換部 25 a、第 11 熱交換部 26 a が設けられている。

[0050] このようなメタン生成システム 60 によれば、水供給経路 2 を流通する水または水蒸気を、第 1 予備熱交換部 28 に加えて、少なくとも、第 8 熱交換部 23 a、第 9 熱交換部 24 a、第 10 熱交換部 25 a、第 11 熱交換部 26 a、第 12 熱交換部 27 a のいずれかで加熱する。そのため、SOEC 共電解装置 10 に供給される水または水蒸気の熱量がさらに増すので、SOEC 共電解装置 10 での電気分解をさらに促進することができる。

[0051] 図 11 の例では、第 8 熱交換部 23 a、第 9 熱交換部 24 a、第 10 熱交換部 25 a、第 11 熱交換部 26 a、第 12 熱交換部 27 a の全てが設けられているが、これらの内の少なくとも一つ以上が設けられていればよい。第 8 熱交換部 23 a、第 9 熱交換部 24 a、第 10 熱交換部 25 a、第 11 熱交換部 26 a、第 12 熱交換部 27 a の全てが設けられている場合、SOEC 共電解装置 10 に供給される水または水蒸気の熱量を上昇させる効果が最も大きい。

#### [実施の形態 12]

[0052] 以下、本開示の実施の形態 12 に係るメタン生成システム 61 を、図 12 を参照しながら説明する。なお、図 11 に示す実施の形態 11 と同様の構成には同様の参照番号を付し、その説明を省略し、実施の形態 8 と異なる構成のみを説明する。

[0053] メタン生成システム 61 は、メタン反応器 11 の上側に SOEC 共電解装

置 10 が設けられるように、図 11 に示す実施の形態 11 のメタン生成システム 60 を縦型に配置した構成を有する。そのため、SOEC 共電解装置 10 は、メタン反応器 11 よりも高い位置に設けられているため、SOEC 共電解装置 10 とメタン反応器 11 との伝熱面近傍に存在する流体の温度差を大きくすることができる。よって、図 11 に示す実施の形態 11 のメタン生成システム 60 により得られる効果に加え、SOEC 共電解装置 10 とメタン反応器 11 との間での熱交換性能を向上させることができるので、メタン変換効率を向上させるとともに、メタン生成量を安定化させることができる。

#### [実施の形態 13]

[0054] 以下、本開示の実施の形態 13 に係るメタン生成システム 62 を、図 13 を参照しながら説明する。なお、図 7 に示す実施の形態 7 と同様の構成には同様の参照番号を付し、その説明を省略し、実施の形態 7 と異なる構成のみを説明する。

[0055] メタン生成システム 62 は、図 7 に示す実施の形態 7 のメタン生成システム 56 において、メタン反応器 11 の反応熱により、二酸化炭素供給経路 3 を流通する二酸化炭素が加熱される第 2 予備熱交換部 29 を備えている。

[0056] このようなメタン生成システム 62 では、SOEC 共電解装置 10 に供給される二酸化炭素の熱量が増すので、SOEC 共電解装置 10 での電気分解を促進することができる。さらに、メタン反応器 11 からの発熱を除熱することでメタン変換効率を向上させることができる。

#### [実施の形態 14]

[0057] 以下、本開示の実施の形態 14 に係るメタン生成システム 63 を、図 14 を参照しながら説明する。なお、図 13 に示す実施の形態 13 と同様の構成には同様の参照番号を付し、その説明を省略し、実施の形態 9 と異なる構成のみを説明する。

[0058] メタン生成システム 63 は、メタン反応器 11 の上側に SOEC 共電解装置 10 が設けられるように、図 13 に示す実施の形態 13 のメタン生成シ

テム62を縦型に配置した構成を有する。そのため、SOEC共電解装置10は、メタン反応器11よりも高い位置に設けられているため、SOEC共電解装置10とメタン反応器11との伝熱面近傍に存在する流体の温度差を大きくすることができる。よって、図13に示す実施の形態13のメタン生成システム62により得られる効果に加え、SOEC共電解装置10とメタン反応器11との間での熱交換性能を向上させることができるので、メタン変換効率を向上させるとともに、メタン生成量を安定化させることができる。

#### [実施の形態15]

[0059] 以下、本開示の実施の形態15に係るメタン生成システム64を、図15を参照しながら説明する。なお、図7に示す実施の形態7と同様の構成には同様の参照番号を付し、その説明を省略し、実施の形態7と異なる構成のみを説明する。

[0060] メタン生成システム64は、図7に示す実施の形態7のメタン生成システム56において、水供給経路2を流通する水または水蒸気と、二酸化炭素供給経路3を流通する二酸化炭素とが、メタン反応器11の反応熱により加熱される第3予備熱交換部35を備えている。

[0061] このようなメタン生成システム64では、SOEC共電解装置10に供給される水または水蒸気と二酸化炭素の熱量が増すので、SOEC共電解装置10での電気分解を促進することができる。さらに、メタン反応器11は、水または水蒸気及び二酸化炭素との複数の流体と熱交換する。そのため、メタン反応器11からの発熱をより多く除熱することができる。メタン変換効率を向上させることができる。

[0062] ここで、第3予備熱交換部35にて、水供給経路2を流通する水または水蒸気と、二酸化炭素供給経路3を流通する二酸化炭素とを混合しても良い。混合することで気液二相流を形成することになるので、より複雑な流れを形成することができる。例えば、気液二相流とすることで生じる乱流によりメタン反応器11から気液二相流への伝熱性能を上げることができる。

## [実施の形態 16]

[0063] 以下、本開示の実施の形態 16 に係るメタン生成システム 65 を、図 16 を参照しながら説明する。なお、図 15 に示す実施の形態 15 と同様の構成には同様の参照番号を付し、その説明を省略し、実施の形態 15 と異なる構成のみを説明する。

[0064] メタン生成システム 65 は、メタン反応器 11 の上側に SOEC 共電解装置 10 が設けられるように、図 15 に示す実施の形態 15 のメタン生成システム 64 を縦型に配置した構成を有する。そのため、SOEC 共電解装置 10 は、メタン反応器 11 よりも高い位置に設けられているため、SOEC 共電解装置 10 とメタン反応器 11 との伝熱面近傍に存在する流体の温度差を大きくすることができる。よって、図 15 に示す実施の形態 15 のメタン生成システム 64 により得られる効果に加え、SOEC 共電解装置 10 とメタン反応器 11 との間での熱交換性能を向上させることができるので、メタン変換効率を向上させるとともに、メタン生成量を安定化させることができる。

## [実施の形態 17]

[0065] 以下、本開示の実施の形態 17 に係るメタン生成システム 66 を、図 17 を参照しながら説明する。なお、図 9 に示す実施の形態 9 と同様の構成には同様の参照番号を付し、その説明を省略し、実施の形態 9 と異なる構成のみを説明する。

[0066] メタン生成システム 66 は、図 9 に示す実施の形態 9 のメタン生成システム 58 において、水供給経路 2 を流通する水または水蒸気を駆動流体とするエジェクタ 40 が水供給経路 2 に設けられており、二酸化炭素供給経路 3 がエジェクタ 40 を介して SOEC 共電解装置 10 に接続されている。

[0067] このようなメタン生成システム 66 によれば、エジェクタ 40 の駆動流体である水または水蒸気の流れに、二酸化炭素供給経路 3 を流通する二酸化炭素が引き寄せられる。つまり、二酸化炭素供給経路 3 を流通する二酸化炭素を SOEC 共電解装置 10 に移動させる不図示のブロワ等の流体機械とエジ

ェクタ40とを併用することで、上記流体機械の動力を削減することができる。こうして、メタン生成システム66の稼働に要するエネルギーを削減することができる。

[実施の形態18]

[0068] 以下、本開示の実施の形態18に係るメタン生成システム67を、図18を参照しながら説明する。なお、図17に示す実施の形態17と同様の構成には同様の参照番号を付し、その説明を省略し、実施の形態17と異なる構成のみを説明する。

[0069] メタン生成システム67は、メタン反応器11の上側にSOEC共電解装置10が設けられるように、図17に示す実施の形態17のメタン生成システム66を縦型に配置した構成を有する。そのため、SOEC共電解装置10は、メタン反応器11よりも高い位置に設けられているため、SOEC共電解装置10とメタン反応器11との伝熱面近傍に存在する流体の温度差を大きくすることができる。よって、図17に示す実施の形態17のメタン生成システム66により得られる効果に加え、SOEC共電解装置10とメタン反応器11との間での熱交換性能を向上させることができるので、メタン変換効率を向上させるとともに、メタン生成量を安定化させることができる。

[実施の形態19]

[0070] 以下、本開示の実施の形態19に係るメタン生成システム68を、図19を参照しながら説明する。なお、図13に示す実施の形態13と同様の構成には同様の参照番号を付し、その説明を省略し、実施の形態13と異なる構成のみを説明する。

[0071] メタン生成システム68は、図13に示す実施の形態13のメタン生成システム62において、二酸化炭素供給経路3を流通する二酸化炭素を駆動流体とするエジェクタ40が二酸化炭素供給経路3に設けられており、水供給経路2がエジェクタ40を介してSOEC共電解装置10に接続されている。

[0072] このようなメタン生成システム62によれば、エジェクタ40の駆動流体である二酸化炭素の流れに、水供給経路2を流通する水または水蒸気が引き寄せられる。つまり、水供給経路2を流通する水または水蒸気をSOEC共電解装置10に移動させる不図示のポンプ又はブロワ等の流体機械とエジェクタ40とを併用することで、上記流体機械の動力を削減することができる。こうして、メタン生成システム68の稼働に要するエネルギーを削減することができる。

#### [実施の形態20]

[0073] 以下、本開示の実施の形態20に係るメタン生成システム69を、図20を参照しながら説明する。なお、図19に示す実施の形態19と同様の構成には同様の参照番号を付し、その説明を省略し、実施の形態19と異なる構成のみを説明する。

[0074] メタン生成システム69は、メタン反応器11の上側にSOEC共電解装置10が設けられるように、図19に示す実施の形態19のメタン生成システム68を縦型に配置した構成を有する。そのため、SOEC共電解装置10は、メタン反応器11よりも高い位置に設けられているため、SOEC共電解装置10とメタン反応器11との伝熱面近傍に存在する流体の温度差を大きくすることができる。よって、図19に示す実施の形態19のメタン生成システム68により得られる効果に加え、SOEC共電解装置10とメタン反応器11との間での熱交換性能を向上させることができるので、メタン変換効率を向上させるとともに、メタン生成量を安定化させることができる。

#### [実施の形態21]

[0075] 以下、本開示の実施の形態21に係るメタン生成システム70を、図21を参照しながら説明する。なお、図19に示す実施の形態19と同様の構成には同様の参照番号を付し、その説明を省略し、実施の形態19と異なる構成のみを説明する。

[0076] メタン生成システム70は、図19に示す実施の形態19のメタン生成シ

ステム68において、水供給経路2を流通する水または水蒸気の流れ方向に対して、エジェクタ40よりも上流側に、外部の換気排熱と熱交換する第13熱交換部23b、外部の空調排熱と熱交換する第14熱交換部24b、外部の給湯排熱と熱交換する第15熱交換部25b、外部のボイラ排熱と熱交換する第16熱交換部26b、外部のSOFC燃料電池排熱と熱交換する第17熱交換部27bの少なくともいずれかを備えている。ここで、第13熱交換部23b、第14熱交換部24b、第15熱交換部25b、第16熱交換部26b、第17熱交換部27bは、水供給経路2を流通する水または水蒸気の流れ方向に対して、温度の低い熱交換部ほど上流側に配置されるように水供給経路2に設けられている。

[0077] 従って、最も低温の第13熱交換部23bが水供給経路2を流通する水または水蒸気の流れ方向に対して最も上流に設けられ、最も高温の第17熱交換部27bが水供給経路2を流通する水または水蒸気の流れ方向に対して最も下流に設けられている。第13熱交換部23bと第17熱交換部27bとの間には、水供給経路2を流通する水または水蒸気の流れ方向に対して上流側から、第14熱交換部24b、第15熱交換部25b、第16熱交換部26bが設けられている。

[0078] このようなメタン生成システム60によれば、エジェクタ40に吸い込まれる前の水供給経路2を流通する水または水蒸気を、第13熱交換部23b、第14熱交換部24b、第15熱交換部25b、第16熱交換部26b、第17熱交換部27bの少なくともいずれかで加熱する。そのため、エジェクタ40に吸い込まれる水供給経路2を流通する水または水蒸気を気体状態の水蒸気に変換することができる。そのため、エジェクタ40による吸込み効果を、より多く得ることができる。つまり、水供給経路2を流通する水または水蒸気をSOEC共電解装置10に移動させる不図示のポンプ又はブロワ等の流体機械とエジェクタ40とを併用することで、上記流体機械の動力を削減することができる。こうして、メタン生成システム70の稼働に要するエネルギーを削減することができる。

[0079] 図21の例では、第13熱交換部23b、第14熱交換部24b、第15熱交換部25b、第16熱交換部26b、第17熱交換部27bの全てが設けられているが、これらの内の少なくとも一つ以上が設けられていればよい。第13熱交換部23b、第14熱交換部24b、第15熱交換部25b、第16熱交換部26b、第17熱交換部27bの全てが設けられている場合、エジェクタ40に吸い込まれる水または水蒸気を気体状態の水蒸気へ変換する程度が最も高く、また、SOEC共電解装置10に供給される水または水蒸気の熱量を上昇させる効果が最も大きい。

#### [実施の形態22]

[0080] 以下、本開示の実施の形態22に係るメタン生成システム71を、図22を参照しながら説明する。なお、図21に示す実施の形態21と同様の構成には同様の参照番号を付し、その説明を省略し、実施の形態21と異なる構成のみを説明する。

[0081] メタン生成システム71は、メタン反応器11の上側にSOEC共電解装置10が設けられるように、図21に示す実施の形態21のメタン生成システム70を縦型に配置した構成を有する。そのため、SOEC共電解装置10は、メタン反応器11よりも高い位置に設けられているため、SOEC共電解装置10とメタン反応器11との伝熱面近傍に存在する流体の温度差を大きくすることができる。よって、図21に示す実施の形態21のメタン生成システム70により得られる効果に加え、SOEC共電解装置10とメタン反応器11との間での熱交換性能を向上させることができるので、メタン変換効率を向上させるとともに、メタン生成量を安定化させることができる。

#### [実施の形態23]

[0082] 以下、本開示の実施の形態23に係るメタン生成システム72を、図23を参照しながら説明する。なお、図9に示す実施の形態9と同様の構成には同様の参照番号を付し、その説明を省略し、実施の形態9と異なる構成のみを説明する。

[0083] メタン生成システム72は、図9に示す実施の形態9のメタン生成システム58において、水供給経路2を流通する水または水蒸気の流れ方向に対して、第1予備熱交換部28よりも上流側に、水供給経路2を流通する水または水蒸気を加熱する、外部の換気排熱と熱交換する第8熱交換部23a、外部の空調排熱と熱交換する第9熱交換部24a、外部の給湯排熱と熱交換する第10熱交換部25a、外部のボイラ排熱と熱交換する第11熱交換部26a、外部のSOFC燃料電池排熱と熱交換する第12熱交換部27aの少なくともいずれかを備えている。ここで、第8熱交換部23a、第9熱交換部24a、第10熱交換部25a、第11熱交換部26a、第12熱交換部27aは、水供給経路2を流通する水または水蒸気の流れ方向に対して、温度の低い熱交換部ほど上流側に配置されるように水供給経路2に設けられている。

[0084] 従って、最も低温の第8熱交換部23aが、水供給経路2を流通する水または水蒸気の流れ方向に対して最も上流に設けられ、最も高温の第12熱交換部27aが、水供給経路2を流通する水または水蒸気の流れ方向に対して最も下流に設けられている。第8熱交換部23aと第12熱交換部27aとの間には、水供給経路2を流通する水または水蒸気の流れ方向に対して上流側から、第9熱交換部24a、第10熱交換部25a、第11熱交換部26aが設けられている。

[0085] また、水供給経路2において、第1予備熱交換部28よりも下流側に、水供給経路2を流通する水または水蒸気を加熱する第2ヒータ22aが設けられている。

[0086] このようなメタン生成システム72によれば、水供給経路2を流通する水または水蒸気を、メタン反応器11の発熱に加え、第8熱交換部23a、第9熱交換部24a、第10熱交換部25a、第11熱交換部26a、第12熱交換部27aの少なくともいずれか、および第2ヒータ22aにより加熱する。そのため、SOEC共電解装置10に供給される水または水蒸気の熱量が増すので、SOEC共電解装置10での電気分解を促進することができ

る。さらに、メタン反応器 11 からの発熱を除熱することでメタン変換効率を向上させることができる。

[0087] 図 23 の例では、第 8 熱交換部 23 a、第 9 熱交換部 24 a、第 10 熱交換部 25 a、第 11 熱交換部 26 a、第 12 熱交換部 27 a の全てが設けられているが、これらの内の少なくとも一つ以上が設けられていればよい。第 8 熱交換部 23 a、第 9 熱交換部 24 a、第 10 熱交換部 25 a、第 11 熱交換部 26 a、第 12 熱交換部 27 a の全てが設けられている場合、SOEC 共電解装置 10 に供給される水または水蒸気の熱量を上昇させる効果が最も大きい。

#### [実施の形態 24]

[0088] 以下、本開示の実施の形態 24 に係るメタン生成システム 73 を、図 24 を参照しながら説明する。なお、図 23 に示す実施の形態 23 と同様の構成には同様の参照番号を付し、その説明を省略し、実施の形態 23 と異なる構成のみを説明する。

[0089] メタン生成システム 73 は、メタン反応器 11 の上側に SOEC 共電解装置 10 が設けられるように、図 23 に示す実施の形態 23 のメタン生成システム 72 を縦型に配置した構成を有する。そのため、SOEC 共電解装置 10 は、メタン反応器 11 よりも高い位置に設けられているため、SOEC 共電解装置 10 とメタン反応器 11 との伝熱面近傍に存在する流体の温度差を大きくすることができる。よって、図 23 に示す実施の形態 23 のメタン生成システム 72 により得られる効果に加え、SOEC 共電解装置 10 とメタン反応器 11 との間での熱交換性能を向上させることができるので、メタン変換効率を向上させるとともに、メタン生成量を安定化させることができる。

#### [実施の形態 25]

[0090] 以下、本開示の実施の形態 25 に係るメタン生成システム 74 を、図 25 を参照しながら説明する。なお、図 23 に示す実施の形態 23 と同様の構成には同様の参照番号を付し、その説明を省略し、実施の形態 23 と異なる構

成のみを説明する。

[0091] メタン生成システム74は、図23に示す実施の形態23のメタン生成システム72において、第12熱交換部27aの位置が、第1予備熱交換部28と第2ヒータ22aとの間に設けられている点で異なっている。

[0092] このようなメタン生成システム74では、第12熱交換部27aが第1予備熱交換部28よりも、水供給経路2を流通する水または水蒸気の流れ方向に対して下流側に設けられている。そのため、第8熱交換部23aから第12熱交換部27aのうちで最も高温の第12熱交換部27aが、メタン反応器11よりも高い温度で水供給経路2を流通する水または水蒸気を加熱する場合も、メタン反応器11と第12熱交換部27aの加熱を有効に利用することができる。

[実施の形態26]

[0093] 以下、本開示の実施の形態26に係るメタン生成システム75を、図26を参照しながら説明する。なお、図25に示す実施の形態25と同様の構成には同様の参照番号を付し、その説明を省略し、実施の形態25と異なる構成のみを説明する。

[0094] メタン生成システム75は、メタン反応器11の上側にSOEC共電解装置10が設けられるように、図25に示す実施の形態25のメタン生成システム74を縦型に配置した構成を有する。そのため、SOEC共電解装置10は、メタン反応器11よりも高い位置に設けられているため、SOEC共電解装置10とメタン反応器11との伝熱面近傍に存在する流体の温度差を大きくすることができる。よって、図25に示す実施の形態25のメタン生成システム74により得られる効果に加え、SOEC共電解装置10とメタン反応器11との間での熱交換性能を向上させることができるので、メタン変換効率を向上させるとともに、メタン生成量を安定化させることができる。

[0095] なお、本開示の技術的範囲は前記実施の形態に限定されず、請求項に定義される本開示の範囲内において種々の変更を加えることが可能である。

[0096] 例えば、図13と図14に示す実施の形態13のメタン生成システム62と実施の形態14のメタン生成システム63において、二酸化炭素供給経路3における、二酸化炭素供給経路3を流通する二酸化炭素の流れ方向における第2予備熱交換部29の下流側に、外部の換気排熱と熱交換する第8熱交換部23a、外部の空調排熱と熱交換する第9熱交換部24a、外部の給湯排熱と熱交換する第10熱交換部25a、外部のボイラ排熱と熱交換する第11熱交換部26a、外部のSOFC燃料電池排熱と熱交換する第12熱交換部27aの少なくともいずれかを備えても良い。また、二酸化炭素供給経路3における、二酸化炭素供給経路3を流通する二酸化炭素の流れ方向における、第12熱交換部27aの下流側に、第2ヒータ22aをさらに備えても良い。

[0097] この場合、図11と図12に示す実施の形態11のメタン生成システム60と実施の形態12のメタン生成システム61と同様に、二酸化炭素供給経路3を流通する二酸化炭素を、第2予備熱交換部29に加えて、第8熱交換部23a、第9熱交換部24a、第10熱交換部25a、第11熱交換部26a、第12熱交換部27aの少なくともいずれかで加熱する。そのため、SOEC共電解装置10に供給される二酸化炭素の熱量がさらに増すので、SOEC共電解装置10での電気分解をさらに促進することができる。この効果は、第8熱交換部23a、第9熱交換部24a、第10熱交換部25a、第11熱交換部26a、第12熱交換部27aの全てを備える場合に最も大きい。第2ヒータ22aをさらに備える場合には、その効果をさらに高めることができる。

[0098] 例えば、図13と図14に示す実施の形態13のメタン生成システム62と実施の形態14のメタン生成システム63において、二酸化炭素供給経路3における、二酸化炭素供給経路3を流通する二酸化炭素の流れ方向における第2予備熱交換部29の上流側に、外部の換気排熱と熱交換する第8熱交換部23a、外部の空調排熱と熱交換する第9熱交換部24a、外部の給湯排熱と熱交換する第10熱交換部25a、外部のボイラ排熱と熱交換する第

第11熱交換部26a、外部のSOFC燃料電池排熱と熱交換する第12熱交換部27aの少なくともいずれかを備えても良い。この場合、二酸化炭素供給経路3における、二酸化炭素供給経路3を流通する二酸化炭素の流れ方向における、第2予備熱交換部29の下流側に、第2ヒータ22aをさらに備えても良い。

[0099] この場合、図23と図24に示す実施の形態23のメタン生成システム72と実施の形態24のメタン生成システム73と同様に、二酸化炭素供給経路3を流通する二酸化炭素を、第2予備熱交換部29に加えて、第8熱交換部23a、第9熱交換部24a、第10熱交換部25a、第11熱交換部26a、第12熱交換部27aの少なくともいずれかで加熱する。そのため、SOEC共電解装置10に供給される二酸化炭素の熱量がさらに増すので、SOEC共電解装置10での電気分解をさらに促進することができる。この効果は、第8熱交換部23a、第9熱交換部24a、第10熱交換部25a、第11熱交換部26a、第12熱交換部27aの全てを備える場合に最も大きい。第2ヒータ22aをさらに備える場合には、その効果をさらに高めることができる。

[0100] 同様に、図21と図22に示す実施の形態21のメタン生成システム70と実施の形態22のメタン生成システム71において、二酸化炭素供給経路3における、二酸化炭素供給経路3を流通する二酸化炭素の流れ方向における第2予備熱交換部29の上流側又は下流側に、外部の換気排熱と熱交換する第8熱交換部23a、外部の空調排熱と熱交換する第9熱交換部24a、外部の給湯排熱と熱交換する第10熱交換部25a、外部のボイラ排熱と熱交換する第11熱交換部26a、外部のSOFC燃料電池排熱と熱交換する第12熱交換部27aの少なくともいずれかを備えても良い。

[0101] この場合、二酸化炭素供給経路3を流通する二酸化炭素を、第2予備熱交換部29に加えて、第8熱交換部23a、第9熱交換部24a、第10熱交換部25a、第11熱交換部26a、第12熱交換部27aの少なくともいずれかで加熱する。そのため、SOEC共電解装置10に供給される二酸化

炭素の熱量がさらに増すので、SOEC共電解装置10での電気分解をさらに促進することができる。この効果は、第8熱交換部23a、第9熱交換部24a、第10熱交換部25a、第11熱交換部26a、第12熱交換部27aの全てを備える場合に最も大きい。

[0102] 実施の形態4以降において、SOEC共電解装置10をメタン反応器11よりも高い位置に設けた縦型に配置した構成について説明した。しかしながら、実施の形態1のメタン生成システム50、実施の形態2のメタン生成システム51を、SOEC共電解装置10をメタン反応器11よりも高い位置に設けた縦型に配置した構成としても良い。この場合も、実施の形態4と同様の効果を得ることができる。

[0103] SOEC共電解装置10とメタン反応器11は、物理的に一体に形成されていても良いことを実施の形態3の説明で述べたが、その他の実施の形態においても、SOEC共電解装置10とメタン反応器11は、物理的に一体に形成されていても良い。

### 符号の説明

- [0104]
- 1 電力供給経路
  - 2 水供給経路
  - 3 二酸化炭素供給経路
  - 4 接続経路
  - 5 熱融通流路
  - 6 ガス経路
  - 10 SOEC共電解装置
  - 11 メタン反応器11
  - 20 第1熱交換部

## 請求の範囲

- [請求項1] 水または水蒸気を供給する水供給経路と、  
二酸化炭素を供給する二酸化炭素供給経路と、  
電力を供給する電力供給経路と、  
前記水供給経路と前記二酸化炭素供給経路と前記電力供給経路とが  
接続されるSOEC共電解装置と、  
メタン反応器と、  
前記SOEC共電解装置と前記メタン反応器とを接続する接続経路  
と、  
前記SOEC共電解装置と前記メタン反応器との間で熱交換を行う  
第1熱交換部と、を備えるメタン生成システム。
- [請求項2] 前記SOEC共電解装置は、前記メタン反応器よりも高い位置に設  
けられている、請求項1に記載のメタン生成システム。
- [請求項3] 前記メタン反応器から放出される水または水蒸気の少なくとも一部  
を前記SOEC共電解装置に供給する熱融通流路を備える、請求項1  
または2に記載のメタン生成システム。
- [請求項4] 前記SOEC共電解装置と前記メタン反応器は物理的に一体に形成  
されており、前記熱融通流路は外部排熱と熱交換する第2熱交換部を  
備える、請求項3に記載のメタン生成システム。
- [請求項5] 前記熱融通流路にはヒータが設けられている、請求項4に記載のメ  
タン生成システム。
- [請求項6] 前記第2熱交換部は、換気排熱と熱交換を行う第3熱交換部、空調  
排熱と熱交換を行う第4熱交換部、給湯排熱と熱交換を行う第5熱交  
換部、ボイラ排熱と熱交換を行う第6熱交換部、SOFC燃料電池排  
熱と熱交換を行う第7熱交換部、のうちの少なくともいずれかを備え  
る、請求項4または5に記載のメタン生成システム。
- [請求項7] 前記SOEC共電解装置に前記水供給経路により供給される前記水  
または水蒸気を前記メタン反応器の反応熱によって加熱する予備熱交

換部を備える請求項6に記載のメタン生成システム。

[請求項8] 前記水供給経路はエジェクタを備え、前記二酸化炭素供給経路は前記エジェクタを介して前記SOEC共電解装置に接続されている請求項7に記載のメタン生成システム。

[請求項9] 前記SOEC共電解装置に供給される二酸化炭素を前記メタン反応器の反応熱によって加熱する予備熱交換部を備える請求項6に記載のメタン生成システム。

[請求項10] 前記SOEC共電解装置に供給される二酸化炭素を前記メタン反応器の反応熱によって加熱する予備熱交換部を備える請求項7に記載のメタン生成システム。

[請求項11] 前記二酸化炭素供給経路はエジェクタを備え、前記水供給経路は前記エジェクタを介して前記SOEC共電解装置に接続されている請求項9に記載のメタン生成システム。

[請求項12] 前記水供給経路は、換気排熱と熱交換を行う第8熱交換部、空調排熱と熱交換を行う第9熱交換部、給湯排熱と熱交換を行う第10熱交換部、ボイラ排熱と熱交換を行う第11熱交換部、SOFC燃料電池排熱と熱交換を行う第12熱交換部、のうちの少なくともいずれかを備える、請求項7に記載のメタン生成システム。

[請求項13] 前記水供給経路は、換気排熱と熱交換を行う第8熱交換部、空調排熱と熱交換を行う第9熱交換部、給湯排熱と熱交換を行う第10熱交換部、ボイラ排熱と熱交換を行う第11熱交換部、SOFC燃料電池排熱と熱交換を行う第12熱交換部、のうちの少なくともいずれかを備える、請求項9または11に記載のメタン生成システム。

[請求項14] 前記水供給経路にはヒータが設けられている、請求項12に記載のメタン生成システム。

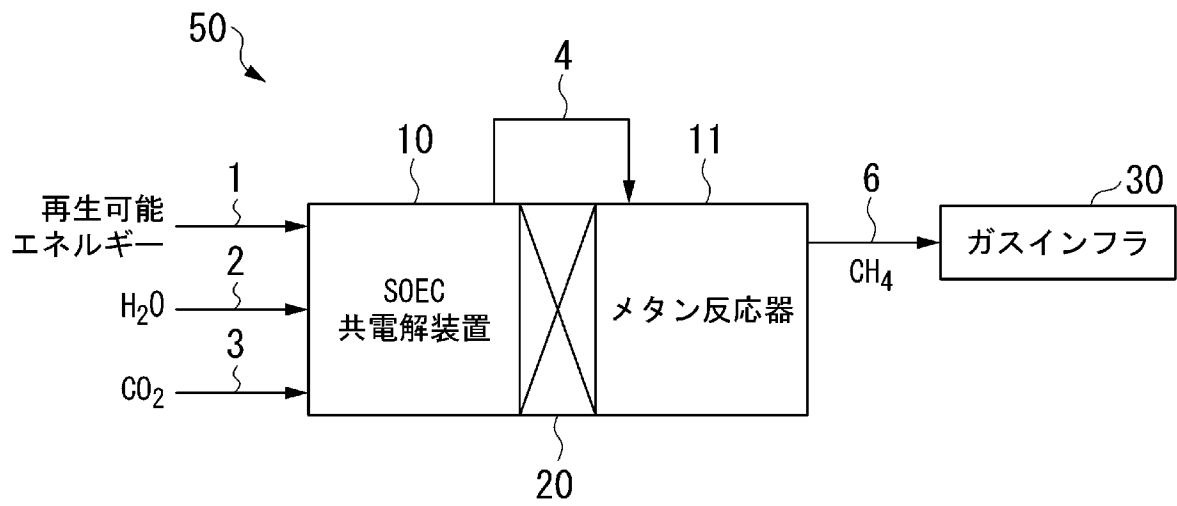
[請求項15] 前記熱融通流路を流通する前記水または前記水蒸気の流れ方向に対して、前記第3熱交換部、前記第4熱交換部、前記第5熱交換部、前記第6熱交換部、前記第7熱交換部のうちで、低温の熱交換部ほど上

流側に配置される、請求項6から14のいずれか1項に記載のメタン生成システム。

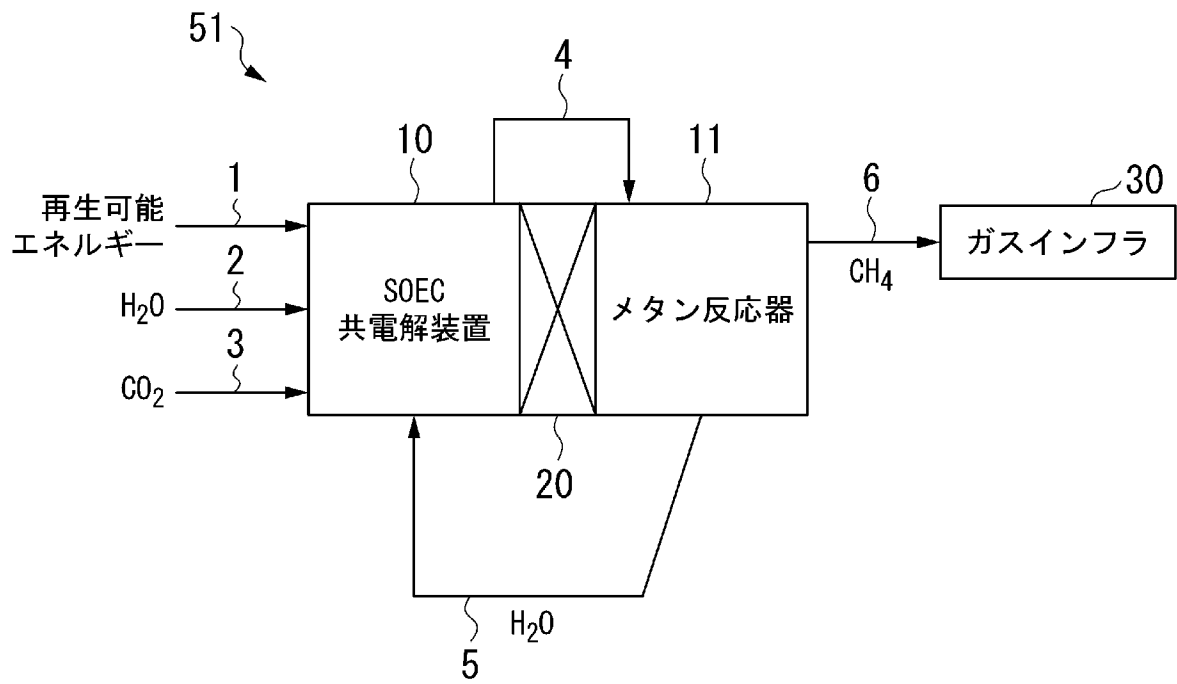
[請求項16] 前記水供給経路を流通する前記水または前記水蒸気の流れ方向に対して、前記第8熱交換部、前記第9熱交換部、前記第10熱交換部、前記第11熱交換部、前記第12熱交換部のうちで、低温の熱交換部ほど上流側に配置される、請求項12から15のいずれか1項に記載のメタン生成システム。

[請求項17] 水または水蒸気を供給する水供給経路と、  
二酸化炭素を供給する二酸化炭素供給経路と、  
電力を供給する電力供給経路と、  
前記水供給経路と前記二酸化炭素供給経路と前記電力供給経路とが接続されるSOEC共電解装置と、  
メタン反応器と、  
前記SOEC共電解装置と前記メタン反応器とを接続する接続経路と、  
前記SOEC共電解装置と前記メタン反応器との間で熱交換を行う第1熱交換部と、  
前記SOEC共電解装置に前記水供給経路により供給される前記水または水蒸気を前記メタン反応器の反応熱によって加熱する予備熱交換部と、  
を備えるメタン生成システム。

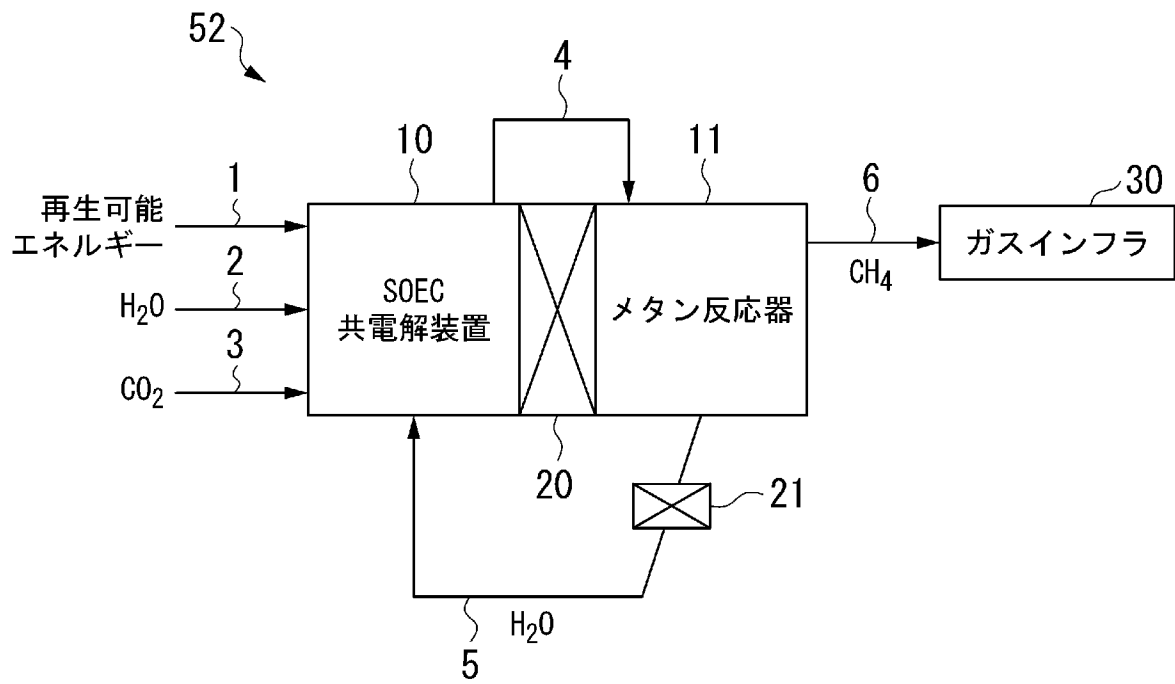
[図1]



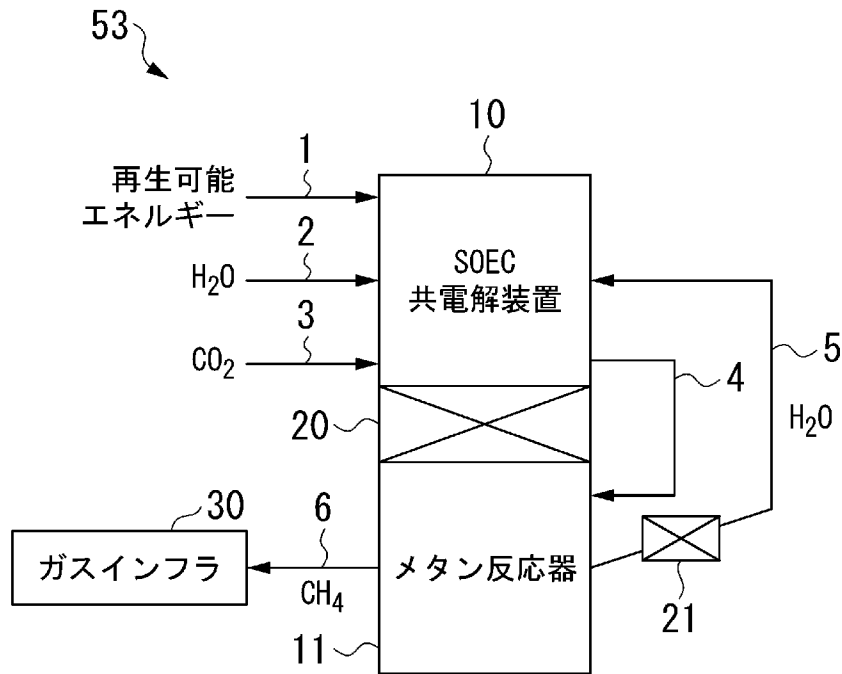
[図2]



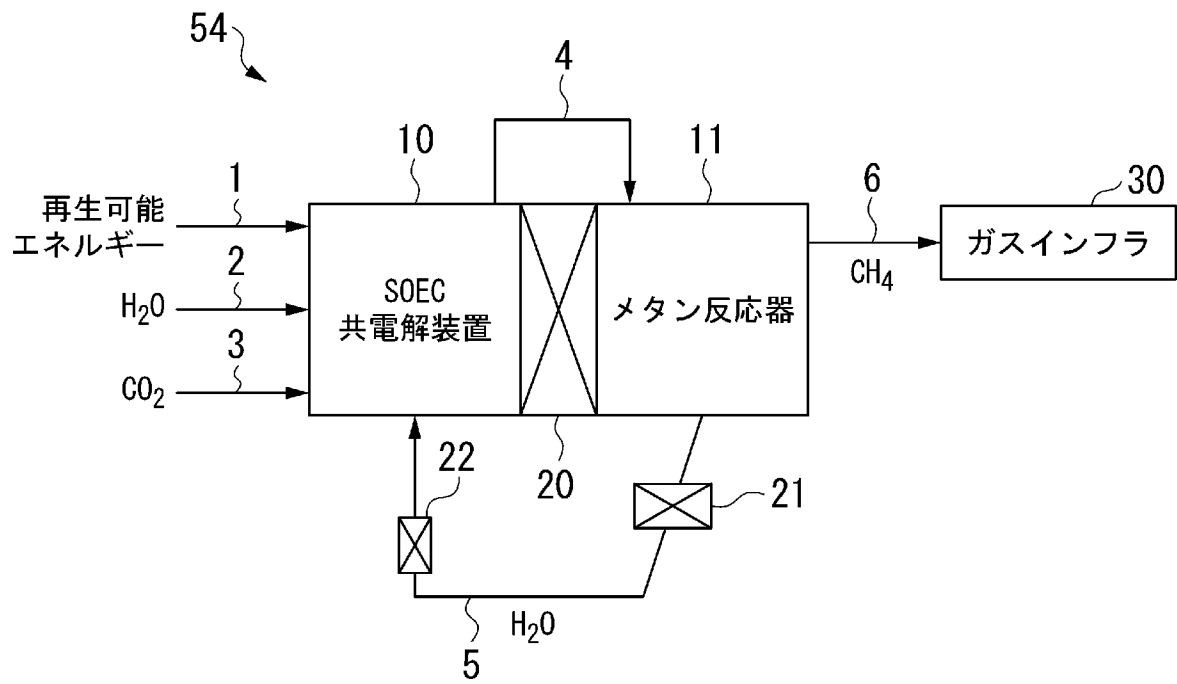
[図3]



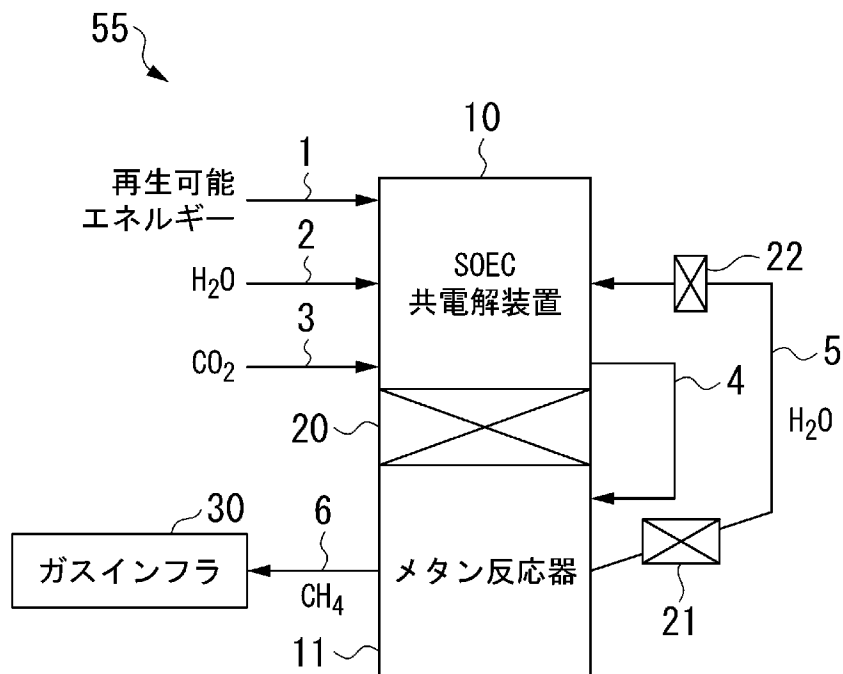
[図4]



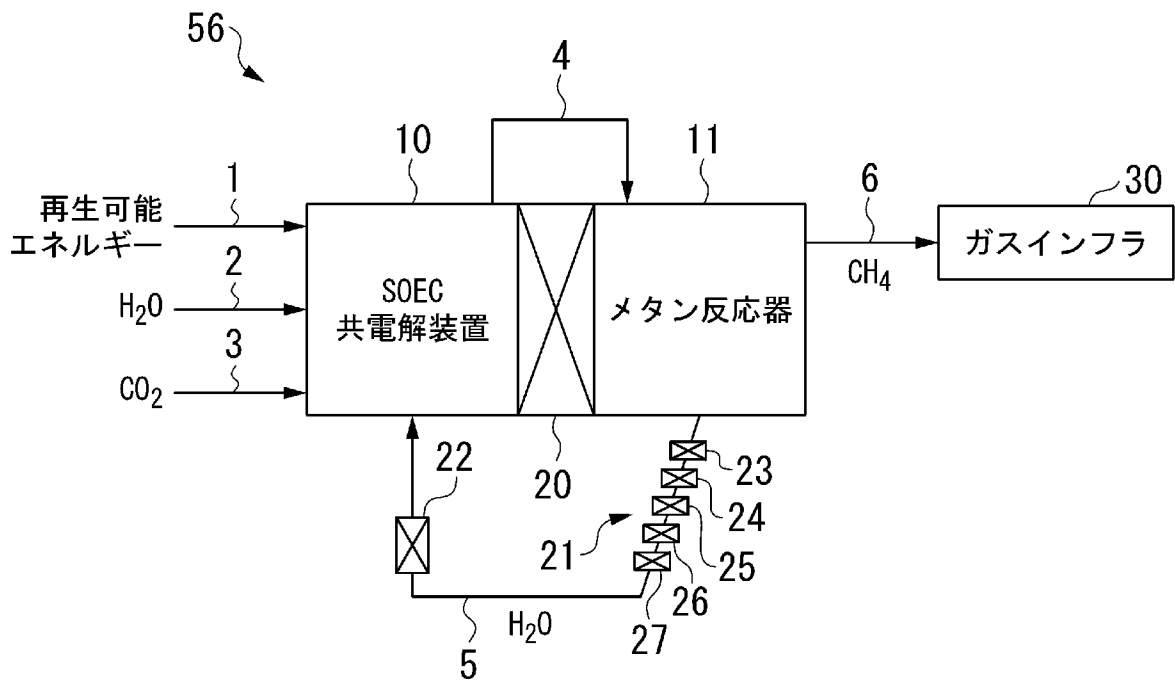
[図5]



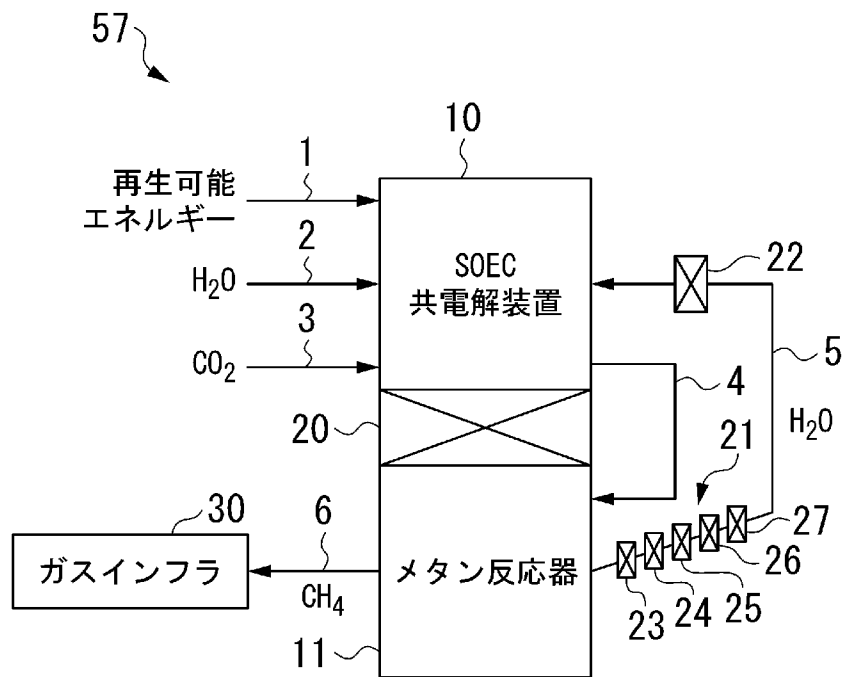
[図6]



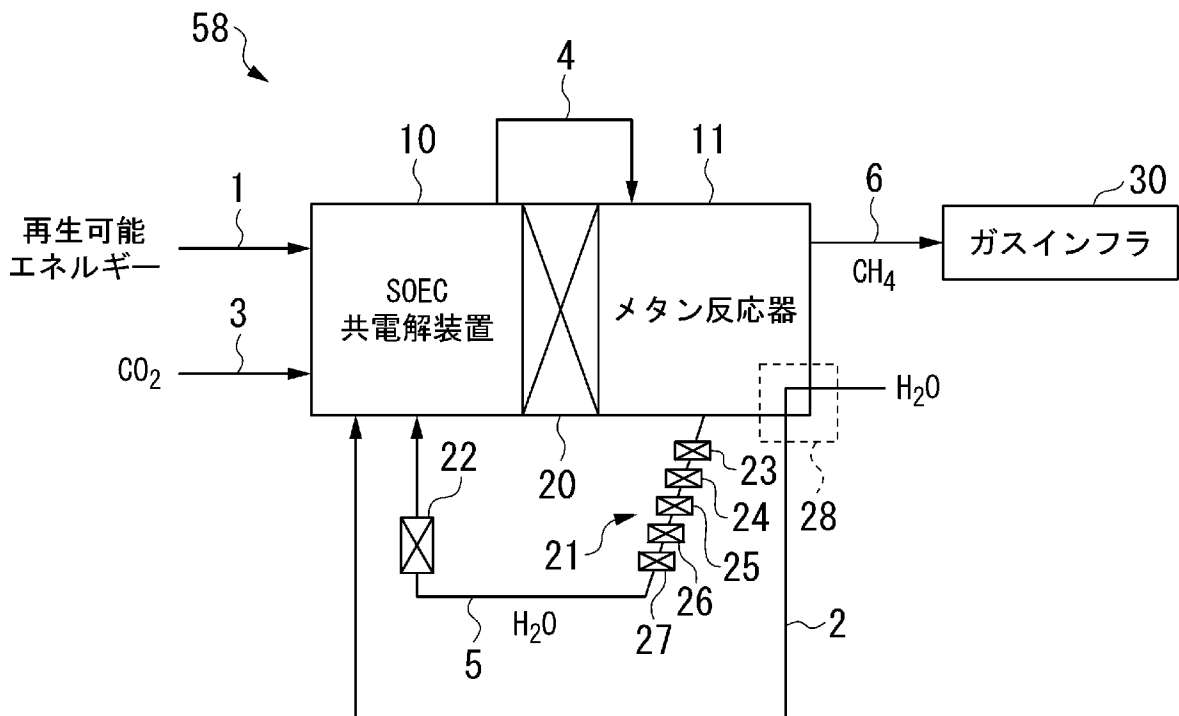
[図7]



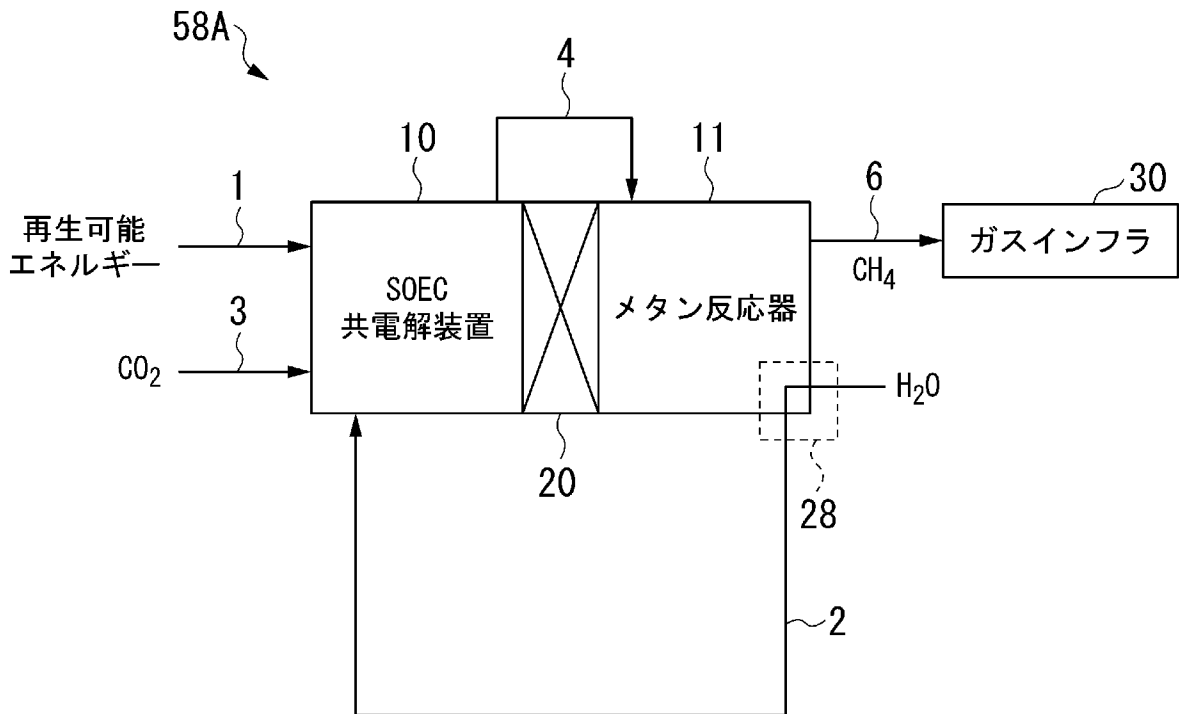
[図8]



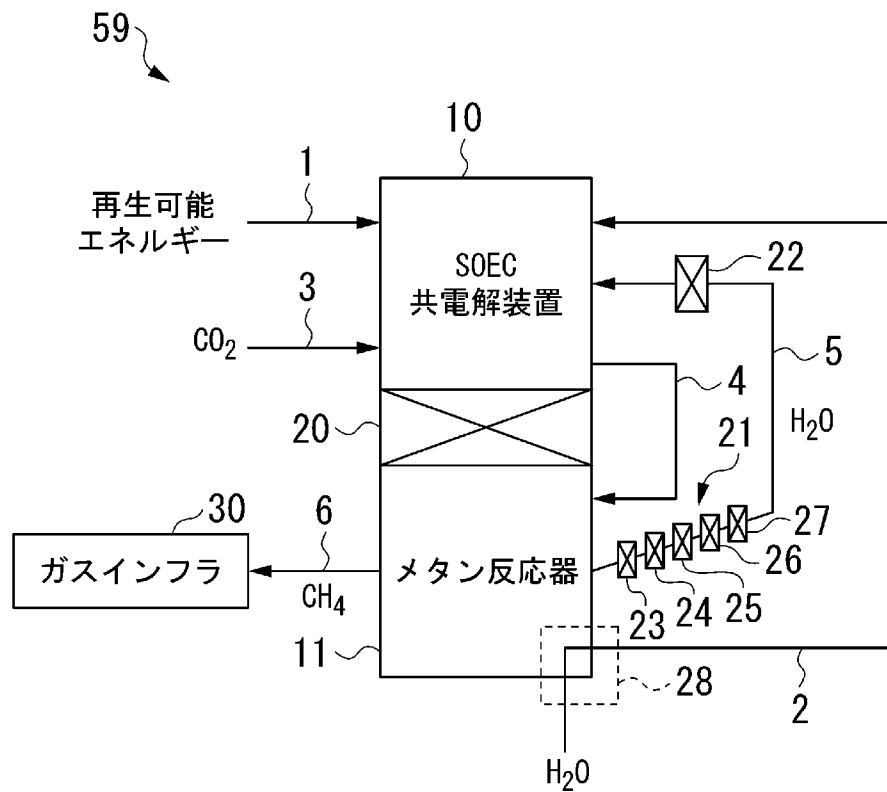
[図9]



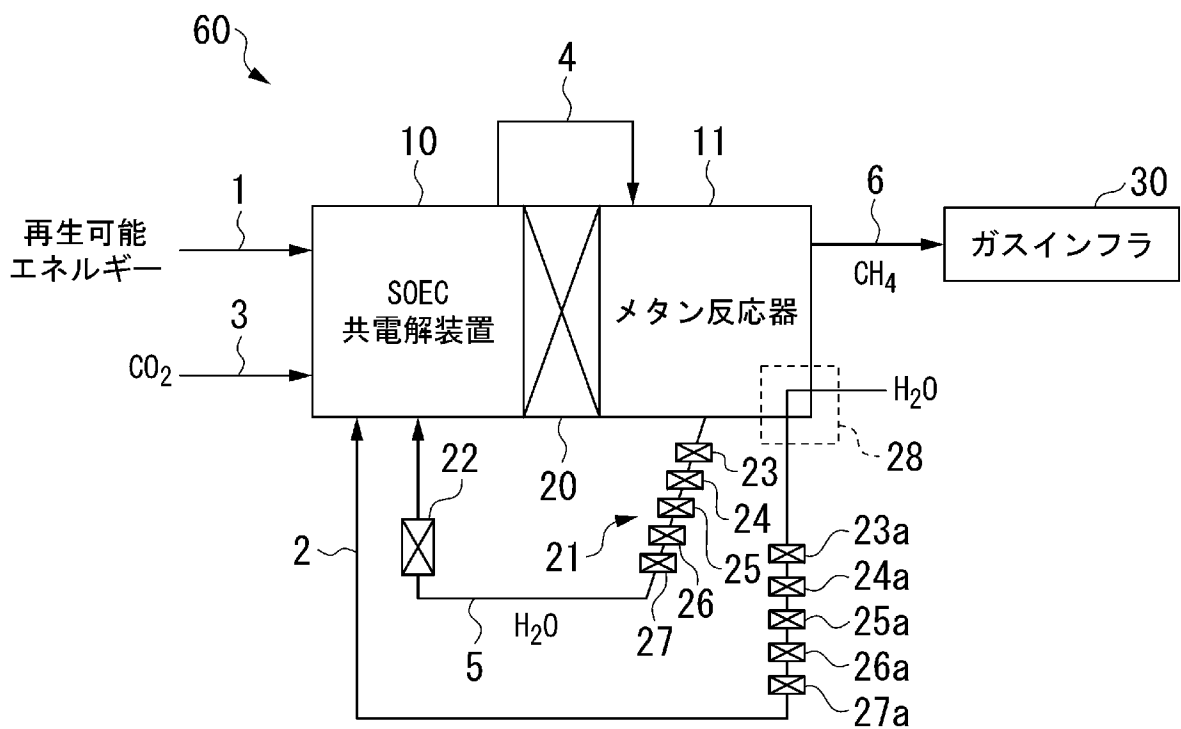
[図9A]



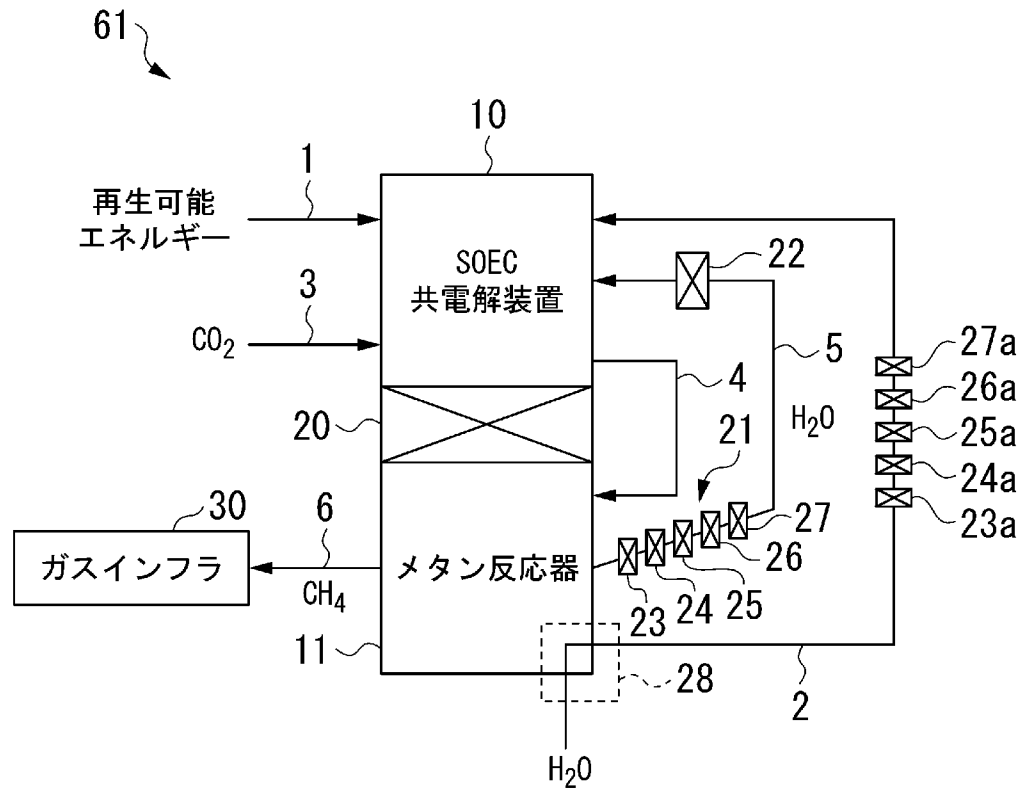
[図10]



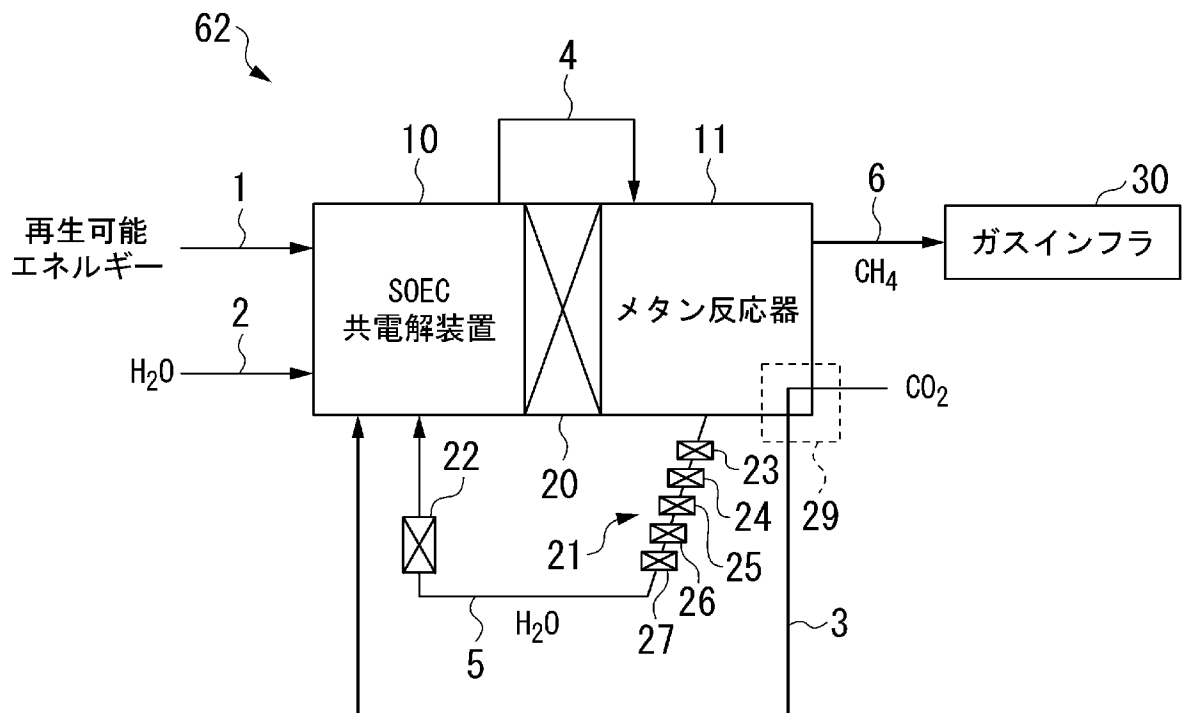
[図11]



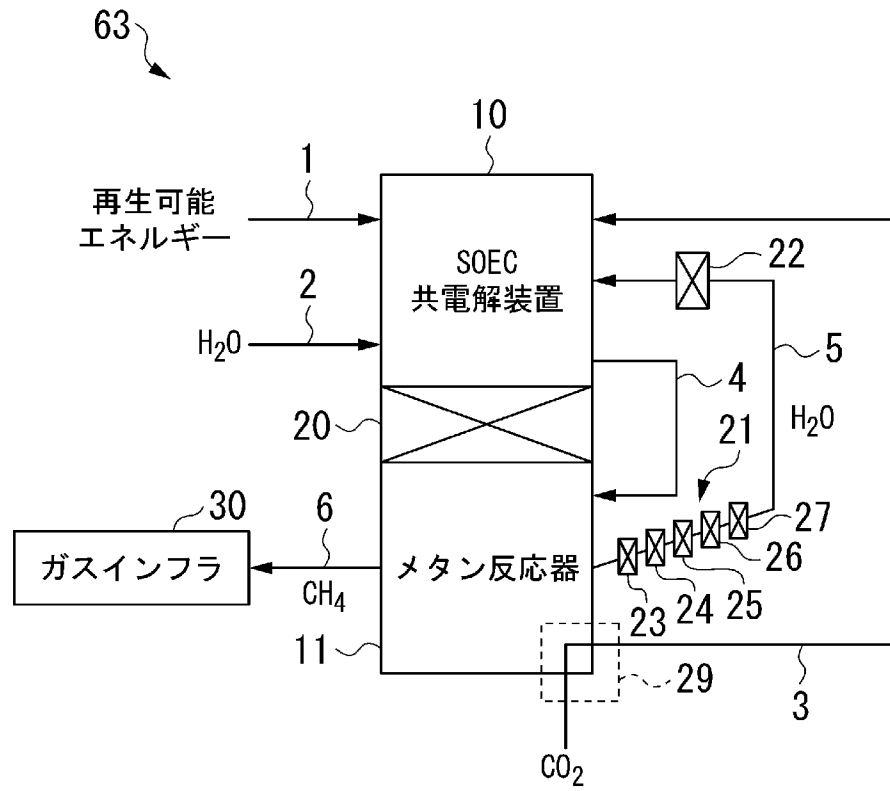
[図12]



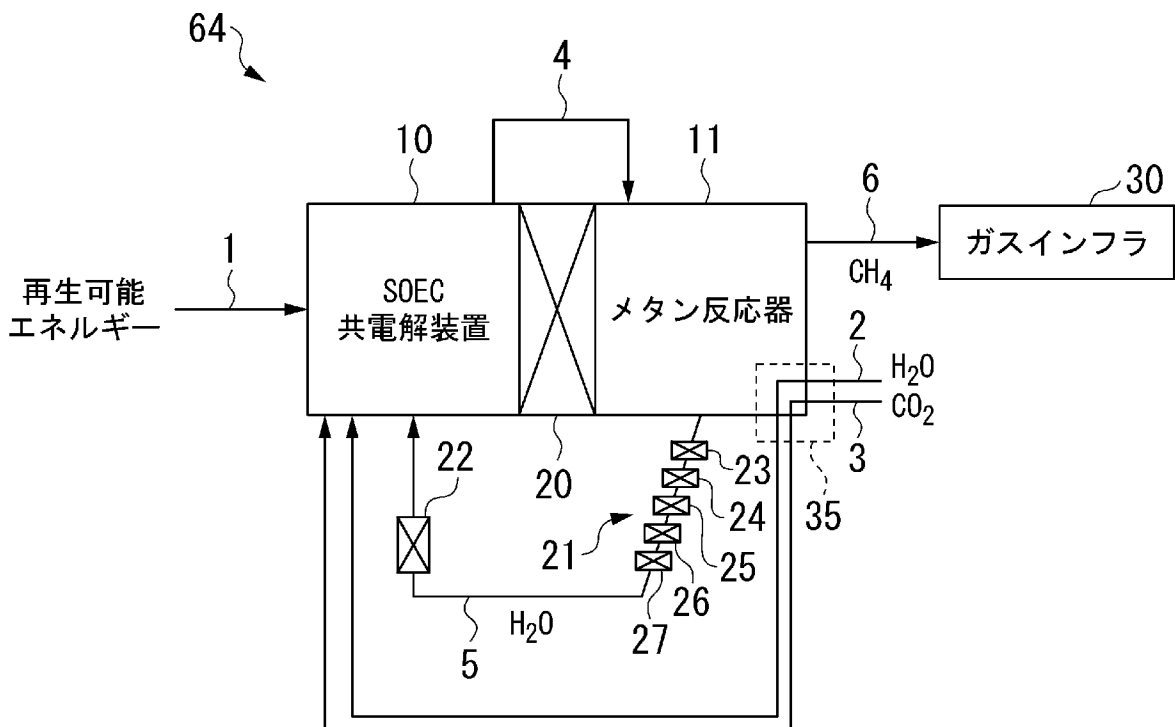
[図13]



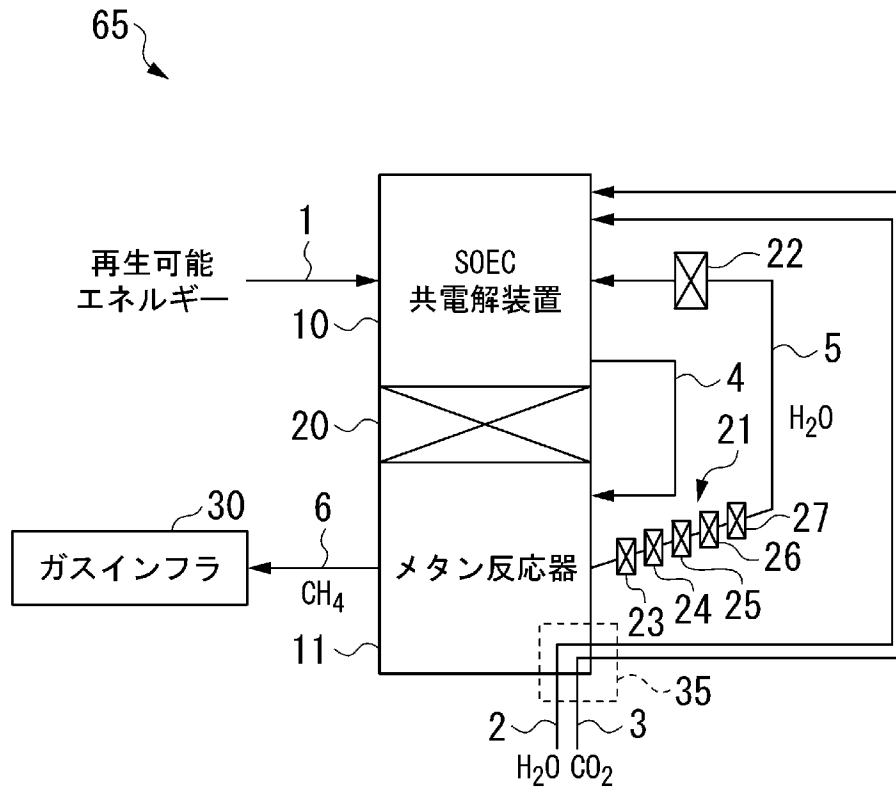
[図14]



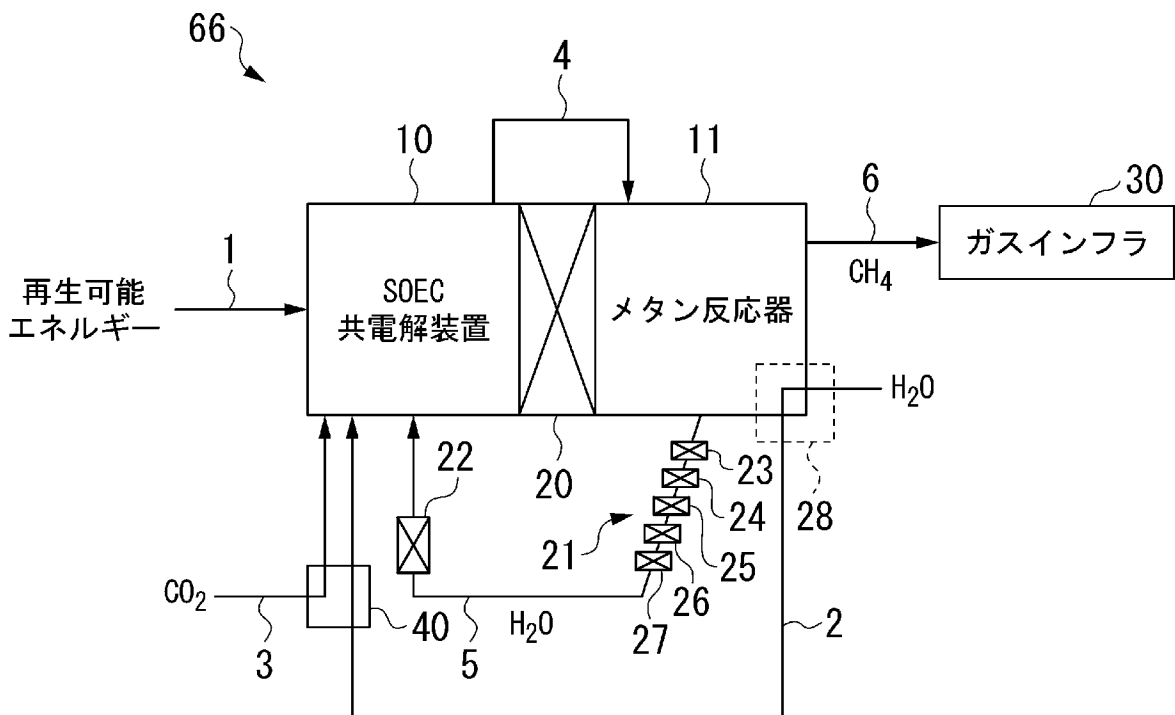
[図15]



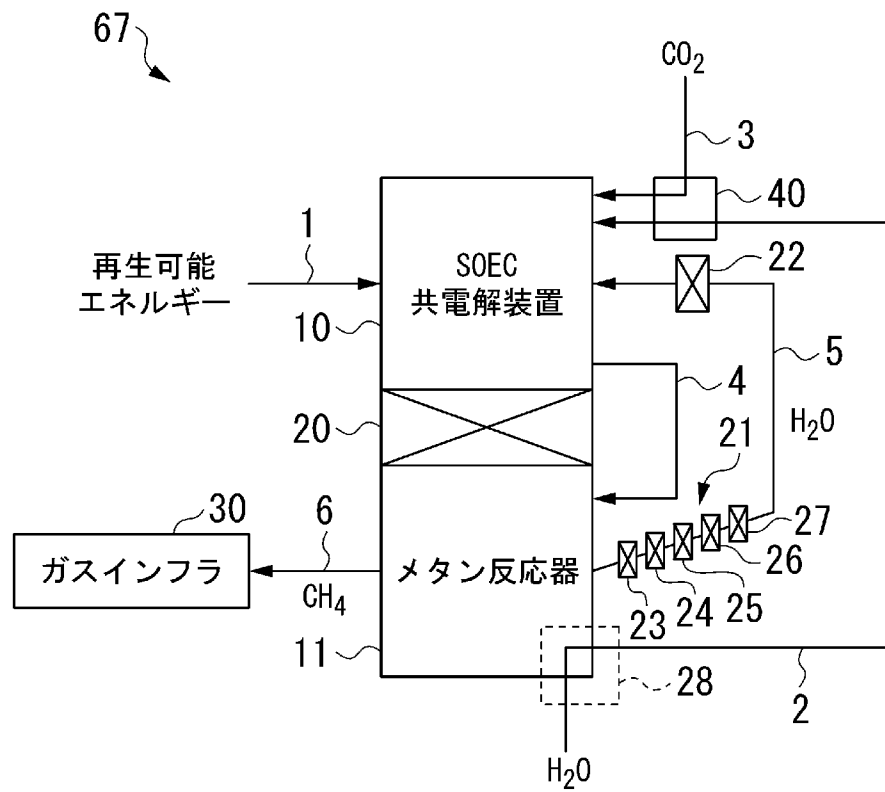
[図16]



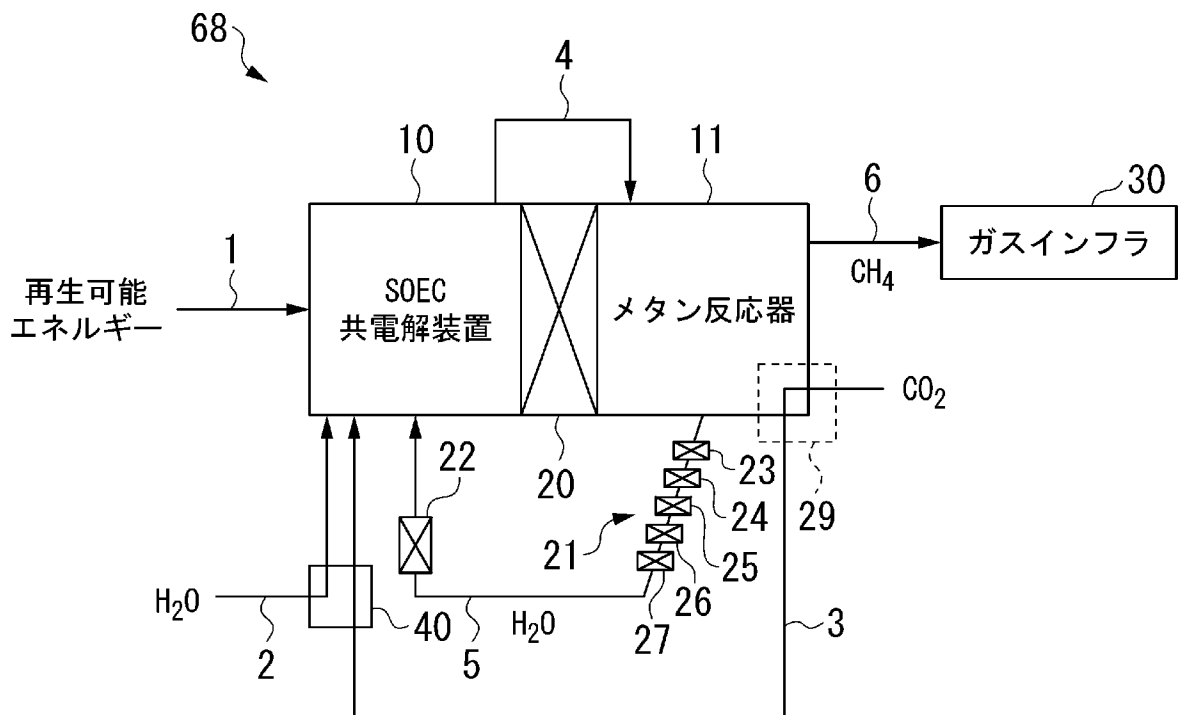
[図17]



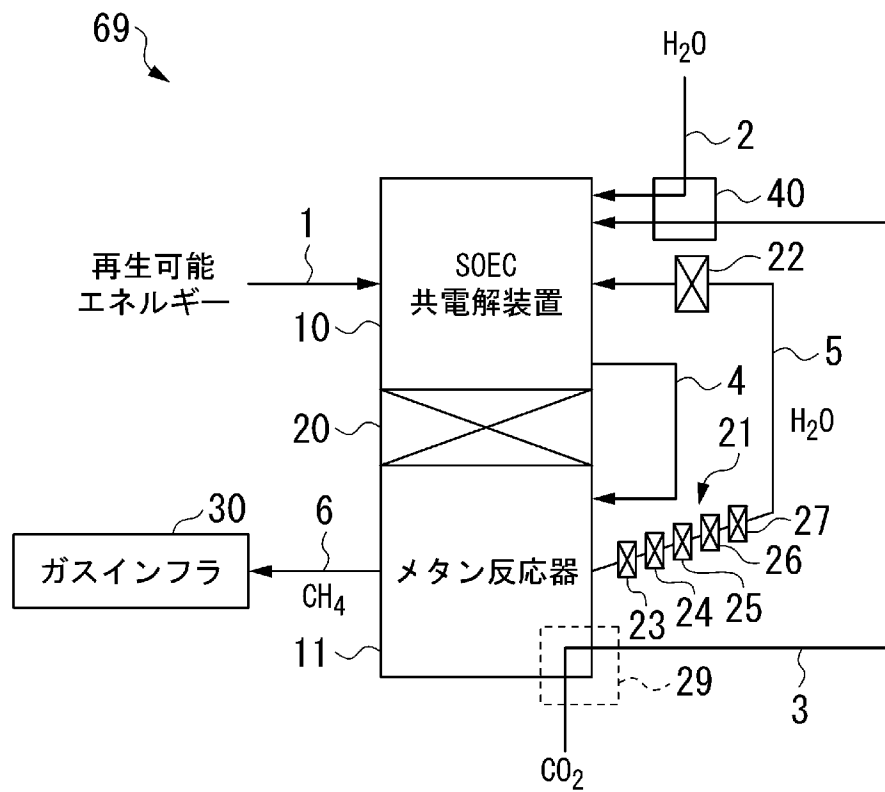
[図18]



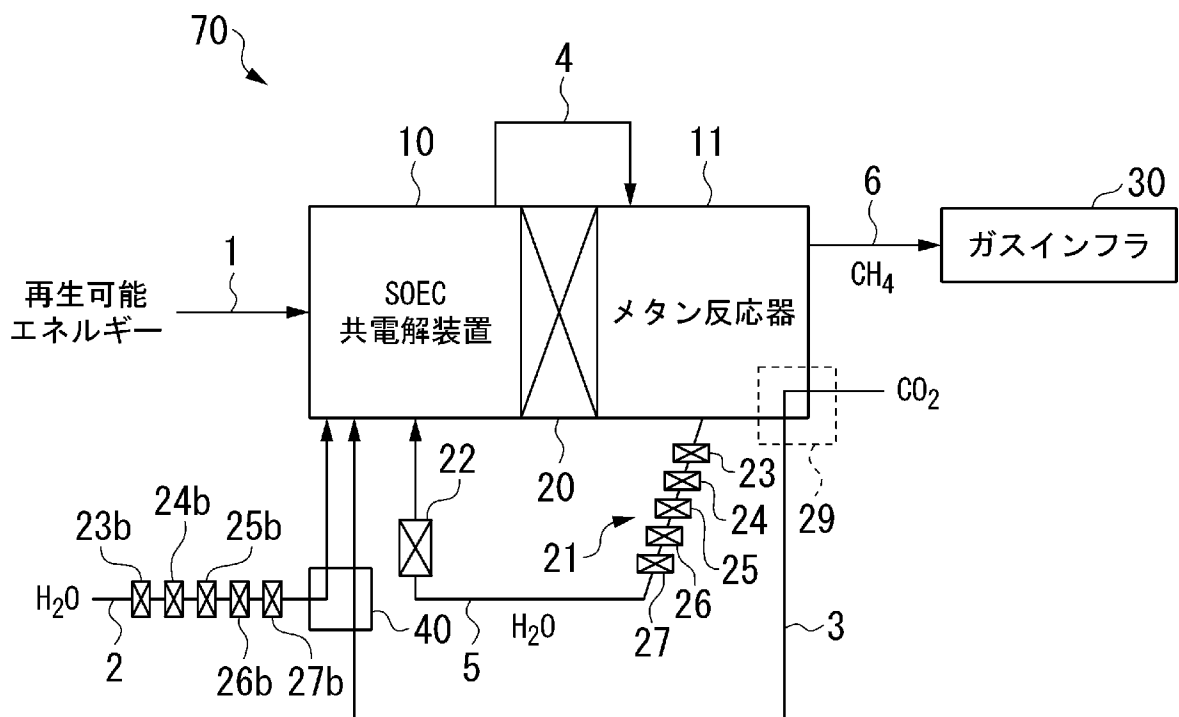
[図19]



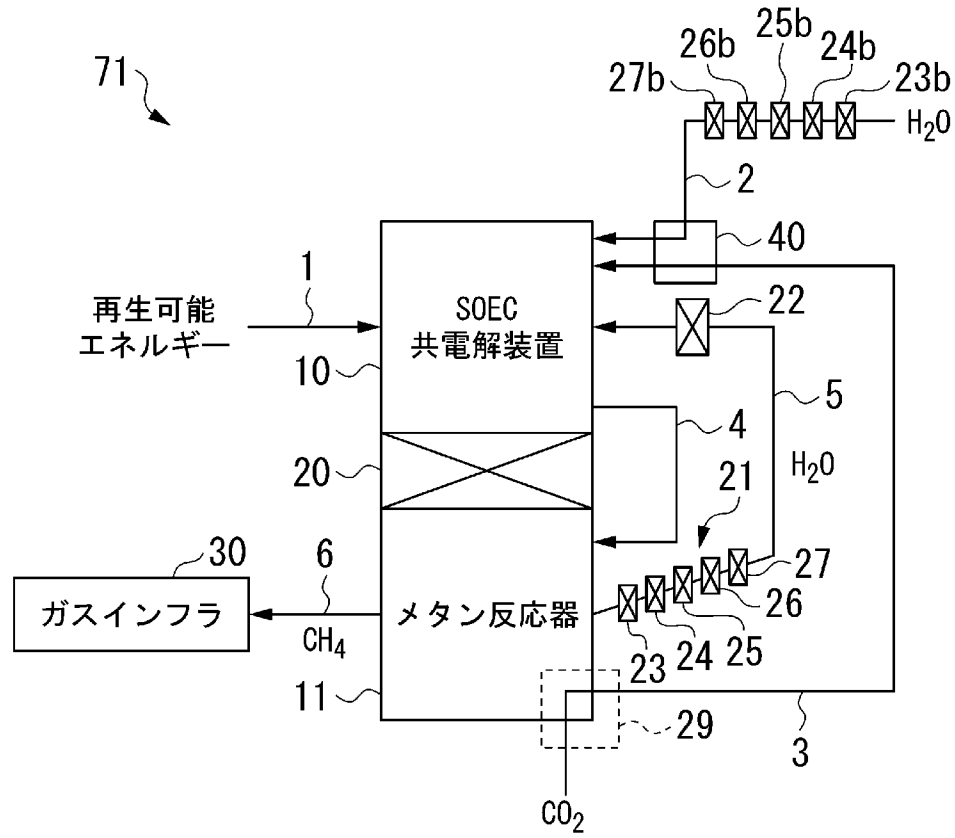
[図20]



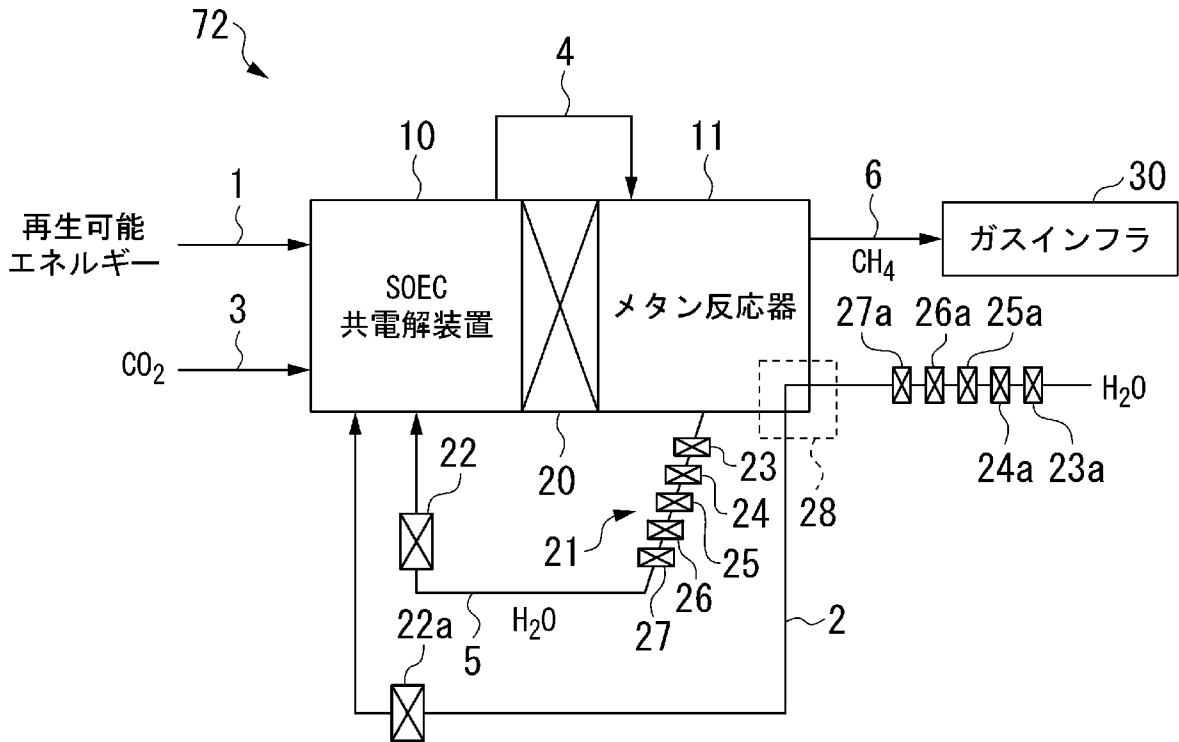
[図21]



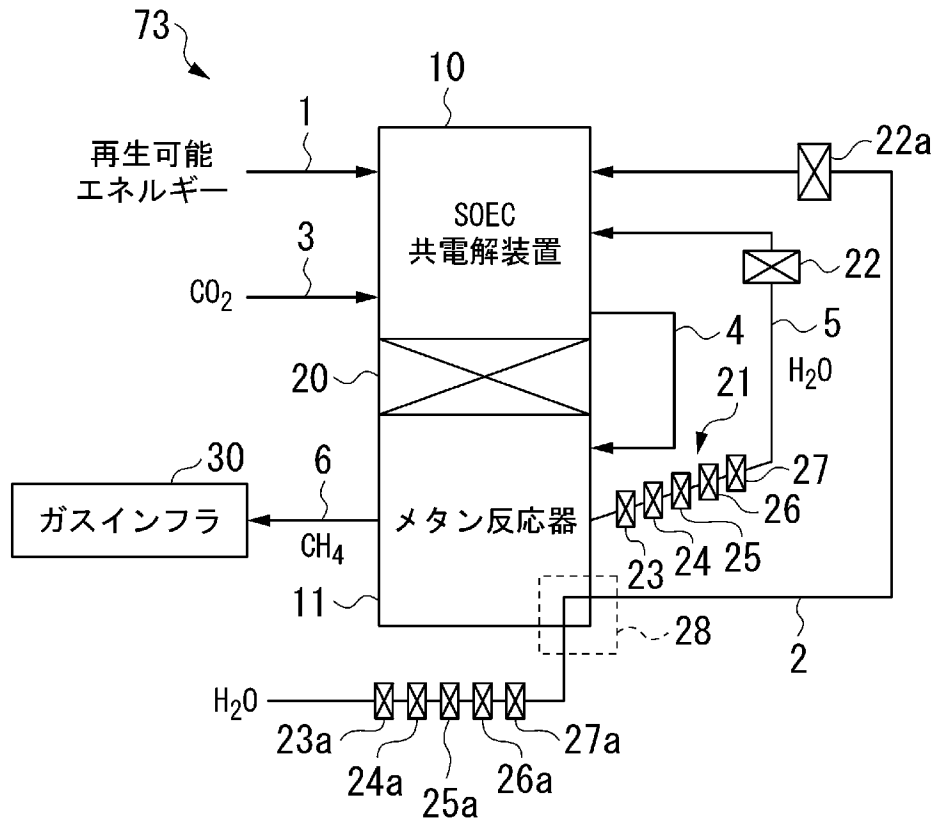
[図22]



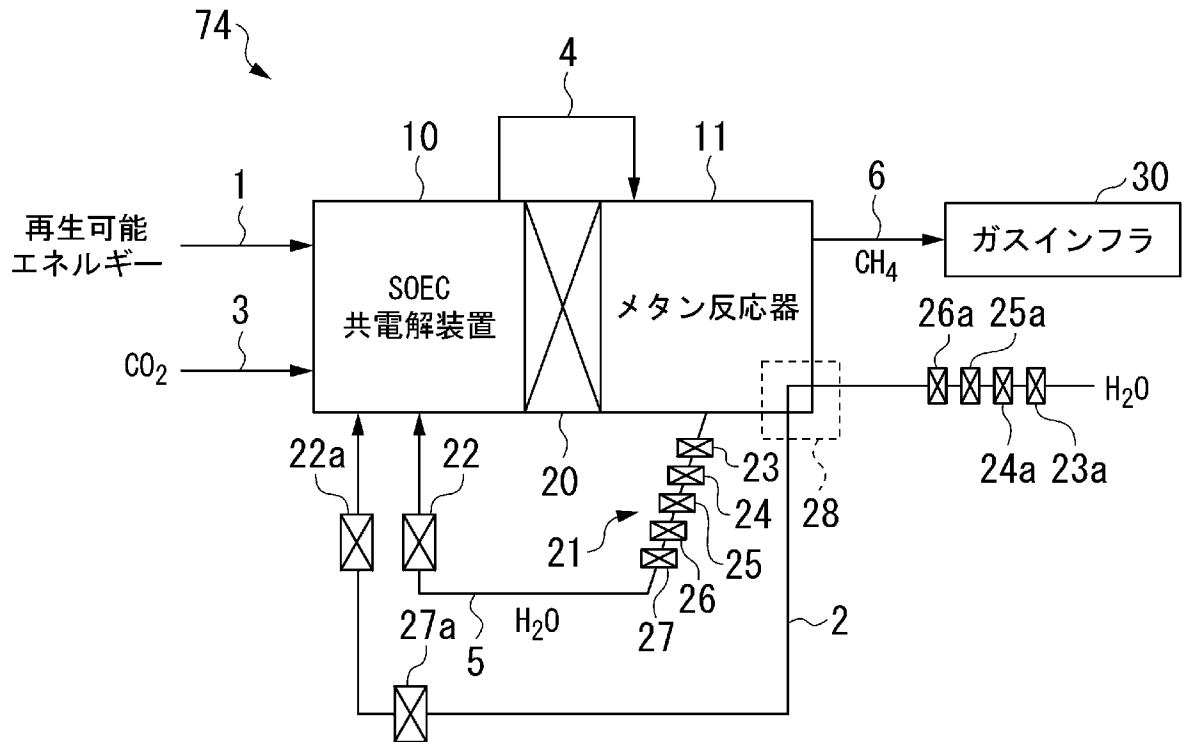
[図23]



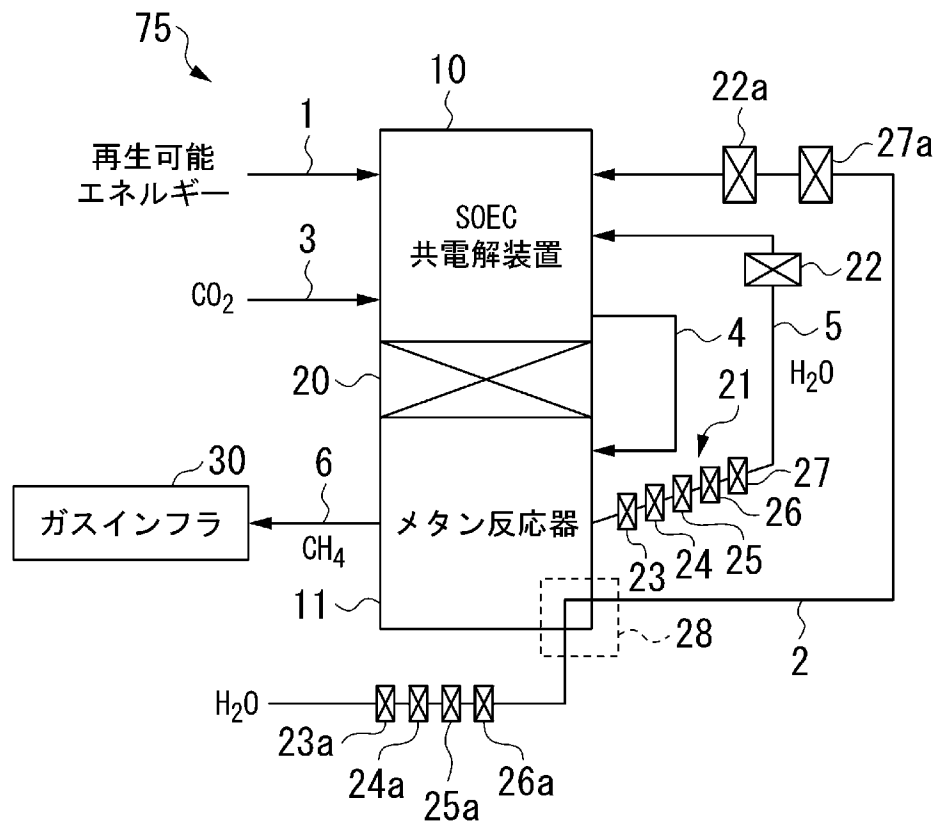
[図24]



[図25]



[図26]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/022028

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
C07C 1/00(2006.01)i; C07C 9/04(2006.01)i FI: C07C1/00; C07C9/04		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) C07C1/00; C07C9/04		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2022 Registered utility model specifications of Japan 1996-2022 Published registered utility model applications of Japan 1994-2022		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2022-022978 A (OSAKA GAS CO., LTD.) 07 February 2022 (2022-02-07) claims, fig. 1, 2	1-17
A	JP 2019-108238 A (TOSHIBA CORP.) 04 July 2019 (2019-07-04) claims, paragraph [0019], fig. 1, 2	1-17
A	大阪ガス株式会社 エネルギー技術研究所, 都市ガスの脱炭素化に貢献 "革新的メタネーション"実現のキーとなる新型SOECの試作に成功～水素・液体燃料などの高効率製造にも活用可能な技術の開発～, DAIGAS GROUP. 25 January 2021, 1/8-8/8, <a href="https://www.osakagas.co.jp/company/press/pr2021/_icsFiles/afieldfile/2021/01/25/210125_2.pdf">https://www.osakagas.co.jp/company/press/pr2021/_icsFiles/afieldfile/2021/01/25/210125_2.pdf</a> , (OSAKA GAS CO., LTD., ENERGY TECHNOLOGY LABORATORY.), non-official translation (Contributing to decarbonization of city gas, Succeeded in prototyping of new SOEC, which is the key to realizing "innovative methanation" - Development of technology that can be used for highly efficient production of hydrogen, liquid fuels, etc.-.) 5/8	1-17
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&amp;” document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search <b>02 August 2022</b>		Date of mailing of the international search report <b>16 August 2022</b>
Name and mailing address of the ISA/JP <b>Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan</b>		Authorized officer  Telephone No.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	大阪ガス株式会社 エネルギー技術研究所 エグゼクティブリサーチャー 大西久男, SOECメタネーションとC2-4成分併産への挑戦, 第三回グリーンLPガスの生産技術開発に向けた研究会 DAIGAS GROUP. 22 January 2021, 1-24, <a href="https://www.j-lpgas.gr.jp/data/greenlpg_presen_DG_20210122.pdf">https://www.j-lpgas.gr.jp/data/greenlpg_presen_DG_20210122.pdf</a> , (OSAKA GAS CO., LTD., ENERGY TECHNOLOGY LABORATORY.), non-official translation (Executive Researcher ONISHI, Hisao. Challenge for co-production of SOEC methanation and C2-4 components. 3rd Study Group for Development of Green LP Gas Production Technology.) pages 9, 11, 13-14, 24	1-17
A	水澤竜也 他, 共電解を利用したSOEC型メタン製造システムに関する定常サイクル計算, 燃料電池, 2015, 14(4), 81-86, (MIZUSAWA, Tatsuya et al. Cycle Analysis of a Methanation System with an SOEC Using Co-electrolysis. The Journal of Fuel Cell Technology.) page 82, fig. 1, page 84, 2.2(b), page 85, 3.2	1-17

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/JP2022/022028**

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2022-022978	A	07 February 2022	(Family: none)
JP 2019-108238	A	04 July 2019	(Family: none)

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） C07C 1/00(2006.01)i; C07C 9/04(2006.01)i FI: C07C1/00; C07C9/04		
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）） C07C1/00; C07C9/04 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 1971-2022年 日本国実用新案登録公報 1996-2022年 日本国登録実用新案公報 1994-2022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 2022-022978 A (大阪瓦斯株式会社) 07.02.2022 (2022-02-07) 特許請求の範囲、[図1]、[図2]	1-17
A	JP 2019-108238 A (株式会社東芝) 04.07.2019 (2019-07-04) 特許請求の範囲、段落[0019]、[図1]、[図2]	1-17
A	大阪ガス株式会社 エネルギー技術研究所、都市ガスの脱炭素化に貢献 「革新的メタネーション」実現のキーとなる新型SOECの試作に成功～水素・液体燃料などの高効率製造にも活用可能な技術の開発～、Daigas Group, 2021.01.25, 1/8-8/8, <a href="https://www.osakagas.co.jp/company/press/pr2021/_icsFiles/afieldfile/2021/01/25/210125_2_1.pdf">https://www.osakagas.co.jp/company/press/pr2021/_icsFiles/afieldfile/2021/01/25/210125_2_1.pdf</a> 5/8	1-17
A	大阪ガス株式会社 エネルギー技術研究所 エグゼクティブリサーチャー 大西久男、SOECメタネーションとC2-4成分併産への挑戦、第三回グリーンLPガスの生産技術開発に向けた研究会 Daigas Group, 2021.01.22, 1-24, <a href="https://www.jpogas.gr.jp/data/greenlpg_presen_DG_20210122.pdf">https://www.jpogas.gr.jp/data/greenlpg_presen_DG_20210122.pdf</a> 9, 11, 13-14, 24頁	1-17
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" 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、一般的な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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “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	02.08.2022	国際調査報告の発送日 16.08.2022
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官）  水島 英一郎 4H 3968  電話番号 03-3581-1101 内線 3443	

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	水澤 竜也 他, 共電解を利用したSOEC型メタン製造システムに関する定常サイクル 計算, 燃料電池, 2015, 14(4), 81-86 82頁のFig. 1, 84頁の2.2(b), 85頁の3.2	1-17

国際調査報告  
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2022/022028

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2022-022978 A	07.02.2022	(ファミリーなし)	
JP 2019-108238 A	04.07.2019	(ファミリーなし)	