

明 細 書

発明の名称： 燃焼装置およびガスタービンシステム

技術分野

[0001] 本開示は、燃焼装置およびガスタービンシステムに関する。本出願は2021年4月14日に提出された日本特許出願第2021-068650号に基づく優先権の利益を主張するものであり、その内容は本出願に援用される。

背景技術

[0002] 燃焼器で燃料を燃焼させることによって動力を得るガスタービンシステムが利用されている。ガスタービンシステムとして、例えば、特許文献1に開示されているように、アンモニアを燃料として用いるものがある。アンモニアを燃料として用いることによって、二酸化炭素の排出が抑制される。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2016-191507号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] アンモニアは、他の燃料と比べると燃焼しにくく、難燃性を有する。ゆえに、アンモニアが燃料として用いられる燃焼器では、点火が失敗する場合があった。また、点火が成功した場合であっても、一部の燃料が燃焼せずに排出されるおそれがあった。

[0005] 本開示の目的は、アンモニアが燃料として用いられる燃焼器における燃焼性を向上させることが可能な燃焼装置およびガスタービンシステムを提供することである。

課題を解決するための手段

[0006] 上記課題を解決するために、本開示の燃焼装置は、アンモニアタンクと、アンモニアタンクと接続される燃焼器と、空気供給源と、入口がアンモニア

タンクおよび空気供給源と接続され、出口が燃焼器と接続されるアンモニア自己熱分解装置と、を備える。

[0007] 燃焼器と接続される吸气流路および排气流路と、吸气流路または排气流路に設けられ、アンモニアタンクおよび燃焼器と接続されるアンモニア分解触媒と、をさらに備えてもよい。

[0008] アンモニア自己熱分解装置と燃焼器とを接続する流路には、混合器が設けられ、混合器は、アンモニアタンクと接続されてもよい。

[0009] アンモニア自己熱分解装置と燃焼器とを接続する流路には、第1熱交換器が設けられ、アンモニアタンクとアンモニア自己熱分解装置とを接続する流路は、第1熱交換器を通過する第1流路を含んでもよい。

[0010] アンモニアタンクとアンモニア自己熱分解装置とを接続する流路は、第1熱交換器を迂回する第2流路をさらに含んでもよい。

[0011] 第1流路は、第1熱交換器よりもアンモニア自己熱分解装置側において、第1分岐路と第2分岐路とに分岐し、第1分岐路および第2分岐路が、アンモニア自己熱分解装置の入口とそれぞれ接続されてもよい。

[0012] アンモニアタンクは、空気供給源を介してアンモニア自己熱分解装置の入口と接続されてもよい。

[0013] 空気供給源には、第2熱交換器が設けられ、アンモニアタンクとアンモニア自己熱分解装置とを接続する流路は、第2熱交換器を通過してもよい。

[0014] 空気供給源は、空気タンクを介してアンモニア自己熱分解装置の入口と接続されてもよい。

[0015] 上記課題を解決するために、本開示のガスタービンシステムは、上記の燃焼装置を備える。

発明の効果

[0016] 本開示によれば、アンモニアが燃料として用いられる燃焼器における燃焼性を向上させることができる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]図1は、本開示の実施形態に係るガスタービンシステムの構成を示す模

式図である。

[図2]図2は、本開示の実施形態に係るガスタービンシステムの起動に関する処理の流れの一例を示すフローチャートである。

[図3]図3は、第1の変形例に係るガスタービンシステムの構成を示す模式図である。

[図4]図4は、第1の変形例に係るガスタービンシステムの起動に関する処理の流れの一例を示すフローチャートである。

[図5]図5は、第2の変形例に係るガスタービンシステムの構成を示す模式図である。

[図6]図6は、第3の変形例に係るガスタービンシステムの構成を示す模式図である。

[図7]図7は、第3の変形例に係るガスタービンシステムの起動に関する処理の流れの一例を示すフローチャートである。

[図8]図8は、第4の変形例に係るガスタービンシステムの構成を示す模式図である。

[図9]図9は、第4の変形例に係るガスタービンシステムの起動に関する処理の流れの一例を示すフローチャートである。

[図10]図10は、第5の変形例に係るガスタービンシステムの構成を示す模式図である。

[図11]図11は、第5の変形例に係るガスタービンシステムの起動に関する処理の流れの一例を示すフローチャートである。

[図12]図12は、第6の変形例に係るガスタービンシステムの構成を示す模式図である。

[図13]図13は、第7の変形例に係るガスタービンシステムの構成を示す模式図である。

[図14]図14は、第8の変形例に係るガスタービンシステムの構成を示す模式図である。

発明を実施するための形態

- [0018] 以下に添付図面を参照しながら、本開示の実施形態について説明する。実施形態に示す寸法、材料、その他具体的な数値等は、理解を容易とするための例示にすぎず、特に断る場合を除き、本開示を限定するものではない。なお、本明細書および図面において、実質的に同一の機能、構成を有する要素については、同一の符号を付することにより重複説明を省略し、また本開示に直接関係のない要素は図示を省略する。
- [0019] 図1は、本実施形態に係るガスタービンシステム1の構成を示す模式図である。図1に示すように、ガスタービンシステム1は、過給機11と、発電機12と、燃焼器13と、アンモニアタンク14と、ポンプ15と、空気供給源16と、アンモニア自己熱分解装置17と、制御装置18とを備える。
- [0020] ガスタービンシステム1のうち、燃焼器13と、アンモニアタンク14と、ポンプ15と、空気供給源16と、アンモニア自己熱分解装置17と、制御装置18とが、燃焼装置10に含まれる。なお、後述する第1流量制御弁201、第2流量制御弁202および空気流量制御弁301も燃焼装置10に含まれる。
- [0021] 過給機11は、圧縮機11aとタービン11bとを有する。圧縮機11aおよびタービン11bは、一体として回転する。圧縮機11aとタービン11bとは、シャフトによって連結されている。
- [0022] 圧縮機11aは、燃焼器13と接続される吸気流路101に設けられている。吸気流路101には、燃焼器13に供給される空気が流通する。吸気流路101の上流側の端部には、空気が外部から取り込まれる不図示の吸気口が設けられる。吸気口から取り込まれた空気は、圧縮機11aを通過して、燃焼器13に送られる。圧縮機11aは、空気を圧縮して下流側に吐出する。
- [0023] タービン11bは、燃焼器13と接続される排気流路102に設けられている。排気流路102には、燃焼器13から排出された排気ガスが流通する。排気流路102の下流側の端部には、排気ガスが外部に排出される不図示の排気口が設けられる。燃焼器13から排出された排気ガスは、タービン1

1 bを通過して、排気口に送られる。タービン1 1 bは、排気ガスによって回されることによって、回転動力を生成する。

[0024] 発電機1 2は、過給機1 1と接続される。発電機1 2は、過給機1 1によって生成された回転動力を用いて発電する。

[0025] 燃焼器1 3では、主にアンモニアが燃料として用いられ、燃焼が行われる。なお、後述するように、ガスタービンシステム1の起動時等には、アンモニア自己熱分解装置1 7から供給される分解ガスも燃料として用いられる。

[0026] 燃焼器1 3は、図示しない燃焼室を有する。燃焼器1 3の燃焼室には、圧縮機1 1 aにより圧縮された空気が吸気流路1 0 1から供給される。燃焼器1 3の燃焼室には、燃料が供給される。例えば、燃焼器1 3の燃焼室には、液体のアンモニアがアンモニアタンク1 4から燃料として供給され、噴霧される。燃焼器1 3の燃焼室において、燃料と空気を含む混合気が生成される。燃焼器1 3の燃焼室内での燃焼により生じた排気ガスは、排気流路1 0 2に排出される。

[0027] アンモニアタンク1 4には、液体のアンモニアが貯蔵される。アンモニアタンク1 4は、燃焼器1 3およびアンモニア自己熱分解装置1 7とそれぞれ接続される。それにより、アンモニアタンク1 4から燃焼器1 3およびアンモニア自己熱分解装置1 7の各々へアンモニアが供給可能となる。

[0028] アンモニアタンク1 4には、流路1 0 3が接続されている。流路1 0 3の下流側の端部に、流路1 0 4および流路1 0 5がそれぞれ接続されている。流路1 0 4は、燃焼器1 3と接続されている。つまり、アンモニアタンク1 4は、流路1 0 3および流路1 0 4を介して燃焼器1 3と接続される。アンモニアタンク1 4から流路1 0 3および流路1 0 4を介して燃焼器1 3の燃焼室に液体のアンモニアが供給される。流路1 0 5は、アンモニア自己熱分解装置1 7と接続されている。つまり、アンモニアタンク1 4は、流路1 0 3および流路1 0 5を介してアンモニア自己熱分解装置1 7と接続される。アンモニアタンク1 4から流路1 0 3および流路1 0 5を介してアンモニア自己熱分解装置1 7に液体のアンモニアが供給される。

- [0029] 流路１０３には、ポンプ１５が設けられている。ポンプ１５は、アンモニアタンク１４から供給されるアンモニアを下流側に送出する。ポンプ１５により送出されたアンモニアは、流路１０３を通過して、流路１０４および流路１０５に送られる。
- [0030] 流路１０４には、第１流量制御弁２０１が設けられている。第１流量制御弁２０１は、流路１０４を流通するアンモニアの流量を制御する。つまり、第１流量制御弁２０１は、アンモニアタンク１４から燃焼器１３へのアンモニアの供給量を調整する。第１流量制御弁２０１の開度が調整されることによって、アンモニアタンク１４から燃焼器１３へのアンモニアの供給量が調整される。
- [0031] 流路１０５には、第２流量制御弁２０２が設けられている。第２流量制御弁２０２は、流路１０５を流通するアンモニアの流量を制御する。つまり、第２流量制御弁２０２は、アンモニアタンク１４からアンモニア自己熱分解装置１７へのアンモニアの供給量を調整する。第２流量制御弁２０２の開度が調整されることによって、アンモニアタンク１４からアンモニア自己熱分解装置１７へのアンモニアの供給量が調整される。
- [0032] 空気供給源１６は、空気を供給する供給源である。空気供給源１６は、例えば、外気を圧縮して吐出する圧縮機である。空気供給源１６は、流路１０６を介して、アンモニア自己熱分解装置１７と接続されている。空気供給源１６から流路１０６を介してアンモニア自己熱分解装置１７に空気が供給される。
- [0033] 流路１０６には、空気流量制御弁３０１が設けられている。空気流量制御弁３０１は、流路１０６を流通する空気の流量を制御する。つまり、空気流量制御弁３０１は、空気供給源１６からアンモニア自己熱分解装置１７への空気の供給量を調整する。空気流量制御弁３０１の開度が調整されることによって、空気供給源１６からアンモニア自己熱分解装置１７への空気の供給量が調整される。
- [0034] アンモニア自己熱分解装置１７は、アンモニアの一部を燃焼させ、燃焼に

よる熱によって残りのアンモニアを分解する。アンモニア自己熱分解装置 17 は、オートサーマルリアクタとも呼ばれる。アンモニア自己熱分解装置 17 は、ヒータ 17 a と、触媒 17 b とを有する。ヒータ 17 a は、アンモニア自己熱分解装置 17 内を加熱する。触媒 17 b は、アンモニアの燃焼および分解を促進させる。アンモニア自己熱分解装置 17 には、触媒 17 b の温度を検出する温度センサ 401 が設けられている。アンモニア自己熱分解装置 17 の入口 17 c 1 に、流路 105 を介してアンモニアタンク 14 が接続されている。アンモニア自己熱分解装置 17 の入口 17 c 2 に、流路 106 を介して空気供給源 16 が接続されている。アンモニア自己熱分解装置 17 の出口 17 d に、流路 107 を介して燃焼器 13 が接続されている。

[0035] アンモニア自己熱分解装置 17 内には、入口 17 c 1 を介してアンモニアが供給される。入口 17 c 1 には、液体のアンモニアを噴霧するノズルが設けられている。当該ノズルからアンモニア自己熱分解装置 17 内にアンモニアが噴霧される。アンモニア自己熱分解装置 17 内には、入口 17 c 2 を介して空気が供給される。アンモニア自己熱分解装置 17 内に供給されたアンモニアおよび空気は、ヒータ 17 a により加熱される。それにより、アンモニアは気化する。そして、触媒 17 b 内において、アンモニアの一部が燃焼する。この時に発生する熱によって、残りのアンモニアが水素および窒素に分解される。

[0036] アンモニアの分解により生じる分解ガスは、水素および窒素を含む。アンモニア自己熱分解装置 17 内で生じた分解ガスは、アンモニア自己熱分解装置 17 の出口 17 d から排出される。出口 17 d から排出された分解ガスは、流路 107 を通って、燃焼器 13 の燃焼室に送られる。なお、分解ガスには、水素および窒素の他に、分解されなかったアンモニア等が含まれていてもよい。

[0037] 制御装置 18 は、中央処理装置（CPU）、プログラム等が格納された ROM、ワークエリアとしての RAM 等を含み、ガスタービンシステム 1 全体を制御する。例えば、制御装置 18 は、ポンプ 15、ヒータ 17 a、第 1 流

量制御弁 201、第2流量制御弁 202および空気流量制御弁 301を制御する。また、制御装置 18は、温度センサ 401から検出結果を取得する。

[0038] 図2は、ガスタービンシステム1の起動に関する処理の流れの一例を示すフローチャートである。図2に示す処理フローは、制御装置 18によって行われる。図2に示す処理フローは、ガスタービンシステム1の起動条件が満たされた場合に実行される。起動条件は、例えば、ガスタービンシステム1を起動させる入力操作がユーザによって行われたこと等である。

[0039] 図2に示す処理フローが開始すると、ステップS101において、制御装置 18は、アンモニア自己熱分解装置 17のヒータ 17aを起動する。次に、ステップS102において、制御装置 18は、アンモニア自己熱分解装置 17への空気の供給を開始する。具体的には、制御装置 18は、閉じている空気流量制御弁 301を開弁させる。次に、ステップS103において、制御装置 18は、アンモニア自己熱分解装置 17へのアンモニアの供給を開始する。具体的には、制御装置 18は、ポンプ 15を駆動させ、閉じている第2流量制御弁 202を開弁させる。

[0040] 上記のように、アンモニア自己熱分解装置 17にアンモニアおよび空気が供給されることによって、アンモニア自己熱分解装置 17で分解ガスが生成される。そして、生成された分解ガスが燃焼器 13に送られる。燃焼器 13では、図示しない点火装置によって点火が行われる。このように、ガスタービンシステム1の起動時には、燃焼器 13へ分解ガスが供給されている状態で点火が行われる。つまり、分解ガスが点火用の燃料として用いられる。分解ガスに含まれる水素は、アンモニアと異なり、燃焼しやすいので、点火しやすい。ゆえに、点火の失敗が抑制され、点火の確実性が向上される。

[0041] 次に、ステップS104において、制御装置 18は、燃焼器 13への投入熱量が基準熱量を超えたか否かを判定する。燃焼器 13への投入熱量は、燃焼器 13に投入される燃料が燃焼することによって生じる熱量である。制御装置 18は、例えば、燃焼器 13への燃料の供給量に基づいて、燃焼器 13への投入熱量を見積もることができる。基準熱量は、燃焼器 13へのアンモ

ニアの供給を開始したとしても燃焼器 13 における燃焼性が所定の水準以上に維持される程度の値に設定される。所定の水準は、一部のアンモニアが燃焼しない状況の発生が抑制される程度の水準である。

[0042] 燃焼器 13 への投入熱量が基準熱量を超えたと判定された場合（ステップ S104 で YES の場合）、制御装置 18 は、燃焼器 13 へのアンモニアの供給を開始したとしても燃焼器 13 における燃焼性が所定の水準以上に維持されると判断し、ステップ S105 に進む。一方、燃焼器 13 への投入熱量が基準熱量を超えていないと判定された場合（ステップ S104 で NO の場合）、制御装置 18 は、燃焼器 13 へのアンモニアの供給を開始すると燃焼器 13 における燃焼性が所定の水準を下回ってしまうと判断し、ステップ S104 が繰り返される。

[0043] ステップ S104 で YES と判定された場合、ステップ S105 において、制御装置 18 は、アンモニアタンク 14 から燃焼器 13 へのアンモニアの供給を許可し、図 2 に示す処理フローは終了する。ステップ S105 では、具体的には、制御装置 18 は、ガスタービンシステム 1 の要求出力が基準出力以上である場合、アンモニアタンク 14 から燃焼器 13 へのアンモニアの供給を開始する。この場合、制御装置 18 は、閉じている第 1 流量制御弁 201 を開弁させる。それにより、アンモニアを燃料として用いた燃焼が開始される。なお、ガスタービンシステム 1 の要求出力が基準出力より小さい場合、アンモニアタンク 14 から燃焼器 13 へのアンモニアの供給は不要となる。

[0044] ガスタービンシステム 1 では、燃焼器 13 に分解ガスが供給されており、燃焼性が所定の水準以上に維持された状態で、アンモニアを燃料として用いた燃焼が開始される。つまり、分解ガスが助燃用の燃料として用いられる。それにより、一部のアンモニアが燃焼しない状況の発生が抑制される。なお、燃焼器 13 へのアンモニアの供給の開始後において、制御装置 18 は、燃焼器 13 への分解ガスの供給を継続してもよく、停止してもよい。燃焼器 13 への分解ガスの供給を停止する場合、制御装置 18 は、ヒータ 17a を停

止し、アンモニア自己熱分解装置 17 への空気およびアンモニアの供給を停止する。

[0045] なお、制御装置 18 は、アンモニア自己熱分解装置 17 内での吸熱反応と発熱反応のバランスが取れ、アンモニア自己熱分解装置 17 内の状態が熱平衡状態に近い状態となったら、ヒータ 17 a を停止してもよい。アンモニアが分解される反応が吸熱反応に相当する。アンモニアが燃焼する反応が発熱反応に相当する。例えば、制御装置 18 は、触媒 17 b の温度が所定温度に達した場合に、アンモニア自己熱分解装置 17 内の状態が熱平衡状態に近い状態となったと判断し、ヒータ 17 a を停止してもよい。

[0046] 以上説明したように、ガスタービンシステム 1 では、アンモニア自己熱分解装置 17 の入口 17 c 1、17 c 2 がアンモニアタンク 14 および空気供給源 16 と接続される。アンモニア自己熱分解装置 17 の出口 17 d が燃焼器 13 と接続される。それにより、ガスタービンシステム 1 の起動時に、アンモニア自己熱分解装置 17 にアンモニアおよび空気を供給することによって、アンモニア自己熱分解装置 17 に分解ガスを生成させ、燃焼器 13 において分解ガスを用いて点火を行うことができる。ゆえに、点火の失敗を抑制し、点火の確実性を向上させることができる。また、点火後において、分解ガスを助燃用の燃料として用いることもできる。よって、燃焼器 13 における燃焼性を向上させることができる。

[0047] 特に、ガスタービンシステム 1 では、アンモニア自己熱分解装置 17 を利用して分解ガスが生成されるので、他の方法で分解ガスが生成される場合と比べ、ガスタービンシステム 1 を迅速に起動させることができる。他の方法としては、例えば、図 3 または図 5 を参照して後述するように、吸気流路 101 または排気流路 102 に設けられるアンモニア分解触媒 19 にアンモニアを供給することによって分解ガスを生成する方法がある。仮に、ガスタービンシステム 1 の起動時に、この方法により生成される分解ガスを燃焼器 13 に供給する場合、アンモニアの分解が活発に行われる状態となる程度の温度までアンモニア分解触媒 19 を加熱する必要がある。それにより、分解ガ

スの生成が開始するまでに時間がかかる。一方、本実施形態では、アンモニア自己熱分解装置 17 において、一部のアンモニアの燃焼により生じる熱を利用して、アンモニアの分解が行われる。ゆえに、分解ガスの生成が開始するまでにかかる時間を短縮できるので、ガスタービンシステム 1 を迅速に起動させることができる。

[0048] 以下、図 3～図 14 を参照して、各変形例に係るガスタービンシステムについて説明する。

[0049] 図 3 は、第 1 の変形例に係るガスタービンシステム 1 A の構成を示す模式図である。図 3 に示すように、第 1 の変形例に係るガスタービンシステム 1 A では、上述したガスタービンシステム 1 と比較して、アンモニア分解触媒 19 がさらに設けられる点異なる。

[0050] 第 1 の変形例では、ガスタービンシステム 1 A のうち、燃焼器 13 と、アンモニアタンク 14 と、ポンプ 15 と、空気供給源 16 と、アンモニア自己熱分解装置 17 と、制御装置 18 と、アンモニア分解触媒 19 と、第 1 流量制御弁 201 と、第 2 流量制御弁 202 と、空気流量制御弁 301 とが、燃焼装置 10 A に含まれる。なお、後述する第 3 流量制御弁 203 も燃焼装置 10 A に含まれる。

[0051] アンモニア分解触媒 19 は、アンモニアを分解し、分解ガスを生成する触媒である。アンモニア分解触媒 19 は、アンモニアを水素および窒素に分解する。つまり、分解ガスは、水素および窒素を含む。なお、分解ガスには、水素および窒素の他に、分解されなかったアンモニアが含まれていてもよい。

[0052] アンモニア分解触媒 19 は、流路 103 および流路 108 を介してアンモニアタンク 14 と接続されている。流路 108 は、流路 103 の下流側の端部に接続されている。アンモニアタンク 14 から流路 103 および流路 108 を介してアンモニア分解触媒 19 に液体のアンモニアが供給される。

[0053] 流路 108 には、第 3 流量制御弁 203 が設けられている。第 3 流量制御弁 203 は、流路 108 を流通するアンモニアの流量を制御する。つまり、

第3流量制御弁203は、アンモニアタンク14からアンモニア分解触媒19へのアンモニアの供給量を調整する。第3流量制御弁203の開度が調整されることによって、アンモニアタンク14からアンモニア分解触媒19へのアンモニアの供給量が調整される。

[0054] アンモニア分解触媒19は、流路109を介して燃焼器13と接続されている。アンモニア分解触媒19において生じた分解ガスは、流路109を通過して、燃焼器13の燃焼室に送られる。

[0055] アンモニア分解触媒19によるアンモニアの分解は、アンモニア分解触媒19の温度が基準温度（例えば、400℃から500℃程度）以上になっている場合に活発に行われる。つまり、アンモニア分解触媒19の温度が基準温度以上になると、アンモニア分解触媒19においてアンモニアの分解が活発に行われる状態となる。

[0056] アンモニア分解触媒19は、吸气流路101に設けられている。具体的には、アンモニア分解触媒19は、吸气流路101のうち圧縮機11aより下流側に設けられている。アンモニア分解触媒19の内部空間と吸气流路101とが連通しない状態で、アンモニア分解触媒19と吸气流路101内の空気とが熱交換可能となっている。吸气流路101のうち圧縮機11aより下流側を流通する空気は、圧縮機11aにより圧縮された空気なので、高温（例えば、400℃以上）になっている。ゆえに、ガスタービンシステム1Aの運転中において、アンモニア分解触媒19は、アンモニアの分解が活発に行われる状態となる程度の温度まで、吸气流路101を流通する空気によって加熱される。

[0057] アンモニア分解触媒19には、温度センサ402が設けられている。温度センサ402は、アンモニア分解触媒19の温度を検出する。

[0058] 図4は、ガスタービンシステム1Aの起動に関する処理の流れの一例を示すフローチャートである。図4に示す処理フローは、制御装置18によって行われる。図4に示す処理フローは、図2に示す処理フローと同様に、ガスタービンシステム1Aの起動条件が満たされた場合に実行される。

- [0059] 図4に示す処理フローでは、図2に示す処理フローと比較して、ステップS103の後、かつ、ステップS104より前に、ステップS201、S202、S203、S204、S205が追加されている点異なる。
- [0060] 図4に示す処理フローでは、ステップS103の次に、ステップS201において、制御装置18は、アンモニア分解触媒19の温度が基準温度に達したか否かを判定する。アンモニア分解触媒19の温度が基準温度に達したと判定された場合（ステップS201でYESの場合）、ステップS202に進む。一方、アンモニア分解触媒19の温度が基準温度に達していないと判定された場合（ステップS201でNOの場合）、ステップS202、S203、S204、S205が行われずにステップS104に進む。
- [0061] ステップS201でYESと判定された場合、ステップS202において、制御装置18は、アンモニア分解触媒19へのアンモニアの供給を開始する。具体的には、制御装置18は、閉じている第3流量制御弁203を開弁させる。それにより、アンモニア分解触媒19において、アンモニアが分解されることによって、分解ガスが生成される。そして、生成された分解ガスが燃焼器13に送られる。
- [0062] 次に、ステップS203において、制御装置18は、アンモニア自己熱分解装置17のヒータ17aを停止する。次に、ステップS204において、制御装置18は、アンモニア自己熱分解装置17への空気の供給を停止する。具体的には、制御装置18は、空気流量制御弁301を閉弁させる。次に、ステップS205において、制御装置18は、アンモニア自己熱分解装置17へのアンモニアの供給を停止する。具体的には、制御装置18は、第2流量制御弁202を閉弁させる。
- [0063] ステップS205の次、または、ステップS201でNOと判定された場合に、ステップS104に進み、制御装置18は、燃焼器13への投入熱量が基準熱量を超えたか否かを判定する。ステップS104でYESと判定された場合、図2に示す処理フローと同様に、ステップS105に進む。一方、ステップS104でNOと判定された場合、ステップS201に戻る。

- [0064] 以上説明したように、ガスタービンシステム 1 A では、アンモニア自己熱分解装置 1 7 に加えて、アンモニア分解触媒 1 9 が設けられる。それにより、ガスタービンシステム 1 A の起動時に、燃焼器 1 3 に供給される分解ガスの生成方法を、アンモニア自己熱分解装置 1 7 を利用する方法からアンモニア分解触媒 1 9 を利用する方法に切り替えることができる。アンモニア分解触媒 1 9 の温度が基準温度に達する前においては、アンモニア自己熱分解装置 1 7 を利用して分解ガスが生成される。アンモニア分解触媒 1 9 の温度が基準温度に達した後においては、アンモニア分解触媒 1 9 を利用して分解ガスが生成される。ゆえに、アンモニア分解触媒 1 9 の温度が基準温度に達した後において、吸気流路 1 0 1 を流通する空気の熱を有効利用して、分解ガスを生成できる。よって、アンモニア自己熱分解装置 1 7 への空気の供給に消費されるエネルギー、および、ヒータ 1 7 a の駆動に消費されるエネルギーを抑制できる。
- [0065] 図 5 は、第 2 の変形例に係るガスタービンシステム 1 B の構成を示す模式図である。図 2 に示すように、第 2 の変形例に係るガスタービンシステム 1 B では、上述したガスタービンシステム 1 A と比較して、アンモニア分解触媒 1 9 の配置が異なる。
- [0066] 第 2 の変形例では、ガスタービンシステム 1 B のうち、燃焼器 1 3 と、アンモニアタンク 1 4 と、ポンプ 1 5 と、空気供給源 1 6 と、アンモニア自己熱分解装置 1 7 と、制御装置 1 8 と、アンモニア分解触媒 1 9 と、第 1 流量制御弁 2 0 1 と、第 2 流量制御弁 2 0 2 と、第 3 流量制御弁 2 0 3 と、空気流量制御弁 3 0 1 とが、燃焼装置 1 0 B に含まれる。
- [0067] 上述したガスタービンシステム 1 A と同様に、アンモニア分解触媒 1 9 は、流路 1 0 3 および流路 1 0 8 を介してアンモニアタンク 1 4 と接続されている。アンモニア分解触媒 1 9 は、流路 1 0 9 を介して燃焼器 1 3 と接続されている。
- [0068] ガスタービンシステム 1 B では、上述したガスタービンシステム 1 A と異なり、アンモニア分解触媒 1 9 は、排气流路 1 0 2 に設けられている。具体

的には、アンモニア分解触媒 19 は、排気流路 102 のうちタービン 11b より下流側に設けられている。アンモニア分解触媒 19 の内部空間と排気流路 102 とが連通しない状態で、アンモニア分解触媒 19 と排気流路 102 内の排気ガスとが熱交換可能となっている。排気流路 102 を流通する排気ガスは、高温（例えば、550℃以上）になっている。ゆえに、ガスタービンシステム 1B の運転中において、アンモニア分解触媒 19 は、アンモニアの分解が活発に行われる状態となる程度の温度まで、排気流路 102 を流通する排気ガスによって加熱される。

[0069] 以上説明したように、ガスタービンシステム 1B では、上述したガスタービンシステム 1A と同様に、アンモニア自己熱分解装置 17 に加えて、アンモニア分解触媒 19 が設けられる。それにより、ガスタービンシステム 1B の起動時に、燃焼器 13 に供給される分解ガスの生成方法を、アンモニア自己熱分解装置 17 を利用する方法からアンモニア分解触媒 19 を利用する方法に切り替えることができる。ゆえに、アンモニア分解触媒 19 の温度が基準温度に達した後において、排気流路 102 を流通する排気ガスの熱を有効利用して、分解ガスを生成できる。よって、アンモニア自己熱分解装置 17 への空気の供給に消費されるエネルギー、および、ヒータ 17a の駆動に消費されるエネルギーを抑制できる。

[0070] なお、ガスタービンシステム 1B の起動に関する処理については、上述したガスタービンシステム 1A の起動に関する処理と同様なので、説明を省略する。

[0071] 図 6 は、第 3 の変形例に係るガスタービンシステム 1C の構成を示す模式図である。図 6 に示すように、第 3 の変形例に係るガスタービンシステム 1C では、上述したガスタービンシステム 1 と比較して、混合器 20 がさらに設けられる点異なる。

[0072] 第 3 の変形例では、ガスタービンシステム 1C のうち、燃焼器 13 と、アンモニアタンク 14 と、ポンプ 15 と、空気供給源 16 と、アンモニア自己熱分解装置 17 と、制御装置 18 と、混合器 20 と、第 1 流量制御弁 201

と、第2流量制御弁202と、空気流量制御弁301とが、燃焼装置10Cに含まれる。なお、後述する第4流量制御弁204も燃焼装置10Cに含まれる。

[0073] 混合器20内では、後述するように、各種流体が混合される。混合器20は、アンモニア自己熱分解装置17と燃焼器13とを接続する流路107に設けられる。混合器20の内部空間は、流路107と連通している。混合器20は、流路103および流路110を介してアンモニアタンク14と接続されている。流路110は、流路103の下流側の端部に接続されている。アンモニアタンク14から流路103および流路110を介して混合器20に液体のアンモニアが供給される。

[0074] 流路110には、第4流量制御弁204が設けられている。第4流量制御弁204は、流路110を流通するアンモニアの流量を制御する。つまり、第4流量制御弁204は、アンモニアタンク14から混合器20へのアンモニアの供給量を調整する。第4流量制御弁204の開度が調整されることによって、アンモニアタンク14から混合器20へのアンモニアの供給量が調整される。

[0075] アンモニアタンク14から混合器20へ送られたアンモニアは、混合器20内に噴霧される。そして、混合器20内において、流路107を流通する分解ガスと、混合器20内に噴霧されたアンモニアとが混合される。流路107を流通する分解ガスは、高温（例えば、500℃程度）になっている。ゆえに、混合器20内に噴霧されたアンモニアは気化する。燃焼器13には、気化したアンモニアが、分解ガスとともに流路107を通して送られる。

[0076] 図7は、ガスタービンシステム1Cの起動に関する処理の流れの一例を示すフローチャートである。図7に示す処理フローは、制御装置18によって行われる。図7に示す処理フローは、図2に示す処理フローと同様に、ガスタービンシステム1Cの起動条件が満たされた場合に実行される。

[0077] 図7に示す処理フローでは、図2に示す処理フローと比較して、ステップS104の後、かつ、ステップS105より前に、ステップS301、S3

O₂が追加されている点異なる。

- [0078] 図7に示す処理フローでは、ステップS104において、燃焼器13への投入熱量が基準熱量を超えたと判定された場合（ステップS104でYESの場合）、ステップS301に進む。ステップS301において、制御装置18は、アンモニアタンク14から混合器20へのアンモニアの供給を許可する。ステップS301では、具体的には、制御装置18は、ガスタービンシステム1の要求出力が基準出力以上である場合、アンモニアタンク14から混合器20へのアンモニアの供給を開始する。この場合、制御装置18は、閉じている第4流量制御弁204を開弁させる。それにより、アンモニアが、混合器20から燃焼器13へ分解ガスとともに送られる。ゆえに、アンモニアを燃料として用いた燃焼が開始される。なお、ガスタービンシステム1の要求出力が基準出力より小さい場合、アンモニアタンク14から混合器20へのアンモニアの供給は不要となる。
- [0079] 上述したように、混合器20から燃焼器13へ送られるアンモニアは、分解ガスにより加熱されて気化している。ゆえに、燃焼器13へ液体のアンモニアを直接供給する場合に生じる燃焼器13内でのアンモニアの蒸発が抑制され、アンモニアの蒸発による局所的な温度低下が抑制される。したがって、未燃のアンモニア、および、亜酸化窒素（N₂O）の排出が抑制される。
- [0080] 次に、ステップS302において、制御装置18は、燃焼器13への投入熱量が熱量閾値を超えたか否かを判定する。熱量閾値は、燃焼器13へ液体のアンモニアの供給を開始したとしても未燃のアンモニア、および、亜酸化窒素（N₂O）の排出が抑制される程度に投入熱量が大きいことを判断するための指標である。
- [0081] 燃焼器13への投入熱量が熱量閾値を超えたと判定された場合（ステップS302でYESの場合）、制御装置18は、燃焼器13へ液体のアンモニアの供給を開始したとしても未燃のアンモニア、および、亜酸化窒素（N₂O）の排出が抑制される程度に投入熱量が大きいと判断し、ステップS105に進む。ステップS105において、制御装置18は、アンモニアタンク1

4から燃焼器13への液体のアンモニアの供給を許可し、図7に示す処理フローは終了する。一方、燃焼器13への投入熱量が熱量閾値を超えていないと判定された場合（ステップS302でNOの場合）、制御装置18は、燃焼器13へ液体のアンモニアの供給を開始すると未燃のアンモニア、および、亜酸化窒素（ N_2O ）がある程度発生してしまうと判断し、ステップS302が繰り返される。

[0082] 以上説明したように、ガスタービンシステム1Cでは、アンモニア自己熱分解装置17と燃焼器13とを接続する流路107に混合器20が設けられ、混合器20がアンモニアタンク14と接続される。それにより、混合器20において、液体のアンモニアを分解ガスによって加熱して気化することができる。ゆえに、燃焼器13への投入熱量が熱量閾値に達する前において、気化したアンモニアを混合器20から燃焼器13へ送ることができる。よって、燃焼器13内でのアンモニアの蒸発が抑制され、未燃のアンモニア、および、亜酸化窒素（ N_2O ）の排出が抑制される。

[0083] 図8は、第4の変形例に係るガスタービンシステム1Dの構成を示す模式図である。図8に示すように、第4の変形例に係るガスタービンシステム1Dでは、上述したガスタービンシステム1と比較して、第1熱交換器21がさらに設けられる点異なる。

[0084] 第4の変形例では、ガスタービンシステム1Dのうち、燃焼器13と、アンモニアタンク14と、ポンプ15と、空気供給源16と、アンモニア自己熱分解装置17と、制御装置18と、第1熱交換器21と、第1流量制御弁201と、第2流量制御弁202と、空気流量制御弁301とが、燃焼装置10Dに含まれる。なお、後述する第5流量制御弁205も燃焼装置10Dに含まれる。

[0085] ガスタービンシステム1Dでは、アンモニアタンク14とアンモニア自己熱分解装置17とを接続する流路として、流路105の他に、流路111が設けられる。具体的には、流路111は、流路103の下流側の端部に接続されている。流路111は、アンモニア自己熱分解装置17の入口17c3

に接続されている。ゆえに、アンモニアタンク 14 から流路 103 および流路 111 を介してアンモニア自己熱分解装置 17 の入口 17c3 にアンモニアが供給可能となっている。以下、流路 111 を第 1 流路 111 と呼ぶ。流路 105 を第 2 流路 105 と呼ぶ。

[0086] 第 1 流路 111 には、第 5 流量制御弁 205 が設けられている。第 5 流量制御弁 205 は、第 1 流路 111 を流通するアンモニアの流量を制御する。つまり、第 5 流量制御弁 205 は、アンモニアタンク 14 から第 1 流路 111 を通ってアンモニア自己熱分解装置 17 に供給されるアンモニアの供給量を調整する。第 5 流量制御弁 205 の開度が調整されることによって、アンモニアタンク 14 から第 1 流路 111 を通ってアンモニア自己熱分解装置 17 に供給されるアンモニアの供給量が調整される。

[0087] 第 1 流路 111 は、第 1 熱交換器 21 を通過する。具体的には、第 1 流路 111 のうち第 5 流量制御弁 205 より下流側が、第 1 熱交換器 21 を通過する。第 1 熱交換器 21 は、アンモニア自己熱分解装置 17 と燃焼器 13 とを接続する流路 107 に設けられる。つまり、第 1 流路 111 内のアンモニアと流路 107 内の分解ガスとが熱交換可能となっている。第 1 流路 111 を流通する液体のアンモニアは、第 1 熱交換器 21 において、分解ガスにより加熱されて気化する。そして、気化したアンモニアが、第 1 流路 111 を通って、アンモニア自己熱分解装置 17 の入口 17c3 に送られる。入口 17c3 には、気体のアンモニアを噴射するノズルが設けられている。当該ノズルからアンモニア自己熱分解装置 17 内にアンモニアが噴射される。

[0088] 一方、第 2 流路 105 は、第 1 熱交換器 21 を迂回する。つまり、第 2 流路 105 は、第 1 熱交換器 21 を通過しない。ゆえに、液体のアンモニアが、第 2 流路 105 を通って、アンモニア自己熱分解装置 17 の入口 17c1 に送られる。入口 17c1 には、上述したように、液体のアンモニアを噴霧するノズルが設けられている。当該ノズルからアンモニア自己熱分解装置 17 内にアンモニアが噴霧される。

[0089] 流路 107 のうち第 1 熱交換器 21 より下流側には、温度センサ 403 が

設けられている。温度センサ403は、流路107のうち第1熱交換器21より下流側における分解ガスの温度を検出する。温度センサ403は、例えば、第1熱交換器21の近傍に配置される。

[0090] 図9は、ガスタービンシステム1Dの起動に関する処理の流れの一例を示すフローチャートである。図9に示す処理フローは、制御装置18によって行われる。図9に示す処理フローは、図2に示す処理フローと同様に、ガスタービンシステム1Dの起動条件が満たされた場合に実行される。

[0091] 図9に示す処理フローでは、図2に示す処理フローと比較して、ステップS103が省略され、ステップS102の後、かつ、ステップS104より前に、ステップS401、S402、S403が追加されている点が異なる。

[0092] 図9に示す処理フローでは、ステップS102の次に、ステップS401において、制御装置18は、第2流路105を用いてアンモニア自己熱分解装置17へのアンモニアの供給を開始する。具体的には、制御装置18は、ポンプ15を駆動させ、閉じている第2流量制御弁202を開弁させる。それにより、液体のアンモニアが、第2流路105を通してアンモニア自己熱分解装置17に送られ、アンモニア自己熱分解装置17の入口17c1からアンモニア自己熱分解装置17内に供給される。ゆえに、アンモニア自己熱分解装置17で分解ガスが生成される。そして、生成された分解ガスが燃焼器13に送られる。

[0093] 次に、ステップS402において、制御装置18は、第1熱交換器21を通る分解ガスの温度が温度閾値を超えたか否かを判定する。温度閾値は、第1熱交換器21においてアンモニアを気化できる程度に分解ガスの温度が高いことを判断するための指標である。第1熱交換器21を通る分解ガスの温度としては、例えば、温度センサ403の検出結果が用いられる。

[0094] 第1熱交換器21を通る分解ガスの温度が温度閾値を超えたと判定された場合（ステップS402でYESの場合）、制御装置18は、第1熱交換器21においてアンモニアを気化できる程度に分解ガスの温度が高いと判断し

、ステップS 4 0 3に進む。一方、第1熱交換器21を通る分解ガスの温度が温度閾値を超えていないと判定された場合（ステップS 4 0 2でNOの場合）、ステップS 4 0 3が行われずにステップS 1 0 4に進む。

[0095] ステップS 4 0 2でYESと判定された場合、ステップS 4 0 3において、制御装置18は、アンモニア自己熱分解装置17へのアンモニアの供給経路を第1流路111に切り替える。具体的には、制御装置18は、第2流量制御弁202を閉弁させ、閉じている第5流量制御弁205を開弁させる。それにより、液体のアンモニアが、アンモニアタンク14から第1流路111に送られ、第1熱交換器21において、分解ガスにより加熱されて気化する。そして、気化したアンモニアが、第1流路111を通過してアンモニア自己熱分解装置17に送られ、入口17c3からアンモニア自己熱分解装置17内に供給される。

[0096] ステップS 4 0 3の次、または、ステップS 4 0 2でNOと判定された場合に、ステップS 1 0 4に進み、制御装置18は、燃焼器13への投入熱量が基準熱量を超えたか否かを判定する。ステップS 1 0 4でYESと判定された場合、図2に示す処理フローと同様に、ステップS 1 0 5に進む。一方、ステップS 1 0 4でNOと判定された場合、ステップS 4 0 2に戻る。

[0097] 以上説明したように、ガスタービンシステム1Dでは、アンモニア自己熱分解装置17と燃焼器13とを接続する流路107に第1熱交換器21が設けられ、第1流路111が第1熱交換器21を通過する。それにより、第1熱交換器21において、液体のアンモニアを分解ガスによって加熱して気化することができる。ゆえに、第1熱交換器21を通る分解ガスの温度が温度閾値を超えた後において、第1流路111を介して気化したアンモニアをアンモニア自己熱分解装置17へ供給することができる。よって、アンモニア自己熱分解装置17において、アンモニアを気化することなく、アンモニアの燃焼および分解を行うことができる。したがって、アンモニア自己熱分解装置17内の反応において、アンモニアの気化熱が不要となる分だけエネルギー効率が向上する。

- [0098] ガスタービンシステム 1 D の構成から第 2 流路 1 0 5 が省略されてもよい。ただし、この場合、アンモニア自己熱分解装置 1 7 の入口 1 7 c 3 を液体のアンモニアが通る状況と気体のアンモニアが通る状況の 2 つの状況が生じる。ゆえに、入口 1 7 c 3 に液体噴霧用のノズルを設けた場合にも、入口 1 7 c 3 に気体噴射用のノズルを設けた場合にも、第 1 流路 1 1 1 の圧力損失が高くなる状況が生じる。一方、ガスタービンシステム 1 D では、第 1 熱交換器 2 1 を迂回する第 2 流路 1 0 5 がさらに設けられる。ゆえに、アンモニア自己熱分解装置 1 7 に液体のアンモニアが供給される場合には、入口 1 7 c 1 に設けられた液体噴霧用のノズルからアンモニア自己熱分解装置 1 7 内にアンモニアが供給される。アンモニア自己熱分解装置 1 7 に気体のアンモニアが供給される場合には、入口 1 7 c 3 に設けられた気体噴射用のノズルからアンモニア自己熱分解装置 1 7 内にアンモニアが供給される。よって、第 1 流路 1 1 1 の圧力損失が高くなることが抑制される。
- [0099] 図 1 0 は、第 5 の変形例に係るガスタービンシステム 1 E の構成を示す模式図である。図 1 0 に示すように、第 5 の変形例に係るガスタービンシステム 1 E では、上述したガスタービンシステム 1 D と比較して、第 2 流路 1 0 5 が省略され、第 1 流路 1 1 1 が分岐している点が異なる。
- [0100] 第 5 の変形例では、ガスタービンシステム 1 E のうち、燃焼器 1 3 と、アンモニアタンク 1 4 と、ポンプ 1 5 と、空気供給源 1 6 と、アンモニア自己熱分解装置 1 7 と、制御装置 1 8 と、第 1 熱交換器 2 1 と、第 1 流量制御弁 2 0 1 と、第 5 流量制御弁 2 0 5 と、空気流量制御弁 3 0 1 とが、燃焼装置 1 0 E に含まれる。なお、後述する切替弁 2 2 も燃焼装置 1 0 E に含まれる。
- [0101] ガスタービンシステム 1 E では、第 1 流路 1 1 1 は、第 1 熱交換器 2 1 よりもアンモニア自己熱分解装置 1 7 側において、第 1 分岐路 1 1 1 a と第 2 分岐路 1 1 1 b とに分岐している。第 1 分岐路 1 1 1 a は、アンモニア自己熱分解装置 1 7 の入口 1 7 c 1 と接続される。第 2 分岐路 1 1 1 b は、アンモニア自己熱分解装置 1 7 の入口 1 7 c 3 と接続される。アンモニアタンク

14から第1流路111に送られたアンモニアは、第1分岐路111aまたは第2分岐路111bを通して、アンモニア自己熱分解装置17に送られる。

[0102] 第1流路111には、アンモニアの供給経路を第1分岐路111aと第2分岐路111bとの間で切り替える切替弁22が設けられる。切替弁22は、第1分岐路111aと第2分岐路111bとの分岐部に設けられる。切替弁22は、制御装置18によって制御される。

[0103] 第1流路111のうち切替弁22より上流側には、圧力センサ404が設けられている。圧力センサ404は、第1流路111のうち切替弁22より上流側における圧力を検出する。アンモニア自己熱分解装置17内には、圧力センサ405が設けられている。圧力センサ405は、アンモニア自己熱分解装置17内の圧力を検出する。

[0104] 図11は、ガスタービンシステム1Eの起動に関する処理の流れの一例を示すフローチャートである。図11に示す処理フローは、制御装置18によって行われる。図11に示す処理フローは、図2に示す処理フローと同様に、ガスタービンシステム1Eの起動条件が満たされた場合に実行される。

[0105] 図11に示す処理フローでは、図2に示す処理フローと比較して、ステップS103が省略され、ステップS102の後、かつ、ステップS104より前に、ステップS501、S502、S503が追加されている点が異なる。

[0106] 図11に示す処理フローでは、ステップS102の次に、ステップS501において、制御装置18は、第1分岐路111aを用いてアンモニア自己熱分解装置17へのアンモニアの供給を開始する。具体的には、制御装置18は、第1流路111に送られるアンモニアが第1分岐路111aを通るように、切替弁22を制御する。制御装置18は、ポンプ15を駆動させ、閉じている第5流量制御弁205を開弁させる。それにより、液体のアンモニアが、第1流路111に送られる。この際、アンモニア自己熱分解装置17ではアンモニアの分解は行われていないので、第1熱交換器21において、

第1流路111を通るアンモニアは加熱されない。また、アンモニア自己熱分解装置17でアンモニアの分解が開始された後にも、ある程度の期間内には、第1熱交換器21において、第1流路111を通るアンモニアは気化する程度には加熱されない。

[0107] そして、液体のアンモニアは、第1分岐路111aを通過してアンモニア自己熱分解装置17に送られ、アンモニア自己熱分解装置17の入口17c1からアンモニア自己熱分解装置17内に供給される。ゆえに、アンモニア自己熱分解装置17で分解ガスが生成される。そして、生成された分解ガスが燃焼器13に送られる。

[0108] 次に、ステップS502において、制御装置18は、第1流路111の圧力損失が基準値を超えたか否かを判定する。制御装置18は、例えば、第1流路111のうち切替弁22より上流側における圧力と、アンモニア自己熱分解装置17内の圧力との差分に基づいて、第1流路111の圧力損失を見積もることができる。なお、第1流路111の圧力損失の見積りには、アンモニア自己熱分解装置17内の圧力に換えて、燃焼器13の圧力等が用いられてもよい。基準値は、第1熱交換器21においてアンモニアを気化できる程度に分解ガスの温度が高いことを判断するための指標である。第1分岐路111aと接続される入口17c1には液体噴霧用のノズルが設けられているので、第1熱交換器21においてアンモニアが分解ガスにより加熱されて気化すると、第1流路111の圧力損失が高くなる。ゆえに、制御装置18は、第1流路111の圧力損失が基準値を超えた場合、第1熱交換器21においてアンモニアを気化できる程度に分解ガスの温度が高いと判断できる。

[0109] 第1流路111の圧力損失が基準値を超えたと判定された場合（ステップS502でYESの場合）、制御装置18は、第1熱交換器21においてアンモニアを気化できる程度に分解ガスの温度が高いと判断し、ステップS503に進む。一方、第1流路111の圧力損失が基準値を超えていないと判定された場合（ステップS502でNOの場合）、ステップS503が行われずにステップS104に進む。

- [0110] ステップS502でYESと判定された場合、ステップS503において、制御装置18は、アンモニア自己熱分解装置17へのアンモニアの供給経路を第2分岐路111bに切り替える。具体的には、制御装置18は、第1流路111に送られたアンモニアが第2分岐路111bを通るように、切替弁22を制御する。この際、第1流路111を通るアンモニアは、第1熱交換器21において、分解ガスにより加熱されて気化する。そして、気化したアンモニアが、第2分岐路111bを通してアンモニア自己熱分解装置17に送られ、入口17c3からアンモニア自己熱分解装置17内に供給される。
- [0111] ステップS503の次、または、ステップS502でNOと判定された場合に、ステップS104に進み、制御装置18は、燃焼器13への投入熱量が基準熱量を超えたか否かを判定する。ステップS104でYESと判定された場合、図2に示す処理フローと同様に、ステップS105に進む。一方、ステップS104でNOと判定された場合、ステップS502に戻る。
- [0112] 以上説明したように、ガスタービンシステム1Eでは、アンモニア自己熱分解装置17と燃焼器13とを接続する流路107に第1熱交換器21が設けられ、第1流路111が第1熱交換器21を通過する。それにより、上述したガスタービンシステム1Dと同様に、第1流路111を介して気化したアンモニアをアンモニア自己熱分解装置17へ供給することによって、アンモニア自己熱分解装置17内の反応において、アンモニアの気化熱が不要となる分だけエネルギー効率を向上させることができる。
- [0113] 特に、ガスタービンシステム1Eでは、第1流路111が第1分岐路111aと第2分岐路111bとに分岐し、第1分岐路111aおよび第2分岐路111bは、アンモニア自己熱分解装置17の入口17c1、17c3とそれぞれ接続される。ゆえに、アンモニア自己熱分解装置17に液体のアンモニアが供給される場合には、入口17c1に設けられた液体噴霧用のノズルからアンモニア自己熱分解装置17内にアンモニアが供給される。アンモニア自己熱分解装置17に気体のアンモニアが供給される場合には、入口1

7 c 3 に設けられた気体噴射用のノズルからアンモニア自己熱分解装置 1 7 内にアンモニアが供給される。よって、第 1 流路 1 1 1 の圧力損失が高くなることが抑制される。

[0114] 上記では、第 1 流路 1 1 1 におけるアンモニアの供給経路の切り替えが切替弁 2 2 によって行われる例を説明した。ただし、第 1 流路 1 1 1 におけるアンモニアの供給経路の切り替えは、切替弁 2 2 以外の機構によって行われてもよい。例えば、第 1 分岐路 1 1 1 a および第 2 分岐路 1 1 1 b の各々に流路を開閉可能な開閉弁が設けられてもよい。この場合、第 1 分岐路 1 1 1 a の開閉弁を開弁させ、第 2 分岐路 1 1 1 b の開閉弁を閉弁させることによって、第 1 流路 1 1 1 におけるアンモニアの供給経路は第 1 分岐路 1 1 1 a に切り替わる。第 1 分岐路 1 1 1 a の開閉弁を閉弁させ、第 2 分岐路 1 1 1 b の開閉弁を開弁させることによって、第 1 流路 1 1 1 におけるアンモニアの供給経路は第 2 分岐路 1 1 1 b に切り替わる。

[0115] 図 1 2 は、第 6 の変形例に係るガスタービンシステム 1 F の構成を示す模式図である。図 1 2 に示すように、第 6 の変形例に係るガスタービンシステム 1 F では、上述したガスタービンシステム 1 と比較して、アンモニアタンク 1 4 と、空気供給源 1 6 と、アンモニア自己熱分解装置 1 7 との接続関係が異なる。

[0116] 第 6 の変形例では、ガスタービンシステム 1 F のうち、燃焼器 1 3 と、アンモニアタンク 1 4 と、ポンプ 1 5 と、空気供給源 1 6 と、アンモニア自己熱分解装置 1 7 と、制御装置 1 8 と、第 1 流量制御弁 2 0 1 と、空気流量制御弁 3 0 1 とが、燃焼装置 1 0 F に含まれる。

[0117] ガスタービンシステム 1 F では、アンモニアタンク 1 4 は、空気供給源 1 6 を介してアンモニア自己熱分解装置 1 7 の入口 1 7 c 2 と接続される。具体的には、アンモニアタンク 1 4 は、流路 1 0 3 および流路 1 1 2 を介して空気供給源 1 6 と接続される。流路 1 1 2 は、流路 1 0 3 の下流側の端部に接続されている。アンモニアタンク 1 4 から流路 1 0 3 および流路 1 1 2 を介して空気供給源 1 6 に液体のアンモニアが供給される。空気供給源 1 6 に

供給されたアンモニアは、流路１０６を通して、空気とともに、アンモニア自己熱分解装置１７に送られる。

[0118] 以上説明したように、ガスタービンシステム１Ｆでは、アンモニアタンク１４は、空気供給源１６を介してアンモニア自己熱分解装置１７の入口１７ｃと接続される。それにより、空気供給源１６は、アンモニアタンク１４から供給されるアンモニアによって冷却される。例えば、空気供給源１６として、多段に配置された複数の圧縮機が用いられる場合がある。この場合、空気は、直列に並ぶ複数の圧縮機を順に流通する。複数の圧縮機を多段配置することによって、各圧縮機における圧縮動力を小さくすることができる。アンモニアタンク１４から供給されるアンモニアによって、例えば、中間段の圧縮機が冷却される。なお、アンモニア自己熱分解装置１７に送られるアンモニアは、空気供給源１６により加熱されるので、ヒータ１７ａが不要となる場合もある。

[0119] なお、ガスタービンシステム１Ｆの起動に関する処理については、上述したガスタービンシステム１の起動に関する処理とほぼ同様なので、説明を省略する。ただし、ガスタービンシステム１Ｆの起動では、上述したガスタービンシステム１と比較して、アンモニア自己熱分解装置１７へのアンモニアの供給が空気流量制御弁３０１によって実現される点が異なる。

[0120] 図１３は、第７の変形例に係るガスタービンシステム１Ｇの構成を示す模式図である。図１３に示すように、第７の変形例に係るガスタービンシステム１Ｇでは、上述したガスタービンシステム１と比較して、第２熱交換器２３がさらに設けられる点が異なる。

[0121] 第７の変形例では、ガスタービンシステム１Ｇのうち、燃焼器１３と、アンモニアタンク１４と、ポンプ１５と、空気供給源１６と、アンモニア自己熱分解装置１７と、制御装置１８と、第２熱交換器２３と、第１流量制御弁２０１と、第２流量制御弁２０２と、空気流量制御弁３０１とが、燃焼装置１０Ｆに含まれる。

[0122] 第２熱交換器２３は、空気供給源１６に設けられる。アンモニアタンク１

4とアンモニア自己熱分解装置17とを接続する流路105が、第2熱交換器23を通過する。流路105と空気供給源16の内部空間とが連通しない状態で、流路105内のアンモニアと空気供給源16とが熱交換可能となっている。それにより、ガスタービンシステム1Gでは、空気供給源16が、第2熱交換器23において、流路105を流通するアンモニアによって冷却される。上述したガスタービンシステム1Fと同様に、空気供給源16として、多段に配置された複数の圧縮機が用いられる場合、例えば、中間段の圧縮機が第2熱交換器23において冷却される。なお、アンモニア自己熱分解装置17に送られるアンモニアは、空気供給源16により加熱されるので、ヒータ17aが不要となる場合もある。

[0123] なお、ガスタービンシステム1Gの起動に関する処理については、上述したガスタービンシステム1の起動に関する処理と同様なので、説明を省略する。

[0124] 図14は、第8の変形例に係るガスタービンシステム1Hの構成を示す模式図である。図14に示すように、第8の変形例に係るガスタービンシステム1Hでは、上述したガスタービンシステム1と比較して、空気タンク24がさらに設けられる点異なる。

[0125] 第8の変形例では、ガスタービンシステム1Hのうち、燃焼器13と、アンモニアタンク14と、ポンプ15と、空気供給源16と、アンモニア自己熱分解装置17と、制御装置18と、空気タンク24と、第1流量制御弁201と、第2流量制御弁202と、空気流量制御弁301とが、燃焼装置10Hに含まれる。

[0126] 空気タンク24は、空気を貯蔵する。空気タンク24は、流路106のうち空気供給源16より下流側、かつ、空気流量制御弁301より上流側に設けられる。つまり、空気供給源16は、空気タンク24を介してアンモニア自己熱分解装置17の入口17c2と接続されている。それにより、ガスタービンシステム1Hでは、ガスタービンシステム1Hの運転中に、空気供給源16を駆動することによって、空気タンク24に空気を貯蔵しておくこと

ができる。ゆえに、ガスタービンシステム 1 H を起動する際に、停電等に起因して空気供給源 1 6 を駆動する電力が不足する場合であっても、空気タンク 2 4 に貯蔵されている空気を用いてガスタービンシステム 1 H を起動することができる。

[0127] なお、ガスタービンシステム 1 H の起動に関する処理については、上述したガスタービンシステム 1 の起動に関する処理と同様なので、説明を省略する。

[0128] 以上、添付図面を参照しながら本開示の実施形態について説明したが、本開示はかかる実施形態に限定されないことは言うまでもない。当業者であれば、特許請求の範囲に記載された範疇において、各種の変更例または修正例に想到し得ることは明らかであり、それらについても当然に本開示の技術的範囲に属するものと了解される。

[0129] 上記では、ガスタービンシステム 1、1 A、1 B、1 C、1 D、1 E、1 F、1 G、1 H において、過給機 1 1 によって生成された回転動力が発電機 1 2 を駆動させるエネルギーとして利用される例を説明した。ただし、ガスタービンシステム 1、1 A、1 B、1 C、1 D、1 E、1 F、1 G、1 H において、過給機 1 1 によって生成された回転動力が他の用途（例えば、船舶等の移動体を駆動させる目的等）に利用されてもよい。

[0130] 上記では、燃焼装置 1 0、1 0 A、1 0 B、1 0 C、1 0 D、1 0 E、1 0 F、1 0 G、1 0 H がガスタービンシステムに用いられる例を説明した。ただし、燃焼装置 1 0、1 0 A、1 0 B、1 0 C、1 0 D、1 0 E、1 0 F、1 0 G、1 0 H は、ガスタービンシステム以外の装置（例えば、排熱等から回収されたエネルギーを燃焼器での燃焼に利用する工業炉等）に用いられてもよい。

[0131] 上記では、ガスタービンシステム 1、1 A、1 B、1 C、1 F、1 G、1 H において、燃焼器 1 3 およびアンモニア自己熱分解装置 1 7 に液体のアンモニアが供給される例を説明した。ただし、ガスタービンシステム 1、1 A、1 B、1 C、1 F、1 G、1 H において、燃焼器 1 3 およびアンモニア自

己熱分解装置 17 に気体のアンモニアが供給されてもよい。例えば、ポンプ 15 より下流側に気化器が設けられ、アンモニアが気化器によって気化された後に、燃焼器 13 またはアンモニア自己熱分解装置 17 に供給されてもよい。なお、この場合、気化器より下流側にアキュムレータが設けられ得る。気化器およびアキュムレータは、流路 103 に設けられてもよく、流路 103 の下流側の端部に接続される各流路にそれぞれ設けられてもよい。

[0132] 上記では、ガスタービンシステム 1 に対して、吸気流路 101 または排気流路 102 にアンモニア分解触媒 19 が追加的に設けられるガスタービンシステム 1A、1B を説明した。ただし、ガスタービンシステム 1C、1D、1E、1F、1G、1H に対して、吸気流路 101 または排気流路 102 にアンモニア分解触媒 19 が追加的に設けられてもよい。

[0133] 上記では、ガスタービンシステム 1 に対して、アンモニアタンク 14 と接続される混合器 20 が追加的に設けられるガスタービンシステム 1C を説明した。ただし、ガスタービンシステム 1A、1B、1D、1E、1F、1G、1H に対して、アンモニアタンク 14 と接続される混合器 20 が追加的に設けられてもよい。

[0134] 上記では、ガスタービンシステム 1 に対して、第 1 熱交換器 21 が追加的に設けられ、アンモニアタンク 14 とアンモニア自己熱分解装置 17 とを接続する流路として少なくとも第 1 流路 111 が設けられるようにしたガスタービンシステム 1D、1E を説明した。ただし、ガスタービンシステム 1A、1B、1C、1F、1G、1H に対して、第 1 熱交換器 21 が追加的に設けられ、アンモニアタンク 14 とアンモニア自己熱分解装置 17 とを接続する流路として少なくとも第 1 流路 111 が設けられるようにしてもよい。

[0135] 上記では、ガスタービンシステム 1 に対して、アンモニアタンク 14 が、空気供給源 16 を介してアンモニア自己熱分解装置 17 の入口 17c2 と接続されるようにしたガスタービンシステム 1F を説明した。ただし、ガスタービンシステム 1A、1B、1C、1D、1E、1H に対して、アンモニアタンク 14 が、空気供給源 16 を介してアンモニア自己熱分解装置 17 の入

口 17 c 2 と接続されるようにしてもよい。

[0136] 上記では、ガスタービンシステム 1 に対して、第 2 熱交換器 23 が追加的に設けられ、アンモニアタンク 14 とアンモニア自己熱分解装置 17 とを接続する流路が第 2 熱交換器 23 を通過するようにしたガスタービンシステム 1 G を説明した。ただし、ガスタービンシステム 1 A、1 B、1 C、1 D、1 E、1 H に対して、第 2 熱交換器 23 が追加的に設けられ、アンモニアタンク 14 とアンモニア自己熱分解装置 17 とを接続する流路が第 2 熱交換器 23 を通過するようにしてもよい。

[0137] 上記では、ガスタービンシステム 1 に対して、空気タンク 24 が追加的に設けられるガスタービンシステム 1 H を説明した。ただし、ガスタービンシステム 1 A、1 B、1 C、1 D、1 E、1 F、1 G に対して、空気タンク 24 が追加的に設けられてもよい。

符号の説明

[0138] 1 : ガスタービンシステム 1 A : ガスタービンシステム 1 B : ガスタービンシステム 1 C : ガスタービンシステム 1 D : ガスタービンシステム 1 E : ガスタービンシステム 1 F : ガスタービンシステム 1 G : ガスタービンシステム 1 H : ガスタービンシステム 1 O : 燃焼装置 1 O A : 燃焼装置 1 O B : 燃焼装置 1 O C : 燃焼装置 1 O D : 燃焼装置 1 O E : 燃焼装置 1 O F : 燃焼装置 1 O G : 燃焼装置 1 O H : 燃焼装置 13 : 燃焼器 14 : アンモニアタンク 16 : 空気供給源 17 : アンモニア自己熱分解装置 17 c 1 : 入口 17 c 2 : 入口 17 c 3 : 入口 17 d : 出口 19 : アンモニア分解触媒 20 : 混合器 21 : 第 1 熱交換器 23 : 第 2 熱交換器 24 : 空気タンク 101 : 吸气流路 102 : 排气流路 105 : 第 2 流路 106 : 流路 107 : 流路 111 : 第 1 流路 111 a : 第 1 分岐路 111 b : 第 2 分岐路

請求の範囲

- [請求項1] アンモニアタンクと、
前記アンモニアタンクと接続される燃焼器と、
空気供給源と、
入口が前記アンモニアタンクおよび前記空気供給源と接続され、出口が前記燃焼器と接続されるアンモニア自己熱分解装置と、
を備える、
燃焼装置。
- [請求項2] 前記燃焼器と接続される吸气流路および排气流路と、
前記吸气流路または前記排气流路に設けられ、前記アンモニアタンクおよび前記燃焼器と接続されるアンモニア分解触媒と、
をさらに備える、
請求項1に記載の燃焼装置。
- [請求項3] 前記アンモニア自己熱分解装置と前記燃焼器とを接続する流路には、
混合器が設けられ、
前記混合器は、前記アンモニアタンクと接続される、
請求項1または2に記載の燃焼装置。
- [請求項4] 前記アンモニア自己熱分解装置と前記燃焼器とを接続する流路には、
第1熱交換器が設けられ、
前記アンモニアタンクと前記アンモニア自己熱分解装置とを接続する流路は、前記第1熱交換器を通過する第1流路を含む、
請求項1から3のいずれか一項に記載の燃焼装置。
- [請求項5] 前記アンモニアタンクと前記アンモニア自己熱分解装置とを接続する流路は、前記第1熱交換器を迂回する第2流路をさらに含む、
請求項4に記載の燃焼装置。
- [請求項6] 前記第1流路は、前記第1熱交換器よりも前記アンモニア自己熱分解装置側において、第1分岐路と第2分岐路とに分岐し、
前記第1分岐路および前記第2分岐路が、前記アンモニア自己熱分

解装置の前記入口とそれぞれ接続される、

請求項 4 に記載の燃焼装置。

[請求項7] 前記アンモニアタンクは、前記空気供給源を介して前記アンモニア自己熱分解装置の前記入口と接続される、

請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の燃焼装置。

[請求項8] 前記空気供給源には、第 2 熱交換器が設けられ、
前記アンモニアタンクと前記アンモニア自己熱分解装置とを接続する流路は、前記第 2 熱交換器を通過する、

請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の燃焼装置。

[請求項9] 前記空気供給源は、空気タンクを介して前記アンモニア自己熱分解装置の前記入口と接続される、

請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載の燃焼装置。

[請求項10] 請求項 1 から 9 のいずれか一項に記載の燃焼装置を備える、
ガスタービンシステム。