

明 細 書

発明の名称：発電システム

技術分野

[0001] 本開示は、発電システムに関する。

背景技術

[0002] たとえば下記特許文献1には、触媒を介してメタン等の炭化水素ガスを熱分解させることによって、水素を取り出す装置が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2022-24997号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] ところで、上記熱分解をさせるには、炭化水素ガスを加熱する必要がある。そのため、熱分解によって生成された水素を発電に用いる場合、熱分解のための熱源を生成する燃料を考慮すると、発電効率が低くなるおそれがある。

課題を解決するための手段

[0005] 本開示の一態様では、発電システムを提供する。発電システムは、加熱器と、反応器と、排ガス熱交換器と、ガスタービンと、を備える。前記加熱器は、前記反応器に熱を供給するように構成されている。前記反応器は、炭化水素ガスを水素と炭素とに熱分解することによって、水素を生成するように構成されている。前記ガスタービンの燃料は、前記反応器によって生成される水素を含む。前記排ガス熱交換器は、前記加熱器から排出される排ガスの熱を、前記発電システム内の燃料ガスに与えるように構成されている。

図面の簡単な説明

[0006] [図1]第1の実施形態にかかる発電システムを示すブロック図である。

[図2]第2の実施形態にかかる発電システムを示すブロック図である。

[図3]第3の実施形態にかかる発電システムを示すブロック図である。

[図4]第4の実施形態にかかる発電システムを示すブロック図である。

[図5]第5の実施形態にかかる発電システムを示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0007] <第1の実施形態>

以下、第1の実施形態について図面を参照しつつ説明する。

図1に、本実施形態にかかる発電システムを示す。

[0008] 図1に示す反応器10は、触媒を介して、メタンを水素と炭素とに熱分解する装置である。触媒は、一例として、鉄である。加熱器12は、反応器10に熱を供給する装置である。詳しくは、加熱器12は、反応器10において反応するメタンおよび触媒に熱を供給する装置である。熱の供給によって、反応器10において反応するメタンおよび触媒の温度は、たとえば、600～900℃とされる。加熱器12は、水素を燃焼させることによって得られた熱を反応器10に供給する。

[0009] 排ガス熱交換器14は、加熱器12から排出される排ガスGexの熱によって、熱分解の対象となるメタンを加熱する機器である。

排ガス熱交換器14において排ガスGexにより加熱されたメタンは、生成ガス熱交換器16に供給される。生成ガス熱交換器16は、反応器10から流出する水素、メタンおよび炭素の混合物の熱によって、反応器10に供給されるメタンを加熱する機器である。

[0010] 固相分離装置18は、生成ガス熱交換器16から流出する上記混合物から炭素を除去することによって、メタンと水素との混合気を生成する機器である。固相分離装置18は、一例として、サイクロンおよびフィルタを備えて構成される。

[0011] 固相分離装置18から流出する混合気は、水素精製装置20に供給される。水素精製装置20は、混合気から水素を抽出する装置である。水素精製装置20は、一例として、PSA (Pressure Swing Adsorption)

r p t i o n) である。

[0012] 水素精製装置 20 によって分離された水素は、加熱器 12 とガスタービン 22 とに供給される。一方、水素精製装置 20 によって抽出されたメタンは、排ガス熱交換器 14 に供給される。これにより、水素精製装置 20 によって抽出されたメタンは、反応器 10 に供給されることとなる。

[0013] 「本実施形態の作用および効果」

メタンは、反応器 10 において、炭素および水素に熱分解される。熱分解反応は高温で生じるものであり、また吸熱反応であることから、反応器 10 には加熱器 12 による熱が常時供給される。加熱器 12 は、水素を燃焼することによって反応器 10 に供給される熱を生成する。加熱器 12 から排出される排ガス G e x の熱は、排ガス熱交換器 14 によって、ガスタービン 22 に供給される燃料ガスの原料である、メタンに供給される。

[0014] そのため、排ガス熱交換器 14 を用いない場合と比較すると、加熱器 12 によって消費される水素の量を削減できる。すなわち、排ガス熱交換器 14 を用いない場合と比較して、図 1 に示す発電システムにおいて、メタンの消費量に対するガスタービン 22 の発電量の比によって定まる発電効率を高めることができる。

[0015] <第 2 の実施形態>

以下、第 2 の実施形態について、第 1 の実施形態との相違点を中心に図面を参照しつつ説明する。

[0016] 図 2 に、本実施形態にかかる発電システムを示す。なお、図 2 において、図 1 に示した部材に対応する部材については、便宜上同一の符号を付している。

図 2 に示すように、本実施形態にかかる排ガス熱交換器 14 には、水素精製装置 20 によって抽出された水素が供給される。そして、排ガス熱交換器 14 に供給された水素は、排ガス G e x によって加熱された後、ガスタービン 22 に供給される。

[0017] 「本実施形態の作用および効果」

水素精製装置 20 に供給される混合気は、常温程度とすることが望ましい。一方、ガスタービン 22 に供給される燃料ガスの温度は、ある程度高温とされるほうがガスタービン 22 の燃料消費量を削減できるため、発電プラントの効率向上の観点で望ましい。具体的には、たとえば 100～400℃程度とすることが望ましい。したがって、水素精製装置 20 によって抽出された水素は、ガスタービン 22 に供給されるのに先立って加熱されることが望ましい。

[0018] そこで本実施形態では、排ガス熱交換器 14 を用いることによって、排ガス Ge x によって水素を加熱する。これにより、発電システムの発電効率を高めることができる。

＜第 3 の実施形態＞

以下、第 3 の実施形態について、第 1 の実施形態との相違点を中心に図面を参照しつつ説明する。

[0019] 図 3 に、本実施形態にかかる発電システムを示す。なお、図 3 において、図 1 に示した部材に対応する部材については、便宜上同一の符号を付している。

図 3 に示すように、本実施形態にかかる発電システムは、水素精製装置 20 を備えない。固相分離装置 18 によって炭素が除去されたメタンと水素との混合気は、そのままガスタービン 22 の燃料とされる。また、加熱器 12 は、発電システムに供給されるメタンを燃料とする。さらに、発電システムに投入されるメタンの一部は、排ガス熱交換器 14 によって加熱された後、ガスタービン 22 の燃料とされる。

[0020] 「本実施形態の作用および効果」

固相分離装置 18 によって炭素が除去されたメタンと水素は、高温の状態でガスタービン 22 に供給される。また、発電システムに投入されたメタンの一部は、排ガス熱交換器 14 によって加熱されることで高温とされてガスタービン 22 に供給される。これにより、ガスタービン 22 に供給される燃料ガスの温度を、ガスタービン 22 にとって都合のよい温度とすることがで

きる。しかも、発電システムに投入されて且つガスタービン 22 の燃料ガスとなるメタンについては、排ガス熱交換器 14 において排ガス G_{ex} によって加熱される。そのため、ガスタービン 22 に供給するメタンの加熱のためにさらにメタンを消費することを抑制できる。そのため、発電システムの発電効率を高めることができる。

[0021] <第 4 の実施形態>

以下、第 4 の実施形態について、第 3 の実施形態との相違点を中心に図面を参照しつつ説明する。

[0022] 図 4 に、本実施形態にかかる発電システムを示す。なお、図 4 において、図 1 に示した部材に対応する部材については、便宜上同一の符号を付している。

図 4 に示すように、本実施形態にかかる排ガス熱交換器 14 に供給されるメタンの一部は、発電システムに投入された後、まず、熱交換器 30 において、ガスタービン 22 で発生した熱によって加熱される。そして、熱交換器 30 において加熱されたメタンが、排ガス熱交換器 14 に供給される。なお、排ガス熱交換器 14 に供給されるメタンの温度は、たとえば $150 \sim 350^{\circ}\text{C}$ であってもよい。

[0023] 以上説明した本実施形態によれば、熱交換器 30 を備えることにより、排ガス熱交換器 14 の熱量が少ない場合であってもガスタービン 22 に供給されるメタンの温度を十分に高めることができる。

[0024] <第 5 の実施形態>

以下、第 5 の実施形態について、第 1 の実施形態との相違点を中心に図面を参照しつつ説明する。

[0025] 図 5 に、本実施形態にかかる発電システムを示す。なお、図 5 において、図 1 に示した部材に対応する部材については、便宜上同一の符号を付している。

図 5 に示す加熱器 12 は、水素の燃焼熱のみならず、ガスタービン 22 の排ガスの熱を反応器 10 に供給する。詳しくは、ガスタービン 22 の排ガス

は、ブローア圧縮機 40 によって圧縮された後、加熱器 12 に供給される。詳しくは、本実施形態では、ガスタービン 22 の排ガスの熱は、排ガス回収ボイラ 32 にも供給される。そして排ガス回収ボイラ 32 に供給された排ガスも、ブローア圧縮機 40 によって圧縮された後、加熱器 12 に供給される。

[0026] このように、本実施形態によれば、ガスタービンの排ガスの熱を反応器 10 の加熱に利用することにより、反応器 10 を加熱するために消費される水素の量を削減できる。

＜対応関係＞

上記実施形態における事項と、下記「付記」の欄に記載した事項との対応関係は、次の通りである。以下では、「付記」の欄に記載した解決策の番号毎に、対応関係を示している。[1, 10] 炭化水素ガスは、メタンに対応する。発電システム内の燃料ガスは、図 1、図 3、図 5 におけるメタン、図 2 における水素、図 4 における水素とメタンとの混合気に対応する。排ガス熱交換器は、排ガス熱交換器 14 に対応する。[2, 3] 解決策 2, 3 に記載した事項は、図 1、図 5 に対応する。[4] 解決策 4 に記載した事項は、図 2 に対応する。[5, 6] 解決策 5, 6 に記載した事項は、図 3 および図 4 に対応する。[7] 解決策 7 に記載した事項は、図 4 に対応する。[8] 加熱器の燃料は、図 3 および図 4 におけるメタン、図 1、図 2 および図 5 における水素に対応する。[9] 解決策 9 に記載した事項は、図 5 に対応する。

[0027] ＜その他の実施形態＞

なお、本実施形態は、以下のように変更して実施することができる。本実施形態および以下の変更例は、技術的に矛盾しない範囲で互いに組み合わせて実施することができる。

[0028] 「加熱器の燃料について」

・図 1 ～図 5 に例示した加熱器 12 の燃料と、ガスタービン 22 の燃料ガスとの組み合わせは必須ではない。たとえば、図 1 において、加熱器 12 の燃料をメタンとしてもよい。

- [0029] ・加熱器 12 の燃料が、メタンまたは水素であることは必須ではない。加熱器 12 の燃料は、たとえば、固相分離装置 18 から出力される水素とメタンとの混合気であってもよい。なお、加熱器 12 の燃料としては、水素およびメタンの 2 つのうちの少なくとも 1 つを含んだ燃料に限らない。
- [0030] 「加熱器について」
- ・たとえば生成ガス熱交換器 16 から反応器 10 に供給されるメタンを加熱器 12 による加熱の対象としてもよい。その場合であっても、加熱されたメタンによって反応器 10 が加熱されることから、加熱器 12 が反応器 10 に熱を供給するとみなせる。
- [0031] 「排ガス熱交換器 14 による加熱対象について」
- ・排ガス熱交換器 14 による加熱対象としては、図 1 ～図 5 に例示したガスに限らない。たとえば、それらのいくつかの組み合わせであってもよい。またたとえば、図 3 に示す構成において、固相分離装置 18 から出力されるメタンおよび水素の混合気であってもよい。
- [0032] 「ガスタービンの燃料について」
- ・反応器 10 等に供給するメタンを、天然ガス等から抽出する構成として且つ、ガスタービン 22 の燃料に、液化天然ガスを含めてもよい。
- [0033] 「炭化水素ガスについて」
- ・炭化水素ガスがメタンであることは必須ではない。たとえば、プロパンであってもよい。その場合、熱分解装置から流出する物質は、水素と炭素に加えて、メタン、エチレン、プロパン等が含まれる。
- [0034] 「その他」
- ・固相分離装置 18 を、反応器 10 と生成ガス熱交換器 16 との間に設けてもよい。
- ・図 1、図 2 および図 5 における水素精製装置 20 から出力される水素をガスタービン 22 に供給するのに先立って加熱する装置を備えてもよい。
- [0035] ・図 1、図 2 および図 5 における水素精製装置 20 から出力される水素をガスタービン 22 に供給するのに先立って圧縮する圧縮機を備えてもよい。

・図1、図2および図5における水素精製装置20とガスタービン22との間に、水素を貯蔵するバッファを備えてもよい。

[0036] ・図3および図4における固相分離装置18から出力される炭化水素ガスと水素との混合気をガスタービン22に供給するのに先立って加熱する装置を備えてもよい。

・図3および図4における固相分離装置18から出力されるメタンと水素との混合気と、排ガス熱交換器14によって加熱されるメタンとをガスタービン22に供給するのに先立って圧縮する圧縮機を備えてもよい。

[0037] ・図3および図4における固相分離装置18とガスタービン22との間に、メタンと水素との混合気を貯蔵するバッファを備えてもよい。

<付記>

解決策1．加熱器と、反応器と、排ガス熱交換器と、ガスタービンと、を備える発電システムであって、前記加熱器は、前記反応器に熱を供給するように構成され、前記反応器は、炭化水素ガスを水素と炭素とに熱分解することによって、水素を生成するように構成され、前記ガスタービンの燃料は、前記反応器によって生成される水素を含み、前記排ガス熱交換器は、前記加熱器から排出される排ガスの熱を、前記発電システム内の燃料ガスに与えるように構成されている。

[0038] 上記構成では、加熱器から排出される排ガスの熱が発電システム内の燃料ガスに与えられる。そのため、排ガスの熱を燃料ガスに与えない場合と比較して、発電システムにおける熱エネルギーの利用効率を高めることができる。そのため、発電システムにおける発電効率を高めることができる。

[0039] 解決策2．前記排ガス熱交換器は、前記反応器に供給される前記炭化水素ガスに前記加熱器から排出される排ガスの熱を与えるように構成されている上記解決策1記載の発電システム。

[0040] 解決策3．生成ガス熱交換器を備え、前記生成ガス熱交換器は、前記反応器によって生成された前記水素および前記炭化水素ガスの混合気の熱を前記反応器に供給する炭化水素ガスに与えるように構成されており、前記排ガス

熱交換器は、前記生成ガス熱交換器に供給される前記炭化水素ガスに前記加熱器から排出される排ガスの熱を与えるように構成されている上記解決策2記載の発電システム。

[0041] 解決策4. 前記排ガス熱交換器は、前記反応器によって生成された前記水素に前記加熱器から排出される排ガスの熱を与えることによって、前記ガスタービンに供給される燃料ガスに熱を与えるように構成されている上記解決策1～3のいずれか1つに記載の発電システム。

[0042] 解決策5. 前記ガスタービンの燃料ガスは、炭化水素ガスと水素との混合気であり、

前記排ガス熱交換器は、前記混合気に含まれる炭化水素ガスに前記加熱器から排出される排ガスの熱を与えることによって、前記ガスタービンに供給される燃料ガスに熱を与えるように構成されている上記解決策1～4のいずれか1つに記載の発電システムである。

[0043] 解決策6. 前記ガスタービンの燃料ガスには、前記反応器によって炭化水素ガスが熱分解されることによって生成された前記炭化水素ガスおよび前記水素の混合気と、前記反応器を迂回して前記ガスタービンに供給される炭化水素ガスとが含まれ、前記排ガス熱交換器は、前記反応器を迂回して前記ガスタービンに供給される炭化水素ガスに前記加熱器から排出される排ガスの熱を与えることによって、前記ガスタービンに供給される燃料ガスに熱を与えるように構成されている上記解決策5記載の発電システムである。

[0044] 解決策7. 前記反応器を迂回して前記ガスタービンに供給される炭化水素ガスが前記排ガス熱交換器に供給されるのに先立って、前記反応器を迂回して前記ガスタービンに供給される炭化水素ガスを、前記ガスタービンの熱によって加熱するように構成されている上記解決策6記載の発電システム。

[0045] 解決策8. 前記加熱器は、燃料の燃焼によって前記反応器を加熱するように構成され、前記燃料は、炭化水素ガスおよび水素の2つのうちの少なくとも1つを含む上記解決策1～7のいずれか1つに記載の発電システム。

[0046] 解決策9. 前記加熱器は、前記燃料に加えて、前記ガスタービンの排熱に

よって前記反応器を加熱するように構成されている上記解決策 8 記載の発電システム。

解決策 10. 前記炭化水素ガスは、メタンである上記解決策 1 ～ 9 のいずれか 1 つに記載の発電システム。

請求の範囲

- [請求項1] 加熱器と、反応器と、排ガス熱交換器と、ガスタービンと、を備える発電システムであって、
- 前記加熱器は、前記反応器に熱を供給するように構成され、
- 前記反応器は、炭化水素ガスを水素と炭素とに熱分解することによって、水素を生成するように構成され、
- 前記ガスタービンの燃料は、前記反応器によって生成される水素を含み、
- 前記排ガス熱交換器は、前記加熱器から排出される排ガスの熱を、前記発電システム内の燃料ガスに与えるように構成されている発電システム。
- [請求項2] 前記排ガス熱交換器は、前記反応器に供給される前記炭化水素ガスに前記加熱器から排出される排ガスの熱を与えるように構成されている請求項1記載の発電システム。
- [請求項3] 生成ガス熱交換器を備え、
- 前記生成ガス熱交換器は、前記反応器によって生成された前記水素および前記炭化水素ガスの混合気の熱を前記反応器に供給する炭化水素ガスに与えるように構成されており、
- 前記排ガス熱交換器は、前記生成ガス熱交換器に供給される前記炭化水素ガスに前記加熱器から排出される排ガスの熱を与えるように構成されている請求項2記載の発電システム。
- [請求項4] 前記排ガス熱交換器は、前記反応器によって生成された前記水素に前記加熱器から排出される排ガスの熱を与えることによって、前記ガスタービンに供給される燃料ガスに熱を与えるように構成されている請求項1記載の発電システム。
- [請求項5] 前記ガスタービンの燃料ガスは、炭化水素ガスと水素との混合気であり、
- 前記排ガス熱交換器は、前記混合気に含まれる炭化水素ガスに前記

加熱器から排出される排ガスの熱を与えることによって、前記ガスタービンに供給される燃料ガスに熱を与えるように構成されている請求項 1 記載の発電システム。

[請求項6] 前記ガスタービンの燃料ガスには、前記反応器によって炭化水素ガスが熱分解されることによって生成された前記炭化水素ガスおよび前記水素の混合気と、前記反応器を迂回して前記ガスタービンに供給される炭化水素ガスとが含まれ、

前記排ガス熱交換器は、前記反応器を迂回して前記ガスタービンに供給される炭化水素ガスに前記加熱器から排出される排ガスの熱を与えることによって、前記ガスタービンに供給される燃料ガスに熱を与えるように構成されている請求項 5 記載の発電システム。

[請求項7] 前記反応器を迂回して前記ガスタービンに供給される炭化水素ガスが前記排ガス熱交換器に供給されるのに先立って、前記反応器を迂回して前記ガスタービンに供給される炭化水素ガスを、前記ガスタービンの熱によって加熱するように構成されている請求項 6 記載の発電システム。

[請求項8] 前記加熱器は、燃料の燃焼によって前記反応器を加熱するように構成され、

前記燃料は、炭化水素ガスおよび水素の 2 つのうちの少なくとも 1 つを含む請求項 1 記載の発電システム。

[請求項9] 前記加熱器は、前記燃料に加えて、前記ガスタービンの排熱によって前記反応器を加熱するように構成されている請求項 8 記載の発電システム。

[請求項10] 前記炭化水素ガスは、メタンである請求項 1 記載の発電システム。