

明 細 書

発明の名称： 燃焼システム

技術分野

[0001] 本開示は、燃焼システムに関する。本出願は2022年3月25日に提出された日本特許出願第2022-049706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等の燃焼システムが利用されている。ガスタービンシステム等の燃焼システムとして、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] 燃焼システムでは、システム停止時に配管内に燃料が残存しないように配管内から燃料を排出するパージ操作が行われる。アンモニアは、他の炭化水素燃料等と比べると燃焼しにくい性質を有する。ゆえに、アンモニアを燃料として用いる燃焼システムでは、例えば、パージ操作によってアンモニアを廃棄処分する場合は、アンモニア回収槽で水に溶解され、産業廃棄物として廃棄されるなどの処分方法が採られる。燃料として利用できるアンモニアを単に廃棄することはコスト、エネルギーともに無駄であるため、アンモニアの廃棄量を低減することが望まれている。

[0005] 本開示の目的は、アンモニアの廃棄量を低減することが可能な燃焼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、本開示の燃焼システムは、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、燃焼器と接続される吸気流路と、吸気流路に設けられる圧縮機と、アンモニアタンクと接続されるアンモニア回収槽と、アンモニア回収槽と圧縮機とを接続する第1流路と、を備える。
- [0007] 燃焼器を含むエンジンと、エンジンの出力が設定値になるように、アンモニアタンクから燃焼器へ送られるアンモニアの供給量と、アンモニア回収槽から圧縮機へ第1流路を介して送られるアンモニア水の供給量とを制御する第1制御部を備えてもよい。
- [0008] 第1制御部は、アンモニア回収槽から圧縮機へ第1流路を介して送られるアンモニア水の供給量を第1上限値以下に制限してもよい。
- [0009] 燃焼器と接続される排気流路と、排気流路に設けられる脱硝装置と、アンモニア回収槽と脱硝装置とを接続する第2流路と、を備えてもよい。
- [0010] 脱硝装置は、アンモニアタンクと接続されており、脱硝装置から排出される排気ガス中の窒素酸化物濃度に基づいて、アンモニアタンクから脱硝装置へ送られるアンモニアの供給量と、アンモニア回収槽から脱硝装置へ第2流路を介して送られるアンモニア水の供給量とを制御する第2制御部を備えてもよい。
- [0011] 第2制御部は、アンモニア回収槽から脱硝装置へ第2流路を介して送られるアンモニア水の供給量を第2上限値以下に制限してもよい。

発明の効果

- [0012] 本開示によれば、アンモニアの廃棄量を低減することができる。

図面の簡単な説明

- [0013] [図1]図1は、本開示の実施形態に係る燃焼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制御装置が行う処理の全体的な流れの一例を示すフローチャートである。

[図3]図3は、本開示の実施形態に係る制御装置が行うアンモニア回収槽への給水処理の流れの一例を示すフローチャートである。

[図4]図4は、本開示の実施形態に係る制御装置が行う圧縮機へのアンモニア水供給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、本開示の実施形態に係る制御装置が行う脱硝装置へのアンモニア水供給処理の流れの一例を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0014] 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。

[0015] 図1は、本実施形態に係る燃焼システム1の構成を示す模式図である。燃焼システム1は、燃料を燃焼させることによりエネルギーを生成する燃焼システムの一例に相当するガスタービンシステムである。図1に示すように、燃焼システム1は、圧縮機11aと、タービン11bと、燃焼器12と、発電機13と、アンモニアタンク14と、ポンプ15と、アンモニア回収槽16と、ボイラ17と、脱硝装置18と、ポンプ19と、流量制御弁21、22、23、24、25、26と、アンモニア濃度センサ31と、窒素酸化物濃度センサ32と、アンモニア濃度センサ33と、窒素酸化物濃度センサ34と、アンモニア濃度センサ35と、水位センサ36と、制御装置40とを備える。また、燃焼システム1は、圧縮機11aと、タービン11bと、燃焼器12とを含むエンジンE1を備える。エンジンE1は、ガスタービンエンジンである。

[0016] 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、シャフトによって互いに連結されている。

[0017] 圧縮機11aは、燃焼器12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 12 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 12 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。

[0018] タービン 11b は、燃焼器 12 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 12 から排出された排気ガスが流通する。燃焼器 12 から排出された排気ガスは、タービン 11b を通過して、排気流路 102 のうちタービン 11b より下流側に送られる。タービン 11b 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。

[0019] 圧縮機 11a には、発電機 13 が接続されている。タービン 11b から圧縮機 11a に伝達された回転動力は、発電機 13 による発電に利用される。

[0020] 燃焼器 12 には、圧縮機 11a により圧縮された空気が吸気流路 101 から供給されるとともに、アンモニアが液体の状態でアンモニアタンク 14 から燃料として供給される。ただし、後述するように、燃焼器 12 には、アンモニアが気体の状態でアンモニアタンク 14 から供給されてもよい。燃焼器 12 では、アンモニアを燃料として用いて燃焼が行われる。燃焼器 12 で生じた排気ガスは、排気流路 102 に排出される。

[0021] アンモニアタンク 14 には、アンモニアが液体の状態で貯蔵される。アンモニアタンク 14 では、例えば、大気圧、かつ、 -33°C で、アンモニアが液体の状態で維持されている。このように、アンモニアを低温の液体にした状態でアンモニアタンク 14 に貯蔵することによって、アンモニアタンク 14 内の蒸気圧が抑制され、タンクの強度および構造上の問題発生が抑制される。

[0022] アンモニアタンク 14 は、流路 103 と接続されている。具体的には、流路 103 は、アンモニアタンク 14 内において液体のアンモニアが貯蔵される領域と連通する。流路 103 には、液体のアンモニアが流通する。流路 103 には、ポンプ 15 が設けられる。ポンプ 15 は、アンモニアタンク 14

から供給される液体のアンモニアを加圧して下流側に送出する。流路１０３は、ポンプ１５よりも下流側において、流路１０４と流路１０５に分岐している。

[0023] 流路１０４は、燃焼器１２と接続されている。このように、アンモニアタンク１４は、流路１０３および流路１０４を介して燃焼器１２と接続される。ゆえに、アンモニアタンク１４から燃焼器１２へ、流路１０３および流路１０４を介してアンモニアを供給できる。流路１０４には、流量制御弁２１が設けられる。流量制御弁２１は、流路１０４を通り燃焼器１２に送られるアンモニアの流量を調整する。具体的には、流量制御弁２１の開度が調整されることによって、燃焼器１２へのアンモニアの供給量が調整される。

[0024] 流路１０５は、アンモニア回収槽１６と接続されている。このように、アンモニアタンク１４は、流路１０３および流路１０５を介してアンモニア回収槽１６と接続される。ゆえに、アンモニアタンク１４からアンモニア回収槽１６へ、流路１０３および流路１０５を介してアンモニアを供給できる。流路１０５には、流量制御弁２２が設けられる。流量制御弁２２は、流路１０５を通りアンモニア回収槽１６に送られるアンモニアの流量を調整する。具体的には、流量制御弁２２の開度が調整されることによって、アンモニア回収槽１６へのアンモニアの供給量が調整される。

[0025] アンモニア回収槽１６には、水が供給される。アンモニア回収槽１６に送られたアンモニアは、アンモニア回収槽１６内の水に溶解される。ゆえに、アンモニア回収槽１６には、アンモニア水が貯蔵される。例えば、燃焼システム１の停止時に、流量制御弁２２を開くバージ操作が行われる。それにより、流路１０３、１０４、１０５内に残存しているアンモニアがアンモニア回収槽１６に送られる。ゆえに、流路１０３、１０４、１０５内にアンモニアが残存することが抑制される。

[0026] 排気流路１０２のうちタービン１１ｂより下流側には、ボイラ１７が設けられる。ボイラ１７には、水が流通する流路１０６が設けられている。流路１０６を流通する水は、排気流路１０２を流通する排気ガスによって加熱さ

れ、気化して気体（つまり、水蒸気）になる。ボイラ１７の流路１０６は、図示しない蒸気タービンと接続されている。ボイラ１７で発生した水蒸気は、蒸気タービンに送られる。そして、水蒸気によって蒸気タービンが回され、回転動力が生成される。蒸気タービンにより生成された回転動力は、発電に利用される。

[0027] 排气流路１０２のうち、ボイラ１７内部に脱硝装置１８が設けられる。図１では、脱硝装置１８が破線の矩形により模式的に示されているが、当該矩形はボイラ１７における脱硝装置１８の配置を正確に示すものではなく、ボイラ１７における脱硝装置１８の配置は適宜設定され得る。ただし、脱硝装置１８は、排气流路１０２に設けられればよく、ボイラ１７外に設けられてもよい。脱硝装置１８には、後述するように、アンモニアが供給される。脱硝装置１８は、排气流路１０２を流通する排気中の窒素酸化物（ NO_x ）をアンモニアと反応させて窒素と水に分解する。この反応は、脱硝反応とも呼ばれる。

[0028] アンモニアタンク１４は、流路１０７と接続されている。具体的には、流路１０７は、アンモニアタンク１４内において気化した気体のアンモニアが貯蔵される領域と連通する。流路１０７には、気体のアンモニアが流通する。流路１０７は、流路１０８と流路１０９に分岐している。

[0029] 流路１０８は、脱硝装置１８と接続されている。このように、アンモニアタンク１４は、流路１０７および流路１０８を介して脱硝装置１８と接続される。ゆえに、アンモニアタンク１４から脱硝装置１８へ、流路１０７および流路１０８を介して気体のアンモニアであるアンモニアガスを供給できる。流路１０８には、流量制御弁２３が設けられる。流量制御弁２３は、流路１０８を通り脱硝装置１８に送られるアンモニアの流量を調整する。具体的には、流量制御弁２３の開度が調整されることによって、脱硝装置１８へのアンモニアの供給量が調整される。

[0030] 流路１０９は、流路１０５と接続されている。つまり、アンモニアタンク１４は、流路１０７、流路１０９および流路１０５を介してアンモニア回収

槽 16 と接続される。ゆえに、アンモニアタンク 14 からアンモニア回収槽 16 へ、流路 107、流路 109 および流路 105 を介してアンモニアを供給できる。流路 109 には、流量制御弁 24 が設けられる。流量制御弁 24 は、流路 109 を通りアンモニア回収槽 16 に送られるアンモニアの流量を調整する。具体的には、流量制御弁 24 の開度が調整されることによって、アンモニア回収槽 16 へのアンモニアの供給量が調整される。

[0031] 例えば、燃焼システム 1 の停止時に、流量制御弁 24 を開くパージ操作が行われる。それにより、流路 107、108、109 内に残存しているアンモニアがアンモニア回収槽 16 に送られる。ゆえに、流路 107、108、109 内にアンモニアが残存することが抑制される。

[0032] 燃焼システム 1 では、アンモニア回収槽 16 は、流路 110 と接続されている。具体的には、流路 110 は、アンモニア回収槽 16 内においてアンモニア水が貯蔵される領域と連通する。流路 110 には、アンモニア水が流通する。流路 110 には、ポンプ 19 が設けられる。ポンプ 19 は、アンモニア回収槽 16 から供給されるアンモニア水を加圧して下流側に送出する。流路 110 は、ポンプ 19 よりも下流側において、流路 111 と流路 112 に分岐している。

[0033] 流路 111 は、圧縮機 11a と接続されている。このように、アンモニア回収槽 16 は、流路 110 および流路 111 を介して圧縮機 11a と接続される。ゆえに、アンモニア回収槽 16 から圧縮機 11a へ、流路 110 および流路 111 を介してアンモニア水を供給できる。例えば、圧縮機 11a は、多段の圧縮機である。流路 111 は、圧縮機 11a の中間段と接続されている。ゆえに、流路 111 から圧縮機 11a の中間段にアンモニア水が供給される。流路 110 および流路 111 は、アンモニア水が流通する第 1 流路の一例に相当する。流路 111 には、流量制御弁 25 が設けられる。流量制御弁 25 は、流路 111 を通り圧縮機 11a に送られるアンモニア水の流量を調整する。具体的には、流量制御弁 25 の開度が調整されることによって、圧縮機 11a へのアンモニア水の供給量が調整される。

- [0034] 流路 1 1 2 は、脱硝装置 1 8 と接続されている。このように、アンモニア回収槽 1 6 は、流路 1 1 0 および流路 1 1 2 を介して脱硝装置 1 8 と接続される。ゆえに、アンモニア回収槽 1 6 から脱硝装置 1 8 へ、流路 1 1 0 および流路 1 1 2 を介してアンモニア水を供給できる。流路 1 1 0 および流路 1 1 2 は、アンモニア水が流通する第 2 流路の一例に相当する。流路 1 1 2 には、流量制御弁 2 6 が設けられる。流量制御弁 2 6 は、流路 1 1 2 を通り脱硝装置 1 8 に送られるアンモニア水の流量を調整する。具体的には、流量制御弁 2 6 の開度が調整されることによって、脱硝装置 1 8 へのアンモニア水の供給量が調整される。
- [0035] 排気流路 1 0 2 には、アンモニア濃度センサ 3 1、窒素酸化物濃度センサ 3 2、アンモニア濃度センサ 3 3 および窒素酸化物濃度センサ 3 4 が設けられる。アンモニア濃度センサ 3 1 および窒素酸化物濃度センサ 3 2 は、排気流路 1 0 2 のうちタービン 1 1 b より下流側、かつ、脱硝装置 1 8 より上流側に配置される。アンモニア濃度センサ 3 1 は、脱硝装置 1 8 に流入する排気ガス中のアンモニア濃度を検出する。窒素酸化物濃度センサ 3 2 は、脱硝装置 1 8 に流入する排気ガス中の窒素酸化物濃度を検出する。アンモニア濃度センサ 3 3 および窒素酸化物濃度センサ 3 4 は、排気流路 1 0 2 のうち脱硝装置 1 8 より下流側に配置される。アンモニア濃度センサ 3 3 は、脱硝装置 1 8 から排出される排気ガス中のアンモニア濃度を検出する。窒素酸化物濃度センサ 3 4 は、脱硝装置 1 8 から排出される排気ガス中の窒素酸化物濃度を検出する。
- [0036] アンモニア回収槽 1 6 には、アンモニア濃度センサ 3 5 および水位センサ 3 6 が設けられる。アンモニア濃度センサ 3 5 は、アンモニア回収槽 1 6 内のアンモニア水のアンモニア濃度を検出する。水位センサ 3 6 は、アンモニア回収槽 1 6 内のアンモニア水の水位を検出する。
- [0037] 制御装置 4 0 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 等を含む。制御装置 4 0 は、燃焼システム 1 内の各装置の動作を制御する。例えば、制御装置 4 0 は、流量制御弁 2

1、22、23、24、25、26の動作をそれぞれ制御する。また、制御装置40は、ポンプ15、19の動作をそれぞれ制御する。また、制御装置40は、発電機13、アンモニア濃度センサ31、窒素酸化物濃度センサ32、アンモニア濃度センサ33、窒素酸化物濃度センサ34、アンモニア濃度センサ35および水位センサ36から情報を取得する。

[0038] 制御装置40は、第1制御部41と、第2制御部42とを含む。第1制御部41および第2制御部42の機能は、中央処理装置およびROM等によって実現される。

[0039] 第1制御部41は、アンモニアタンク14から燃焼器12へ送られるアンモニアの供給量と、アンモニア回収槽16から圧縮機11aへ第1流路に相当する流路110、111を介して送られるアンモニア水の供給量とを制御する。具体的には、第1制御部41は、流量制御弁21および流量制御弁25の動作をそれぞれ制御することによって、上記の2つの供給量をそれぞれ制御する。

[0040] 第2制御部42は、アンモニアタンク14から脱硝装置18へ送られるアンモニアの供給量と、アンモニア回収槽16から脱硝装置18へ第2流路に相当する流路110、112を介して送られるアンモニア水の供給量とを制御する。具体的には、第2制御部42は、流量制御弁23および流量制御弁26の動作をそれぞれ制御することによって、上記の2つの供給量をそれぞれ制御する。

[0041] 制御装置40は、1つの装置であってもよく、複数の装置に分かれていてもよい。つまり、制御装置40の機能は、1つの装置によって実現されてもよく、複数の装置に分かれていてもよい。制御装置40が行う処理の詳細については、後述する。

[0042] 以上説明したように、燃焼システム1では、アンモニア回収槽16と圧縮機11aとが、第1流路に相当する流路110、111によって接続される。それにより、アンモニア回収槽16に貯まったアンモニア水を圧縮機11aに送ることができる。圧縮機11aに送られたアンモニア水によって、圧

縮機 11 a 内を通過する空気が冷却される。そして、圧縮機 11 a に送られたアンモニア水に含まれるアンモニアが燃焼器 12 に燃料として供給される。それにより、アンモニア回収槽 16 に貯まった産業廃棄物として廃棄されるアンモニア水量が低減される。さらに、アンモニア回収槽 16 に貯まったアンモニア水が廃棄されずに燃焼器 12 の燃料として有効活用されるので、燃焼システム 1 の効率も向上する。

[0043] さらに、燃焼システム 1 では、上記のように、圧縮機 11 a に送られたアンモニア水によって、圧縮機 11 a 内を通過する空気が冷却される。それにより、圧縮機 11 a における圧縮空気の温度が低下し、圧縮機 11 a を駆動する動力が削減され、圧縮機 11 a の出力が増強される。ゆえに、燃焼システム 1 の効率が効果的に向上する。

[0044] 吸气流路 101 と排气流路 102 とが、燃焼器 12 を迂回する迂回流路によって接続される場合がある。この場合、圧縮機 11 a から送出されるアンモニアを含む空気の一部が、迂回流路を介してタービン 11 b に送られ、タービン 11 b の冷却に利用される。この場合において、燃焼器 12 を迂回する空気に含まれるアンモニアは、脱硝装置 18 に送られ、脱硝装置 18 での脱硝反応に利用されるので、大気へ放出されることはない。

[0045] また、燃焼システム 1 では、アンモニア回収槽 16 と脱硝装置 18 とが、第 2 流路に相当する流路 110、112 によって接続される。それにより、アンモニア回収槽 16 に貯まったアンモニア水を脱硝装置 18 に送ることができる。脱硝装置 18 に送られたアンモニア水に含まれるアンモニアは、脱硝装置 18 での脱硝反応に利用される。それにより、アンモニア回収槽 16 に貯まったアンモニア水が産業廃棄物として廃棄されることがより抑制され、アンモニアの廃棄量がより低減される。さらに、アンモニア回収槽 16 に貯まったアンモニア水が廃棄されずに脱硝装置 18 での脱硝反応に有効活用されるので、燃焼システム 1 の効率も向上する。ただし、燃焼システム 1 から第 2 流路が省略されてもよい。

[0046] 以下、図 2 から図 5 を参照して、本実施形態に係る燃焼システム 1 の動作

について説明する。

- [0047] 図2は、制御装置40が行う処理の全体的な流れの一例を示すフローチャートである。図2に示す処理フローが開始すると、ステップS101において、制御装置40は、アンモニア回収槽16の水位が下限値以下であるか否かを判定する。ステップS101の下限値は、アンモニア回収槽16の水量がアンモニアの回収に必要な量に満たないか否かを判断するための指標である。アンモニア回収槽16の水位が下限値以下である場合は、アンモニア回収槽16の水量がアンモニアの回収に必要な量に満たない場合に相当する。
- [0048] アンモニア回収槽16の水位が下限値以下であると判定された場合（ステップS101／YES）、ステップS102に進む。ステップS102において、制御装置40は、アンモニア回収槽16への給水処理を実行し、ステップS101に戻る。アンモニア回収槽16への給水処理は、アンモニア回収槽16へ水を供給する処理である。アンモニア回収槽16への給水処理の詳細については、図3を参照して後述する。一方、アンモニア回収槽16の水位が下限値より高いと判定された場合（ステップS101／NO）、ステップS103に進む。
- [0049] ステップS103において、制御装置40は、アンモニア回収槽16のアンモニア濃度（具体的には、アンモニア水のアンモニア濃度）が閾値以下であるか否かを判定する。ステップS103の閾値は、アンモニア回収槽16中のアンモニア水が燃焼器12での燃焼、または、脱硝装置18での脱硝反応に利用できる程度のアンモニア濃度を有しているか否かを判断するための指標である。アンモニア回収槽16のアンモニア濃度が閾値以下である場合は、アンモニア回収槽16中のアンモニア水が燃焼器12での燃焼、または、脱硝装置18での脱硝反応に利用できる程度のアンモニア濃度を有していない場合に相当する。
- [0050] アンモニア回収槽16のアンモニア濃度が閾値以下であると判定された場合（ステップS103／YES）、後述するステップS106に進む。一方、アンモニア回収槽16のアンモニア濃度が閾値より高いと判定された場合

(ステップS 1 0 3 / N O)、ステップS 1 0 4に進む。

[0051] ステップS 1 0 4において、制御装置4 0は、圧縮機1 1 aへのアンモニア水の供給の禁止条件が満たされているか否かを判定する。例えば、ステップS 1 0 4の禁止条件としては、圧縮機1 1 aの回転数が過度に低いことが挙げられる。このような禁止条件を用いることによって、燃焼器1 2の燃焼が安定していない状況で燃焼器1 2にアンモニア水が供給されることに起因して燃焼が不安定になることが抑制される。また、例えば、ステップS 1 0 4の禁止条件としては、アンモニア濃度センサ3 1により検出されるアンモニア濃度が、窒素酸化物濃度センサ3 2により検出される窒素酸化物濃度よりも高いこと（つまり、燃焼器1 2から排出され脱硝装置1 8に流入する排気ガス中のアンモニア濃度が窒素酸化物濃度よりも高いこと）が挙げられる。このような禁止条件を用いることによって、未燃アンモニアが増加することが抑制される。

[0052] 圧縮機1 1 aへのアンモニア水の供給の禁止条件が満たされていると判定された場合（ステップS 1 0 4 / Y E S）、後述するステップS 1 0 6に進む。一方、圧縮機1 1 aへのアンモニア水の供給の禁止条件が満たされていないと判定された場合（ステップS 1 0 4 / N O）、ステップS 1 0 5に進む。

[0053] ステップS 1 0 5において、制御装置4 0の第1制御部4 1は、圧縮機1 1 aへのアンモニア水供給処理を実行する。圧縮機1 1 aへのアンモニア水供給処理は、アンモニア回収槽1 6から圧縮機1 1 aへアンモニア水を供給する処理である。圧縮機1 1 aへのアンモニア水供給処理の詳細については、図4を参照して後述する。

[0054] ステップS 1 0 5の次に、ステップS 1 0 6において、制御装置4 0は、脱硝装置1 8へのアンモニア水の供給の禁止条件が満たされているか否かを判定する。例えば、ステップS 1 0 6の禁止条件としては、アンモニア濃度センサ3 3により検出されるアンモニア濃度が、窒素酸化物濃度センサ3 4により検出される窒素酸化物濃度よりも高いこと（つまり、脱硝装置1 8か

ら排出される排気ガス中のアンモニア濃度が窒素酸化物濃度よりも高いこと)が挙げられる。このような禁止条件を用いることによって、未燃アンモニアが増加することが抑制される。

[0055] 脱硝装置18へのアンモニア水の供給の禁止条件が満たされていると判定された場合(ステップS106/YES)、ステップS101に戻る。一方、脱硝装置18へのアンモニア水の供給の禁止条件が満たされていないと判定された場合(ステップS106/NO)、ステップS107に進む。

[0056] ステップS107において、制御装置40は、NO_x排出濃度が上限値以上であるか否かを判定する。NO_x排出濃度は、燃焼システム1から排出される窒素酸化物濃度である。つまり、窒素酸化物濃度センサ34により検出される窒素酸化物濃度がNO_x排出濃度に相当する。ステップS107の上限値は、燃焼システム1からの窒素酸化物の排出量が環境悪化の観点で過度に多いか否かを判断するための指標である。NO_x排出濃度が上限値以上である場合は、燃焼システム1からの窒素酸化物の排出量が環境悪化の観点で過度に多い場合に相当する。

[0057] NO_x排出濃度が上限値より低いと判定された場合(ステップS107/NO)、ステップS101に戻る。一方、NO_x排出濃度が上限値以上であると判定された場合(ステップS107/YES)、ステップS108に進む。ステップS108において、制御装置40の第2制御部42は、脱硝装置18へのアンモニア水供給処理を実行し、ステップS101に戻る。脱硝装置18へのアンモニア水供給処理は、アンモニア回収槽16から脱硝装置18へアンモニア水を供給する処理である。脱硝装置18へのアンモニア水供給処理の詳細については、図5を参照して後述する。

[0058] 図3は、制御装置40が行うアンモニア回収槽16への給水処理の流れの一例を示すフローチャートである。図3に示す処理フローは、図2のフローチャート中のステップS102において実行される。

[0059] 図3に示す処理フローが開始すると、ステップS201において、制御装置40は、アンモニア回収槽16への給水を開始する。

- [0060] ステップS 2 0 1の次に、ステップS 2 0 2において、制御装置4 0は、アンモニア回収槽1 6の水位が上限値以上であるか否かを判定する。ステップS 2 0 2の上限値は、アンモニア回収槽1 6の容積等に応じて適宜設定され得る。
- [0061] アンモニア回収槽1 6の水位が上限値より低いと判定された場合（ステップS 2 0 2／N O）、ステップS 2 0 2が繰り返される。一方、アンモニア回収槽1 6の水位が上限値以上であると判定された場合（ステップS 2 0 2／Y E S）、ステップS 2 0 3に進む。ステップS 2 0 3において、制御装置4 0は、アンモニア回収槽1 6への給水を停止し、図3に示す処理フローは終了する。通常、アンモニア回収槽1 6の水位が下限値および上限値に到達したことをそれぞれ検出する下限スイッチおよび上限スイッチを用いることによって、アンモニア回収槽1 6へ水を供給する補給水タンクは、アンモニア回収槽1 6の水位を下限値と上限値の間になるように制御している。
- [0062] 図4は、制御装置4 0（具体的には、第1制御部4 1）が行う圧縮機1 1 aへのアンモニア水供給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、図2のフローチャート中のステップS 1 0 5において実行される。
- [0063] 図4に示す処理フローが開始すると、ステップS 3 0 1において、第1制御部4 1は、圧縮機1 1 aへのアンモニア水の供給量が上限値より少ないか否かを判定する。ステップS 3 0 1の上限値は、燃焼器1 2において失火が生じる程度に圧縮機1 1 aへのアンモニア水の供給量が多いか否かを判断するための指標である。圧縮機1 1 aへのアンモニア水の供給量が上限値より多い場合は、燃焼器1 2において失火が生じる程度に圧縮機1 1 aへのアンモニア水の供給量が多い場合に相当する。
- [0064] 圧縮機1 1 aへのアンモニア水の供給量が上限値より少ないと判定された場合（ステップS 3 0 1／Y E S）、ステップS 3 0 2に進む。ステップS 3 0 2において、第1制御部4 1は、アンモニア回収槽1 6から圧縮機1 1 aへのアンモニア水の供給量を増加させ、ステップS 3 0 4に進む。一方、

圧縮機 11 a へのアンモニア水の供給量が上限値以上であると判定された場合（ステップ S 301 / NO）、ステップ S 303 に進む。ステップ S 303 において、第 1 制御部 41 は、アンモニア回収槽 16 から圧縮機 11 a へのアンモニア水の供給量を減少させ、ステップ S 304 に進む。

[0065] ステップ S 304 において、第 1 制御部 41 は、エンジン E 1 の出力が設定値より低いか否かを判定する。ステップ S 304 の設定値は、例えば、発電機 13 による発電量の要求値に応じて設定される。

[0066] エンジン E 1 の出力が設定値より低いと判定された場合（ステップ S 304 / YES）、ステップ S 305 に進む。ステップ S 305 において、第 1 制御部 41 は、アンモニアタンク 14 から燃焼器 12 へのアンモニアの供給量を増加させ、図 4 に示す処理フローは終了する。一方、エンジン E 1 の出力が設定値以上であると判定された場合（ステップ S 304 / NO）、ステップ S 306 に進む。

[0067] ステップ S 306 において、第 1 制御部 41 は、エンジン E 1 の出力が設定値より高いか否かを判定する。ステップ S 306 の設定値は、ステップ S 304 の設定値と同様である。

[0068] エンジン E 1 の出力が設定値より高いと判定された場合（ステップ S 306 / YES）、ステップ S 307 に進む。ステップ S 307 において、第 1 制御部 41 は、アンモニアタンク 14 から燃焼器 12 へのアンモニアの供給量を減少させ、図 4 に示す処理フローは終了する。一方、エンジン E 1 の出力が設定値以下であると判定された場合（ステップ S 306 / NO）、図 4 に示す処理フローは終了する。

[0069] 図 4 に示す処理フローが繰り返される状況において、アンモニア回収槽 16 から圧縮機 11 a へのアンモニア水の供給が開始された後、アンモニア回収槽 16 から圧縮機 11 a へのアンモニア水の供給量が、上限値近傍に維持されるように増減する（ステップ S 302、S 303）。そして、アンモニアタンク 14 から燃焼器 12 へのアンモニアの供給量が、エンジン E 1 の出力に応じて増減する（ステップ S 305、S 307）。それにより、エンジ

ンE 1 の出力が設定値に制御される。

[0070] 以上説明したように、燃焼システム1では、第1制御部41は、エンジンE 1 の出力が設定値になるように、アンモニアタンク14から燃焼器12へ送られるアンモニアの供給量と、アンモニア回収槽16から圧縮機11aへ第1流路（上記の例では、流路110、111）を介して送られるアンモニア水の供給量とを制御する。それにより、アンモニア回収槽16に貯まったアンモニア水を燃焼器12の燃料として有効活用しつつ、アンモニアタンク14から燃焼器12へ送られるアンモニアも燃料として利用することによって、エンジンE 1 の出力を設定値に制御できる。ゆえに、アンモニアの廃棄量を低減しつつ、エンジンE 1 の出力を適切に制御できる。

[0071] また、燃焼システム1では、第1制御部41は、アンモニア回収槽16から圧縮機11aへ第1流路（上記の例では、流路110、111）を介して送られるアンモニア水の供給量を第1上限値（上記の例では、ステップS301の上限値）以下に制限する。それにより、燃焼器12において失火が生じる程度に圧縮機11aへのアンモニア水の供給量が多くなることが抑制される。ゆえに、燃焼器12において失火が生じることが抑制される。第1上限値は、固定値であってもよく、各種パラメータに応じて変化する値であってもよい。上記のパラメータとしては、例えば、アンモニア回収槽16に貯まったアンモニア水のアンモニア濃度等が挙げられる。

[0072] 図5は、制御装置40（具体的には、第2制御部42）が行う脱硝装置18へのアンモニア水供給処理の流れの一例を示すフローチャートである。図5に示す処理フローは、図2のフローチャート中のステップS108において実行される。

[0073] 図5に示す処理フローが開始すると、ステップS401において、第2制御部42は、脱硝装置18へのアンモニア水の供給量が上限値より少ないか否かを判定する。ステップS401の上限値は、脱硝装置18での脱硝反応が円滑に進まなくなる程度に脱硝装置18へのアンモニア水の供給量が多いか否かを判断するための指標である。脱硝装置18へのアンモニア水の供給

量が上限値より多い場合は、脱硝装置 18 での脱硝反応が円滑に進まなくなる程度に脱硝装置 18 へのアンモニア水の供給量が多い場合に相当する。

[0074] 脱硝装置 18 へのアンモニア水の供給量が上限値より少ないと判定された場合（ステップ S 4 0 1 / Y E S）、ステップ S 4 0 2 に進む。ステップ S 4 0 2 において、第 2 制御部 4 2 は、アンモニア回収槽 1 6 から脱硝装置 18 へのアンモニア水の供給量を増加させ、図 5 に示す処理フローは終了する。一方、脱硝装置 18 へのアンモニア水の供給量が上限値以上であると判定された場合（ステップ S 4 0 1 / N O）、ステップ S 4 0 3 に進む。ステップ S 4 0 3 において、第 2 制御部 4 2 は、アンモニア回収槽 1 6 から脱硝装置 18 へのアンモニア水の供給量を減少させ、ステップ S 4 0 4 に進む。ステップ S 4 0 4 において、第 2 制御部 4 2 は、アンモニアタンク 1 4 から脱硝装置 18 へのアンモニアガスの供給量を増加させ、図 5 に示す処理フローは終了する。

[0075] 図 5 に示す処理フローは、脱硝装置 18 から排出される排気ガス中の窒素酸化物濃度に基づいて、燃焼システム 1 からの窒素酸化物の排出量の抑制が必要と判断される間、繰り返される。具体的には、 NO_x 排出濃度が上限値以上である間、図 5 に示す処理フローが繰り返される。図 5 に示す処理フローが繰り返される状況において、アンモニア回収槽 1 6 から脱硝装置 18 へのアンモニア水の供給が開始された後、アンモニア回収槽 1 6 から脱硝装置 18 へのアンモニア水の供給量が、上限値近傍に維持されるように増減する（ステップ S 4 0 2、S 4 0 3）。そして、脱硝装置 18 へのアンモニア水の供給量が上限値以上となる場合には、アンモニアタンク 1 4 から脱硝装置 18 へのアンモニアガスの供給量が増加する（ステップ S 4 0 4）。それにより、 NO_x 排出濃度が上限値を下回り、燃焼システム 1 からの窒素酸化物の排出量が適切に抑制される。

[0076] 以上説明したように、燃焼システム 1 では、第 2 制御部 4 2 は、脱硝装置 18 から排出される排気ガス中の窒素酸化物濃度に基づいて、アンモニアタンク 1 4 から脱硝装置 18 へ送られるアンモニアの供給量と、アンモニア回

収槽 16 から脱硝装置 18 へ第 2 流路（上記の例では、流路 110、112）を介して送られるアンモニア水の供給量とを制御する。それにより、アンモニア回収槽 16 に貯まったアンモニア水を脱硝装置 18 での脱硝反応に有効活用しつつ、アンモニアタンク 14 から脱硝装置 18 へ送られるアンモニアガスも脱硝反応に利用することによって、燃焼システム 1 からの窒素酸化物の排出量を適切に低減できる。ゆえに、アンモニアの廃棄量を低減しつつ、燃焼システム 1 からの窒素酸化物の排出量を適切に低減できる。

[0077] また、燃焼システム 1 では、第 2 制御部 42 は、アンモニア回収槽 16 から脱硝装置 18 へ第 2 流路（上記の例では、流路 110、112）を介して送られるアンモニア水の供給量を第 2 上限値（上記の例では、ステップ S401 の上限値）以下に制限する。それにより、脱硝装置 18 での脱硝反応が円滑に進まなくなる程度に脱硝装置 18 へのアンモニア水の供給量が多くなることが抑制される。ゆえに、脱硝装置 18 での脱硝反応が円滑に進まなくなることが抑制される。第 2 上限値は、固定値であってもよく、各種パラメータに応じて変化する値であってもよい。上記のパラメータとしては、例えば、アンモニア回収槽 16 に貯まったアンモニア水のアンモニア濃度や脱硝反応に必要な排気ガス温度データ等が挙げられる。

[0078] 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。

[0079] 上記では、図 2 から図 5 を参照して、制御装置 40 が行う処理の例について説明した。ただし、制御装置 40 が行う処理は、上記で説明した例に限定されない。例えば、上記で各フローチャートを用いて説明した処理は、必ずしも各フローチャートに示された順序で実行されなくてもよい。いくつかの処理ステップは、並列的に実行されてもよい。また、追加的な処理ステップが採用されてもよく、一部の処理ステップが省略されてもよい。

[0080] 上記では、燃焼器 1 2 を含むエンジン E 1 がガスタービンエンジンである例を説明した。ただし、燃焼器 1 2 を含むエンジン E 1 は、ガスタービンエンジンに限定されない。例えば、燃焼器 1 2 を含むエンジン E 1 は、ターボチャージャー付きのレシプロエンジンであってもよい。この場合、ターボチャージャーの圧縮機とアンモニア回収槽 1 6 とが第 1 流路によって接続され、上記で説明した例と同様の効果が奏される。

[0081] 上記では、燃焼システム 1 において、タービン 1 1 b から圧縮機 1 1 a に伝達された回転動力が発電機 1 3 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、燃焼システム 1 において、タービン 1 1 b から圧縮機 1 1 a に伝達された回転動力が、例えば、船舶等の移動体を駆動させる目的等の他の用途に利用されてもよい。

[0082] 上記では、アンモニアが液体の状態であるアンモニアタンク 1 4 から燃焼器 1 2 に供給される例を説明した。ただし、アンモニアが気体の状態でアンモニアタンク 1 4 から燃焼器 1 2 に供給されてもよい。この場合、流路 1 0 3 または流路 1 0 4 に気化器が設けられ、気化器によってアンモニアが気化される。

[0083] 上記では、アンモニアが気体の状態でアンモニアタンク 1 4 から流路 1 0 7 に送られる例を説明した。ただし、アンモニアが液体の状態であるアンモニアタンク 1 4 から流路 1 0 7 に送られ、流路 1 0 7、流路 1 0 8 または流路 1 0 9 においてアンモニアが気化されてもよい。

[0084] 本開示は、ガスタービンシステム等の燃焼システムにおける燃料の廃棄量の低減、および、効率の向上に資するので、例えば、持続可能な開発目標（SDGs）の目標 7「手ごろで信頼でき、持続可能かつ近代的なエネルギーへのアクセスを確保する」に貢献することができる。

符号の説明

[0085] 1：燃焼システム 1 1 a：圧縮機 1 2：燃焼器 1 4：アンモニアタンク 1 6：アンモニア回収槽 1 8：脱硝装置 4 1：第 1 制御部 4 2：第 2 制御部 1 0 1：吸気流路 1 0 2：排気流路 1 1 0：流路（第 1 流

路、第2流路) 1 1 1 : 流路 (第1流路) 1 1 2 : 流路 (第2流路)

E 1 : エンジン

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、
前記燃焼器と接続される吸気流路と、
前記吸気流路に設けられる圧縮機と、
前記アンモニアタンクと接続されるアンモニア回収槽と、
前記アンモニア回収槽と前記圧縮機とを接続する第1流路と、
を備える、
燃焼システム。
- [請求項2] 前記燃焼器を含むエンジンと、
前記エンジンの出力が設定値になるように、前記アンモニアタンク
から前記燃焼器へ送られるアンモニアの供給量と、前記アンモニア回
収槽から前記圧縮機へ前記第1流路を介して送られるアンモニア水の
供給量とを制御する第1制御部を備える、
請求項1に記載の燃焼システム。
- [請求項3] 前記第1制御部は、前記アンモニア回収槽から前記圧縮機へ前記第
1流路を介して送られるアンモニア水の供給量を第1上限値以下に制
限する、
請求項2に記載の燃焼システム。
- [請求項4] 前記燃焼器と接続される排気流路と、
前記排気流路に設けられる脱硝装置と、
前記アンモニア回収槽と前記脱硝装置とを接続する第2流路と、
を備える、
請求項1から3のいずれか一項に記載の燃焼システム。
- [請求項5] 前記脱硝装置は、前記アンモニアタンクと接続されており、
前記脱硝装置から排出される排気ガス中の窒素酸化物濃度に基づい
て、前記アンモニアタンクから前記脱硝装置へ送られるアンモニアの
供給量と、前記アンモニア回収槽から前記脱硝装置へ前記第2流路を

介して送られるアンモニア水の供給量とを制御する第2制御部を備える、

請求項4に記載の燃焼システム。

[請求項6]

前記第2制御部は、前記アンモニア回収槽から前記脱硝装置へ前記第2流路を介して送られるアンモニア水の供給量を第2上限値以下に制限する、

請求項5に記載の燃焼システム。