

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号
特開2024-166830
(P2024-166830A)

(43)公開日 令和6年11月29日(2024.11.29)

(51)国際特許分類	F I	テーマコード (参考)
F 2 3 K 5/22 (2006.01)	F 2 3 K 5/22	3 K 0 6 8
F 2 3 D 11/44 (2006.01)	F 2 3 D 11/44	A 3 K 0 9 1
F 2 2 B 35/00 (2006.01)	F 2 2 B 35/00	B 3 L 0 2 1
F 0 1 K 17/02 (2006.01)	F 0 1 K 17/02	
F 2 3 C 1/12 (2006.01)	F 2 3 C 1/12	
審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全17頁)		

(21)出願番号	特願2023-83205(P2023-83205)	(71)出願人	000006208
(22)出願日	令和5年5月19日(2023.5.19)		三菱重工株式会社
			東京都千代田区丸の内三丁目 2 番 3 号
		(74)代理人	100112737
			弁理士 藤田 考晴
		(74)代理人	100136168
			弁理士 川上 美紀
		(74)代理人	100172524
			弁理士 長田 大輔
		(72)発明者	加藤 雅之
			東京都千代田区丸の内三丁目 2 番 3 号
			三菱重工株式会社内
		F ターム (参考)	3K068 AA11 AB23 BB02 BB03
			BB12 BB24 BB25 EA03
			3K091 BB02 BB25 CC06 CC13
			最終頁に続く

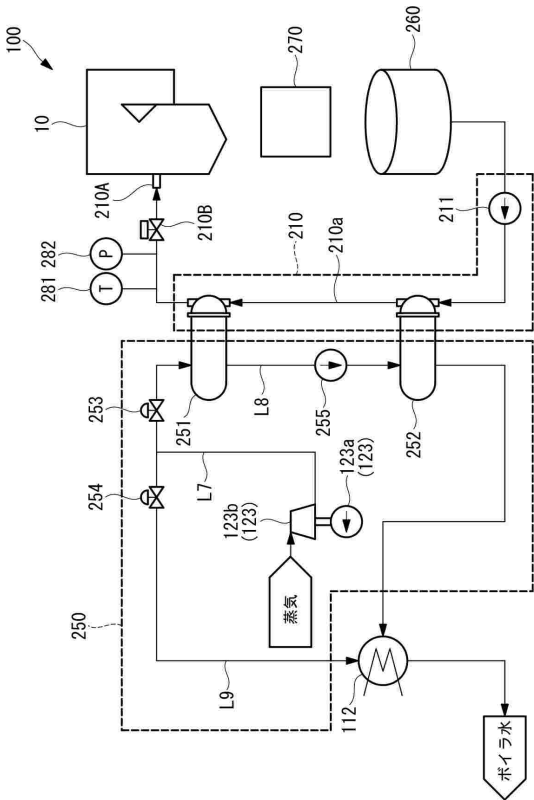
(54)【発明の名称】 ボイラシステムおよびボイラシステムの運転方法

(57)【要約】

【課題】アンモニア燃料の外部への流出や熱効率の低下を発生させずに適切に液体のアンモニア燃料を気化させる。

【解決手段】アンモニア燃料バーナによりアンモニアを含むアンモニア燃料を燃焼させて蒸気を生成するボイラ 1 0 と、アンモニア燃料バーナへアンモニア燃料を供給する第 1 燃料供給系統 2 1 0 と、ボイラ 1 0 で生成した蒸気によって回転駆動される蒸気タービンと、蒸気タービンから抽気される蒸気により駆動されるとともにボイラ 1 0 へボイラ水を供給するボイラ給水ポンプ 1 2 3 を有する給水系統と、ボイラ給水ポンプ 1 2 3 を駆動した蒸気を給水系統へ排出する排出系統 2 5 0 と、排出系統を流通する蒸気との熱交換により第 1 燃料供給系統 2 1 0 を流通する液体のアンモニア燃料を気化させるアンモニア気化器 2 5 1 と、を備えるボイラシステム 1 0 0 を提供する。

【選択図】図 3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

バーナによりアンモニアを含むアンモニア燃料を燃焼させて蒸気を生成するボイラと、
前記バーナへ前記アンモニア燃料を供給するアンモニア燃料供給系統と、
前記ボイラで生成した前記蒸気によって回転駆動される蒸気タービンと、
前記蒸気タービンから抽気される前記蒸気により駆動されるとともに前記ボイラへボイラ水を供給する給水ポンプを有する給水系統と、
前記給水ポンプを駆動した前記蒸気を前記給水系統へ排出する排出系統と、
前記排出系統を流通する前記蒸気との熱交換により前記アンモニア燃料供給系統を流通する液体の前記アンモニア燃料を気化させるアンモニア気化器と、を備えるボイラシステム。 10

【請求項 2】

前記アンモニア気化器を通過した前記蒸気との熱交換により前記アンモニア気化器へ供給される液体の前記アンモニア燃料を予熱するアンモニア予熱器を備える請求項 1 に記載のボイラシステム。

【請求項 3】

前記アンモニア気化器は、前記排出系統を流通する前記蒸気と第 1 熱媒体とを熱交換させる第 1 熱交換部と、前記第 1 熱交換部により加熱された前記第 1 熱媒体との熱交換により前記アンモニア燃料供給系統を流通する液体の前記アンモニア燃料を気化させる気化部と、を有する請求項 1 または請求項 2 に記載のボイラシステム。 20

【請求項 4】

前記アンモニア予熱器は、前記アンモニア気化器を通過した前記蒸気と第 2 熱媒体とを熱交換させる第 2 熱交換部と、前記第 2 熱交換部により加熱された前記第 2 熱媒体との熱交換により前記アンモニア気化器へ供給される液体の前記アンモニア燃料を予熱する予熱部と、を有する請求項 2 に記載のボイラシステム。

【請求項 5】

前記蒸気タービンを回転駆動した前記蒸気を凝縮させて前記給水系統へ供給する復水器と、
前記排出系統は、前記給水ポンプを駆動した前記蒸気の一部を前記アンモニア気化器へ導く第 1 排出ラインと、前記給水ポンプを駆動した前記蒸気の一部を前記復水器へ導く第 2 排出ラインと、を有する請求項 1 または請求項 2 に記載のボイラシステム。 30

【請求項 6】

前記第 1 排出ラインに配置される第 1 調整弁と、
前記第 2 排出ラインに配置される第 2 調整弁と、
前記アンモニア気化器を通過した前記アンモニア燃料の温度または圧力を検出する検出部と、
前記検出部が検出する前記温度または前記圧力が所定の目標値となるように前記第 1 調整弁および前記第 2 調整弁の開度を制御する制御部と、を備える請求項 5 に記載のボイラシステム。 40

【請求項 7】

ボイラシステムの運転方法であって、
前記ボイラシステムは、
バーナによりアンモニアを含むアンモニア燃料を燃焼させて蒸気を生成するボイラと、
前記バーナへ前記アンモニア燃料を供給するアンモニア燃料供給系統と、
前記ボイラで生成した前記蒸気によって回転駆動される蒸気タービンと、
前記蒸気タービンから抽気される前記蒸気により駆動されるとともに前記ボイラへボイラ水を供給する給水ポンプを有する給水系統と、
前記給水ポンプを駆動した前記蒸気を前記給水系統へ排出する排出系統と、を備え、
前記排出系統を流通する前記蒸気と前記アンモニア燃料供給系統を流通する液体とを熱交換させ、前記アンモニア燃料供給系統を流通する液体の前記アンモニア燃料を気化させ 50

るアンモニア気化工程を備えるボイラシステムの運転方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、ボイラシステムおよびボイラシステムの運転方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、脱炭素化に有効な技術として、発電機等を駆動する蒸気を発生させるための燃料としてアンモニア燃料を用いる技術が提案されている（例えば、特許文献1参照）。特許文献1に開示される発電システムは、蒸気タービンから排出される蒸気を海水との熱交換により凝縮させる復水器と、復水器で加熱された海水との熱交換により液体のアンモニア燃料を気化させる気化器とを備える。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2020-148357号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献1では、海水と液体のアンモニア燃料とを熱交換させる気化器に故障が発生した場合、アンモニア燃料が海水に混入して外部へ流出し、環境への影響を与える可能性がある。また、蒸気タービンから排出される蒸気に対して海水の温度が低い場合、アンモニア燃料を気化させるのに十分な温度に海水で加熱することが困難となる可能性がある。この場合、アンモニア燃料を気化させるための熱量の不足を補うため、蒸気タービンで使用される蒸気の一部を抽気してアンモニアの気化に使用すると発電システムの熱効率が低下してしまう。

20

【0005】

本開示は、このような事情に鑑みてなされたものであって、アンモニア燃料の外部への流出や熱効率の低下を発生させずに適切に液体のアンモニア燃料を気化させることが可能なボイラシステムおよびボイラシステムの運転方法を提供することを目的とする。

30

【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、本開示は以下の手段を採用する。

本開示に係るボイラシステムは、バーナによりアンモニアを含むアンモニア燃料を燃焼させて蒸気を生成するボイラと、前記バーナへ前記アンモニア燃料を供給するアンモニア燃料供給系統と、前記ボイラで生成した前記蒸気によって回転駆動される蒸気タービンと、前記蒸気タービンから抽気される前記蒸気により駆動されるとともに前記ボイラへボイラ水を供給する給水ポンプを有する給水系統と、前記給水ポンプを駆動した前記蒸気を前記給水系統へ排出する排出系統と、前記排出系統を流通する前記蒸気との熱交換により前記アンモニア燃料供給系統を流通する液体の前記アンモニア燃料を気化させるアンモニア気化器と、を備える。

40

【0007】

本開示に係るボイラシステムの運転方法において、前記ボイラシステムは、バーナによりアンモニアを含むアンモニア燃料を燃焼させて蒸気を生成するボイラと、前記バーナへ前記アンモニア燃料を供給するアンモニア燃料供給系統と、前記ボイラで生成した前記蒸気によって回転駆動される蒸気タービンと、前記蒸気タービンから抽気される前記蒸気により駆動されるとともに前記ボイラへボイラ水を供給する給水ポンプを有する給水系統と、前記給水ポンプを駆動した前記蒸気を前記給水系統へ排出する排出系統と、を備え、前記排出系統を流通する前記蒸気と前記アンモニア燃料供給系統を流通する液体とを熱交換させ、前記アンモニア燃料供給系統を流通する液体の前記アンモニア燃料を気化させるア

50

ンモニア気化工程を備える。

【発明の効果】

【0008】

本開示によれば、アンモニア燃料の外部への流出や熱効率の低下を発生させずに適切に液体のアンモニア燃料を気化させることが可能なボイラシステムおよびボイラシステムの運転方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本開示の第1実施形態に係るボイラを示す概略構成図である。

【図2】本開示の第1実施形態に係るボイラシステムにおけるボイラ水の循環システムを示す概略構成図である。 10

【図3】本開示の第1実施形態に係るボイラシステムにおける第1燃料供給システムおよび排出システムを示す概略構成図である。

【図4】本開示の第2実施形態に係るボイラシステムにおける第1燃料供給システムおよび排出システムを示す概略構成図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

〔第1実施形態〕

以下に、本開示の第1実施形態に係るボイラシステムについて、図面を参照して説明する。なお、この実施形態により本開示が限定されるものではなく、また、実施形態が複数ある場合には、各実施形態を組み合わせるものも含む。以降の説明で、上や上方とは鉛直方向上側を示し、下や下方とは鉛直方向下側を示すものであり、鉛直方向は厳密ではなく誤差を含む。 20

【0011】

図1は、本開示の第1実施形態に係るボイラ10を示す概略構成図である。本実施形態のボイラ10は、固体燃料を粉碎した微粉燃料およびアンモニアを含むアンモニア燃料をバーナにより燃焼させ、この燃焼により発生した熱を給水や蒸気と熱交換して過熱蒸気を生成することが可能なボイラである。固体燃料としては、バイオマス燃料や石炭などが使用される。

【0012】

ボイラ10は、火炉11と燃焼装置20と燃焼ガス通路12とを有する。火炉11は、四角筒の中空形状をなして鉛直方向に沿って設置されている。火炉11の内壁面を構成する火炉壁11aは、複数の伝熱管と、伝熱管同士を接続するフィンとで構成され、微粉燃料の燃焼により発生した熱を、伝熱管の内部を流通する水や蒸気と熱交換して回収するとともに、火炉壁11aの温度上昇を抑制している。 30

【0013】

燃焼装置20は、火炉11の下部領域に設置されている。本実施形態の燃焼装置20は、火炉壁11aに装着された複数の微粉燃料バーナ（第2バーナ）21A、21B、21C（以下、一括して「微粉燃料バーナ21」と記載する場合がある。）と、アンモニア燃料バーナ（第1バーナ）210Aと、を有する。微粉燃料バーナ21は、火炉11の周方向に沿って均等間隔で配設されたもの（例えば、四角形の火炉11の各コーナ部に設置された4個）を1セットとして、鉛直方向に沿って複数段配置されている（図1に示す例では3段）。アンモニア燃料バーナ210Aは、火炉11の周方向に沿って均等間隔で配設されたもの（例えば、四角形の火炉11の各コーナ部に設置された4個）を1セットとして1段又は複数段配置されている（図1に示す例では1段）。 40

【0014】

なお、図1では、1セットの微粉燃料バーナ21のうちの2個のみを記載し、各セットに符号21A、21B、21Cを付している。火炉11の形状やバーナの段数、一つの段におけるバーナの数、バーナの配置などは、この実施形態に限定されるものではない。

【0015】

微粉燃料バーナ 2 1 A , 2 1 B , 2 1 C は、それぞれ、複数の微粉燃料供給管 2 2 A , 2 2 B , 2 2 C (以下、一括して「微粉燃料供給管 2 2 」と記載する場合がある。) を介して、複数の微粉燃料供給部 3 1 A , 3 1 B , 3 1 C (以下、一括して「微粉燃料供給部 3 1 」と記載する場合がある。) に連結されている。

【 0 0 1 6 】

微粉燃料供給部 3 1 A , 3 1 B , 3 1 C は、例えば、内部に粉碎テーブル (図示略) が駆動回転可能に支持されていて、粉碎テーブルの上方に複数の粉碎ローラ (図示略) が粉碎テーブルの回転に連動回転可能に支持されて構成されている縦型ローラミルである。粉碎ローラと粉碎テーブルが協働して粉碎された固体燃料は、微粉燃料供給部 3 1 A , 3 1 B , 3 1 C に供給される一次空気 (搬送用ガス、酸化性ガス) により、微粉燃料供給部 3 1 A , 3 1 B , 3 1 C が備える分級機 (図示略) に搬送される。

10

【 0 0 1 7 】

分級機では、微粉燃料バーナ 2 1 A , 2 1 B , 2 1 C での燃焼に適した粒径以下の微粉燃料と、該粒径より大きな粗粉燃料とに分級される。微粉燃料は、分級機を通過して、一次空気と共に微粉燃料供給管 2 2 A , 2 2 B , 2 2 C を介して微粉燃料バーナ 2 1 A , 2 1 B , 2 1 C に供給される。分級機を通過しなかった粗粉燃料は、微粉燃料供給部 3 1 A , 3 1 B , 3 1 C の内部で、自重により粉碎テーブル上に落下し、再粉碎される。

【 0 0 1 8 】

第 1 燃料供給系統 (アンモニア燃料供給系統) 2 1 0 は、アンモニアを含むアンモニア燃料をアンモニア燃料バーナ 2 1 0 A に供給する装置である。アンモニア燃料は、燃料供給配管 2 1 0 a を介してアンモニア燃料バーナ 2 1 0 A に供給される。第 1 燃料供給系統 2 1 0 を含むアンモニア燃料の燃料供給については、後述する。

20

【 0 0 1 9 】

本実施形態のボイラシステム 1 0 0 において、ボイラ 1 0 は、アンモニア燃料バーナ 2 1 0 A (第 1 バーナ) によりアンモニア燃料 (第 1 燃料) を燃焼させ、微粉燃料バーナ (第 2 バーナ) 2 1 A , 2 1 B , 2 1 C により微粉燃料 (第 2 燃料) を燃焼させて、蒸気を生成する。なお、アンモニア燃料バーナ (第 1 バーナ) 2 1 0 A と微粉燃料バーナ (第 2 バーナ) 2 1 の数や配置は、図 1 の形態に限定されない。

【 0 0 2 0 】

本実施形態のボイラシステム 1 0 0 において、第 1 燃料供給系統 2 1 0 は、アンモニア燃料バーナ 2 1 0 A へアンモニア燃料を供給する系統である。また、本実施形態のボイラシステム 1 0 0 において、微粉燃料供給部 3 1 A , 3 1 B , 3 1 C および微粉燃料供給管 2 2 A , 2 2 B , 2 2 C は、微粉燃料バーナ 2 1 A , 2 1 B , 2 1 C へ微粉燃料を供給する系統 (第 2 燃料供給系統) である。

30

【 0 0 2 1 】

微粉燃料バーナ 2 1 およびアンモニア燃料バーナ 2 1 0 A の装着位置における火炉 1 1 の炉外側には、風箱 (エアレジスタ) 2 3 が設けられており、この風箱 2 3 には風道 (空気ダクト) 2 4 の一端部が連結されている。風道 2 4 の他端部には、押込通風機 (F D F : Forced Draft Fan) 3 2 が連結されている。押込通風機 3 2 から供給された空気は、風道 2 4 に設置された空気予熱器 4 2 で加熱され (詳細は後述する) 、風箱 2 3 を介して微粉燃料バーナ 2 1 に二次空気 (燃焼用空気、酸化性ガス) として供給され、火炉 1 1 の内部に投入される。

40

【 0 0 2 2 】

燃焼ガス通路 1 2 は、火炉 1 1 の鉛直方向上部に連結されている。燃焼ガス通路 1 2 には、燃焼ガスの熱を回収するための熱交換器として、過熱器 1 0 2 A , 1 0 2 B , 1 0 2 C (以下、一括して「過熱器 1 0 2 」と記載する場合がある。) 、再熱器 1 0 3 A , 1 0 3 B (以下、一括して「再熱器 1 0 3 」と記載する場合がある。) 、節炭器 1 0 4 が設けられており、火炉 1 1 で発生した燃焼ガスと各熱交換器の内部を流通する給水や蒸気との間で熱交換が行われる。なお、各熱交換器の配置や形状は、図 1 に記載した形態に限定されない。

50

【 0 0 2 3 】

燃焼ガス通路 1 2 の下流側には、熱交換器で熱回収された燃焼ガスが排出される煙道 1 3 が連結されている。煙道 1 3 には、風道 2 4 との間に空気予熱器（エアヒータ）4 2 が設けられており、風道 2 4 を流れる空気と、煙道 1 3 を流れる燃焼ガスとの間で熱交換を行い、微粉燃料供給部 3 1 A , 3 1 B , 3 1 C に供給する一次空気や微粉燃料バーナ 2 1 及びアンモニア燃料バーナ 2 1 0 A に供給する二次空気を加熱することで、水や蒸気との熱交換後の燃焼ガスから、さらに熱回収を行う。

【 0 0 2 4 】

煙道 1 3 には、空気予熱器 4 2 よりも上流側の位置に、脱硝装置 4 3 が設けられていてもよい。脱硝装置 4 3 は、アンモニア、尿素水等の窒素酸化物を還元する作用を有する還元剤を、煙道 1 3 内を流通する燃焼ガスに供給し、還元剤が供給された燃焼ガス中の窒素酸化物（ NO_x ）と還元剤との反応を、脱硝装置 4 3 内に設置された脱硝触媒の触媒作用により促進させることで、燃焼ガス中の窒素酸化物を除去、低減するものである。

【 0 0 2 5 】

煙道 1 3 の空気予熱器 4 2 より下流側には、ガスダクト 4 1 が連結されている。ガスダクト 4 1 には、燃焼ガス中の灰などを除去する電気集じん機などの集じん装置 4 4 や硫黄酸化物を除去する脱硫装置 4 6 などの環境装置、また、それらの環境装置に排ガスを導くための誘引通風機（IDF：Induced Draft Fan）4 5 が設けられている。ガスダクト 4 1 の下流端部は、煙突 4 7 に連結されており、環境装置で処理された燃焼ガスが、排ガスとして系外に排出される。

【 0 0 2 6 】

ボイラ 1 0 において、微粉燃料供給部 3 1 A , 3 1 B , 3 1 C が駆動すると、微粉燃料が、一次空気とともに微粉燃料供給管 2 2 A , 2 2 B , 2 2 C を介して微粉燃料バーナ 2 1 A , 2 1 B , 2 1 C に供給される。また、空気予熱器 4 2 で加熱された二次空気が、風道 2 4 から風箱 2 3 を介して微粉燃料バーナ 2 1 に供給される。微粉燃料バーナ 2 1 A , 2 1 B , 2 1 C は、燃料と一次空気とが混合した微粉燃料混合気を火炉 1 1 に吹き込むと共に、二次空気を火炉 1 1 に吹き込む。

【 0 0 2 7 】

また、ボイラ 1 0 において、アンモニア燃料を使用する場合は、第 1 燃料供給系統 2 1 0 から燃料供給配管 2 1 0 a を介してアンモニア燃料バーナ 2 1 0 A にアンモニア燃料が供給される。また、空気予熱器 4 2 で加熱された二次空気が、風道 2 4 から風箱 2 3 を介してアンモニア燃料バーナ 2 1 0 A に供給される。アンモニア燃料バーナ 2 1 0 A は、アンモニア燃料を火炉 1 1 に吹き込むと共に、二次空気を火炉 1 1 に吹き込む。

【 0 0 2 8 】

火炉 1 1 に吹き込まれた微粉燃料混合気及びアンモニア燃料が着火し、二次空気と反応することで火炎を形成する。火炉 1 1 内の下部領域で火炎が形成され、高温の燃焼ガスが火炉 1 1 内を上昇し、燃焼ガス通路 1 2 に流入する。なお、本実施形態では、酸化性ガス（一次空気、二次空気）として空気をを用いるが、空気よりも酸素割合が多いものや逆に少ないものであってもよく、供給される燃料量に対する酸素量の比率を適正な範囲に調整することで、火炉 1 1 において安定した燃焼が実現される。

【 0 0 2 9 】

燃焼ガス通路 1 2 に流入した燃焼ガスは、燃焼ガス通路 1 2 の内部に配置された過熱器 1 0 2、再熱器 1 0 3、節炭器 1 0 4 で水や蒸気と熱交換した後、煙道 1 3 に排出され、脱硝装置 4 3 で窒素酸化物が除去され、空気予熱器 4 2 で一次空気及び二次空気と熱交換した後、さらにガスダクト 4 1 に排出され、集じん装置 4 4 で灰などが除去され、脱硫装置 4 6 で硫黄酸化物が除去された後、煙突 4 7 から系外に排出される。なお、燃焼ガス通路 1 2 における各熱交換器及び煙道 1 3 からガスダクト 4 1 における各装置の配置は、燃焼ガス流れに対して、必ずしも上述の記載順に配置されなくともよい。

【 0 0 3 0 】

次に、ボイラ 1 0 を含むボイラシステム 1 0 0 において、ボイラ水をボイラ 1 0 に供給

10

20

30

40

50

し、ボイラ水から蒸気を生成して蒸気タービン 1 1 1 へ供給する構成について説明する。図 2 は、本開示の第 1 実施形態に係るボイラシステム 1 0 0 におけるボイラ水の循環系統を示す概略構成図である。なお、図 2 では燃焼ガス通路 1 2 内の各熱交換器（過熱器 1 0 2 A, 1 0 2 B, 1 0 2 C, 再熱器 1 0 3 A, 1 0 3 B, 節炭器 1 0 4）の位置を正確に示しているものではなく、各熱交換器の燃焼ガス流れに対する配置順も図 2 に限定されるものではない。

【0031】

図 2 に示すように、本実施形態のボイラシステム 1 0 0 は、ボイラ 1 0 に設けられた熱交換器と、ボイラ 1 0 で生成した蒸気によって回転駆動される蒸気タービン 1 1 1 と、蒸気タービン 1 1 1 に連結され蒸気タービン 1 1 1 の回転力によって発電を行う発電機 1 1 3 とを備える。

10

【0032】

蒸気タービン 1 1 1 は、例えば、高圧タービン 1 1 1 A と中圧タービン 1 1 1 B と低圧タービン 1 1 1 C から構成される。ボイラ 1 0 の過熱器 1 0 2 で加熱された蒸気が高圧タービン 1 1 1 A を回転駆動した後、ボイラ 1 0 の再熱器 1 0 3 で再過熱され、中圧タービン 1 1 1 B、及び低圧タービン 1 1 1 C を回転駆動する。低圧タービン 1 1 1 C には、復水器 1 1 2 が連結されており、低圧タービン 1 1 1 C を回転駆動した蒸気が、この復水器 1 1 2 で冷却水（例えば、海水や河川水など）との熱交換によって凝縮されて復水となる。

【0033】

20

復水器 1 1 2 は、給水ライン L 1 を介して節炭器 1 0 4 に連結されている。給水ライン L 1 には、例えば、復水ポンプ 1 2 1、低圧給水ヒータ 1 2 2、ボイラ給水ポンプ 1 2 3、高圧給水ヒータ 1 2 4 が設けられている。低圧給水ヒータ 1 2 2 と高圧給水ヒータ 1 2 4 には、蒸気タービン 1 1 1 を駆動する蒸気の一部が抽気されて、抽気ライン（図示略）を介して熱源として供給され、節炭器 1 0 4 へ供給される給水が加熱される。

【0034】

ボイラシステム 1 0 0 は、給水ライン L 1 と、復水ポンプ 1 2 1 と、低圧給水ヒータ 1 2 2 と、ボイラ給水ポンプ 1 2 3 とで、ボイラ 1 0 へボイラ水を供給する給水系統 2 4 0 を構成する。図 2 に示すように、ボイラ給水ポンプ 1 2 3 は、ボイラ 1 0 へボイラ水を供給するポンプ部 1 2 3 a とポンプ部 1 2 3 a を駆動するタービン部 1 2 3 b とを有する。タービン部 1 2 3 b は、中圧タービン 1 1 1 B の出口から抽気ライン L 6 を介して供給される蒸気により回転駆動する。ポンプ部 1 2 3 a は、タービン部 1 2 3 b から伝達される動力により動作し、給水ライン L 1 を流通するボイラ水を給送する。

30

【0035】

抽気ライン L 6 には、制御弁 1 2 7 が配置されている。制御弁 1 2 7 は、中圧タービン 1 1 1 B の出口から抽気ライン L 6 を介してボイラ給水ポンプ 1 2 3 のタービン部 1 2 3 b へ抽気される蒸気の流量を調整する。

【0036】

例えば、ボイラ 1 0 が貫流ボイラの場合について説明する。節炭器 1 0 4 は、火炉壁 1 1 a を構成する伝熱管に連結されている。節炭器 1 0 4 で加熱された給水は、火炉壁 1 1 a を構成する伝熱管を通過する際に、火炉 1 1 内の火炎から輻射を受けて加熱され、汽水分離器 1 2 5 へと導かれる。汽水分離器 1 2 5 にて分離された蒸気は、過熱器 1 0 2 へと供給され、汽水分離器 1 2 5 にて分離されたドレン水は、汽水分離器ドレンタンク 1 2 6 へ流入し、ドレン水ライン L 2 を介して復水器 1 1 2 へと導かれる。

40

【0037】

燃焼ガスが燃焼ガス通路 1 2 を流れるとき、この燃焼ガスは、過熱器 1 0 2、再熱器 1 0 3、節炭器 1 0 4 で熱回収される。一方、ボイラ給水ポンプ 1 2 3 から供給された給水は、節炭器 1 0 4 で予熱された後、火炉壁 1 1 a を構成する伝熱管を通過する際に加熱されて蒸気となり、汽水分離器 1 2 5 に導かれる。汽水分離器 1 2 5 で分離された蒸気は、過熱器 1 0 2 A、過熱器 1 0 2 B、過熱器 1 0 2 C に導入され、燃焼ガスによって過熱さ

50

れる。

【 0 0 3 8 】

過熱器 1 0 2 で生成された過熱蒸気は、蒸気ライン L 3 を介して高圧タービン 1 1 1 A に供給され、高圧タービン 1 1 1 A を回転駆動する。高圧タービン 1 1 1 A から排出された蒸気は、蒸気ライン L 4 を介して、再熱器 1 0 3 A、再熱器 1 0 3 B に導入されて再度過熱される。再過熱された蒸気は、蒸気ライン L 5 を介して、中圧タービン 1 1 1 B を経て低圧タービン 1 1 1 C に供給され、中圧タービン 1 1 1 B および低圧タービン 1 1 1 C を回転駆動する。蒸気タービン 1 1 1 の回転軸が発電機 1 1 3 を回転駆動することにより、発電が行われる。低圧タービン 1 1 1 C から排出された蒸気は、復水器 1 1 2 で冷却されることで復水となり、給水ライン L 1 を介して、再び、節炭器 1 0 4 に送られる。

10

【 0 0 3 9 】

次に、ボイラ給水ポンプ 1 2 3 を駆動した蒸気の熱を利用して液体のアンモニア燃料を気化させてアンモニア燃料バーナ 2 1 0 A に供給する構成について図 2 および図 3 を参照して説明する。図 3 は、本開示の第 1 実施形態に係るボイラシステム 1 0 0 における第 1 燃料供給系統 2 1 0 および排出系統 2 5 0 を示す概略構成図である。

【 0 0 4 0 】

図 2 および図 3 に示すように、ボイラシステム 1 0 0 は、排出ライン L 7 と、排出ライン L 7 から分岐した排出ライン（第 1 排出ライン）L 8 および排出ライン（第 2 排出ライン）L 9 により、ボイラ給水ポンプ 1 2 3 を駆動した蒸気を給水系統 2 4 0 へ排出する排出系統 2 5 0 を構成する。排出系統 2 5 0 の排出ライン L 8 には、アンモニア気化器 2 5 1 と、アンモニア予熱器 2 5 2 とが配置されている。排出ライン L 8 には第 1 調整弁 2 5 3 が配置され、排出ライン L 9 には第 2 調整弁 2 5 4 が配置される。

20

【 0 0 4 1 】

排出ライン L 8 は、ボイラ給水ポンプ 1 2 3 を駆動した蒸気の一部をアンモニア気化器 2 5 1 およびアンモニア予熱器 2 5 2 を経由して復水器 1 1 2 へ導く配管である。排出ライン L 9 は、ボイラ給水ポンプ 1 2 3 を駆動した蒸気の一部をアンモニア気化器 2 5 1 およびアンモニア予熱器 2 5 2 を経由せずに復水器 1 1 2 へ直接的に導く配管である。排出ライン L 7 から排出ライン L 8 へ導かれる蒸気の供給量と、排出ライン L 7 から排出ライン L 9 へ導かれる蒸気の供給量との比率は、第 1 調整弁 2 5 3 および第 2 調整弁 2 5 4 の開度により調整される。

30

【 0 0 4 2 】

アンモニア気化器 2 5 1 は、例えば、シェルアンドチューブ式の熱交換器である。アンモニア気化器 2 5 1 には、ボイラ給水ポンプ 1 2 3 を駆動した蒸気が排出ライン L 7 および排出ライン L 8 を介して供給される。アンモニア気化器 2 5 1 に導入される蒸気の温度は、例えば、40 以上かつ 80 以下の範囲の温度である。

【 0 0 4 3 】

アンモニアタンク 2 6 0 に貯留された液体のアンモニア燃料は、給送ポンプ 2 1 1 により給送され、燃料供給配管 2 1 0 a を流通する。燃料供給配管 2 1 0 a を流通する液体のアンモニア燃料は、アンモニア気化器 2 5 1 に導かれる。アンモニア気化器 2 5 1 は、排出ライン L 8 を流通する蒸気との熱交換により第 1 燃料供給系統 2 1 0 を流通する液体のアンモニア燃料を気化させる。

40

【 0 0 4 4 】

アンモニア気化器 2 5 1 で気化されたアンモニア燃料は、アンモニア燃料バーナ 2 1 0 A に供給される。第 1 燃料供給系統 2 1 0 からアンモニア燃料バーナ 2 1 0 A へアンモニア燃料を供給する供給状態と、第 1 燃料供給系統 2 1 0 からアンモニア燃料バーナ 2 1 0 A へアンモニア燃料を供給しない遮断状態とは、バーナ弁 2 1 0 B により切り替えられる。

【 0 0 4 5 】

アンモニア予熱器 2 5 2 は、例えば、シェルアンドチューブ式の熱交換器である。アンモニア予熱器 2 5 2 には、アンモニア気化器 2 5 1 を通過した蒸気が排出ライン L 8 を介

50

して供給される。排出ライン L 8 には、アンモニア気化器 2 5 1 を通過した蒸気をアンモニア予熱器 2 5 2 へ給送する給送ポンプ 2 5 5 が配置されている。燃料供給配管 2 1 0 a を流通する液体のアンモニア燃料は、アンモニア予熱器 2 5 2 に導かれる。アンモニア予熱器 2 5 2 は、アンモニア気化器 2 5 1 を通過した蒸気との熱交換により第 1 燃料供給系統 2 1 0 を流通する液体のアンモニア燃料を予熱する。

【 0 0 4 6 】

アンモニア気化器 2 5 1 およびアンモニア予熱器 2 5 2 が配置される燃料供給配管 2 1 0 a において、アンモニア気化器 2 5 1 とバーナ弁 2 1 0 B との間には、温度センサ（検出部）2 8 1 および圧力センサ（検出部）2 8 2 が配置されている。温度センサ 2 8 1 は、アンモニア気化器 2 5 1 を通過したアンモニア燃料の温度を検出するセンサである。圧力センサ 2 8 2 は、アンモニア気化器 2 5 1 を通過したアンモニア燃料の圧力を検出するセンサである。

10

【 0 0 4 7 】

図 3 に示すように、本実施形態のボイラシステム 1 0 0 は、第 1 調整弁 2 5 3 および第 2 調整弁 2 5 4 を含むボイラシステム 1 0 0 の各部を制御する制御部 2 7 0 を備える。温度センサ 2 8 1 が検出するアンモニア燃料の温度および圧力センサ 2 8 2 が検出するアンモニア燃料の圧力は、制御部 2 7 0 に伝達される。

【 0 0 4 8 】

制御部 2 7 0 は、温度センサ 2 8 1 が検出したアンモニア燃料の温度が所定の目標温度範囲（目標値）となり、かつ圧力センサ 2 8 2 が検出する圧力が所定の目標圧力範囲（目標値）となるように第 1 調整弁 2 5 3 および第 2 調整弁 2 5 4 の開度を制御する。

20

【 0 0 4 9 】

制御部 2 7 0 は、温度センサ 2 8 1 が検出したアンモニア燃料の温度が所定の目標温度範囲を下回る場合、アンモニア気化器 2 5 1 およびアンモニア予熱器 2 5 2 に供給される蒸気の流量が多くなるように、第 2 調整弁 2 5 4 の開度に対する第 1 調整弁 2 5 3 の開度の比率を増加させる。また、制御部 2 7 0 は、温度センサ 2 8 1 が検出したアンモニア燃料の温度が所定の目標温度範囲を上回る場合、アンモニア気化器 2 5 1 およびアンモニア予熱器 2 5 2 に供給される蒸気の流量が少なくなるように、第 2 調整弁 2 5 4 の開度に対する第 1 調整弁 2 5 3 の開度の比率を減少させる。

【 0 0 5 0 】

制御部 2 7 0 は、圧力センサ 2 8 2 が検出したアンモニア燃料の圧力が所定の目標圧力範囲を下回る場合、アンモニア気化器 2 5 1 およびアンモニア予熱器 2 5 2 に供給される蒸気の流量が多くなるように、第 2 調整弁 2 5 4 の開度に対する第 1 調整弁 2 5 3 の開度の比率を増加させる。また、制御部 2 7 0 は、圧力センサ 2 8 2 が検出したアンモニア燃料の圧力が所定の目標圧力範囲を上回る場合、アンモニア気化器 2 5 1 およびアンモニア予熱器 2 5 2 に供給される蒸気の流量が少なくなるように、第 2 調整弁 2 5 4 の開度に対する第 1 調整弁 2 5 3 の開度の比率を減少させる。

30

【 0 0 5 1 】

以上において、制御部 2 7 0 は、温度センサ 2 8 1 が検出したアンモニア燃料の温度が所定の目標温度範囲（目標値）となり、かつ圧力センサ 2 8 2 が検出する圧力が所定の目標圧力範囲（目標値）となるように第 1 調整弁 2 5 3 および第 2 調整弁 2 5 4 の開度を制御するものとしたが、他の態様であってもよい。例えば、制御部 2 7 0 は、温度センサ 2 8 1 が検出したアンモニア燃料の温度が所定の目標温度範囲（目標値）となるか、または圧力センサ 2 8 2 が検出する圧力が所定の目標圧力範囲（目標値）となるように第 1 調整弁 2 5 3 および第 2 調整弁 2 5 4 の開度を制御してもよい。

40

【 0 0 5 2 】

本実施形態のボイラシステム 1 0 0 は、温度センサ 2 8 1 および圧力センサ 2 8 2 を備えるものとしたが、温度センサ 2 8 1 または圧力センサ 2 8 2 のいずれか一方のみを備えるものであってもよい。ボイラシステム 1 0 0 が温度センサ 2 8 1 のみを備える場合、制御部 2 7 0 は、温度センサ 2 8 1 が検出したアンモニア燃料の温度が所定の目標温度範囲

50

(目標値)となるように第1調整弁253および第2調整弁254の開度を制御する。ボイラシステム100が圧力センサ282のみを備える場合、制御部270は、圧力センサ282が検出したアンモニア燃料の圧力が所定の目標圧力範囲(目標値)となるように第1調整弁253および第2調整弁254の開度を制御する。

【0053】

以上で説明した本実施形態のボイラシステム100が奏する作用および効果について説明する。

本実施形態のボイラシステム100によれば、ボイラ10で生成した蒸気によって回転駆動される蒸気タービン111から抽気される蒸気により、ボイラ10へボイラ水を供給するボイラ給水ポンプ123が駆動される。ボイラ給水ポンプ123を駆動した蒸気は、排出系統250により復水器112へ排出される。アンモニア気化器251は、排出系統250を流通する蒸気との熱交換により第1燃料供給系統210を流通する液体のアンモニア燃料を気化させる。アンモニア気化器251で気化したアンモニア燃料は、第1燃料供給系統210により、アンモニア燃料を燃焼させて蒸気を生成するアンモニア燃料バーナ210Aへ導かれる。

【0054】

本実施形態のボイラシステム100によれば、アンモニア燃料を気化させる熱源となる蒸気は、蒸気タービン111から抽気され、ボイラ給水ポンプ123(タービン部123b)に供給され、排出系統250から復水器112へ回収され、給水系統240により再度ボイラ10に供給される。アンモニア燃料を気化させる熱源となる蒸気がボイラシステム100内で循環するため、アンモニア燃料がアンモニア気化器251で蒸気に混入したとしても、アンモニア燃料が外部へ流出することがない。

【0055】

また、アンモニア燃料を気化させる熱源となる蒸気は、ボイラ給水ポンプ123を駆動する動力として用いられた後の蒸気である。そのため、アンモニア燃料を気化させる熱源としての蒸気を蒸気タービン111から直接的に抽気する場合に比べ、ボイラシステム100の熱効率の低下を発生させずに適切に液体のアンモニア燃料を気化させることができる。

【0056】

本実施形態のボイラシステム100によれば、アンモニア気化器251を通過した蒸気の熱を利用してアンモニア気化器251へ供給される液体のアンモニア燃料を予熱することができるため、ボイラシステム100の熱効率を更に向上させることができる。

【0057】

本実施形態のボイラシステム100によれば、ボイラ給水ポンプ123を駆動した蒸気の一部をアンモニア気化器251へ導いて液体のアンモニア燃料を気化する熱源として利用することができる。また、ボイラ給水ポンプ123を駆動した蒸気の一部を復水器112へ導いて、アンモニア燃料を気化する熱源として用いない蒸気を適切に復水器112を介して給水系統240に導くことができる。

【0058】

本実施形態のボイラシステム100によれば、温度センサ281または圧力センサ282が検出する温度または圧力が所定の目標値となるように第1調整弁253および第2調整弁254の開度が制御部270により制御される。そのため、液体のアンモニア燃料を適切に気化させるために必要な流量の蒸気を排出ラインL8からアンモニア気化器251へ導き、その他の蒸気を排出ラインL9から復水器112へ導くことができる。

【0059】

〔第2実施形態〕

以下に、本開示の第2実施形態に係るボイラシステム100Aについて、図面を参照して説明する。本実施形態は、第1実施形態の変形例であり、以下で特に説明する場合を除き、第1実施形態と同様であるものとし、以下での説明を省略する。

【0060】

10

20

30

40

50

第 1 実施形態のボイラシステム 100 は、単一の熱交換器であるアンモニア気化器 251 においてボイラ給水ポンプ 123 を駆動した蒸気と液体のアンモニア燃料との熱交換を行い、単一の熱交換器であるアンモニア予熱器 252 においてアンモニア気化器 251 を通過した蒸気と液体のアンモニア燃料との熱交換を行うものであった。それに対して、本実施形態のボイラシステム 100 A は、複数の熱交換器からなるアンモニア気化器 251 A においてボイラ給水ポンプ 123 を駆動した蒸気と液体のアンモニア燃料との熱交換を行い、複数の熱交換器からなるアンモニア予熱器 252 A においてアンモニア気化器 251 A を通過した蒸気と液体のアンモニア燃料との熱交換を行うものである。

【0061】

図 4 は、本開示の第 2 実施形態に係るボイラシステム 100 A における第 1 燃料供給系 10 統 210 および排出系統 250 を示す概略構成図である。図 4 に示すように、アンモニア気化器 251 A は、第 1 熱交換部 251 A a と、気化部 251 A b とを有する。アンモニア予熱器 252 A は、第 2 熱交換部 252 A a と、予熱部 252 A b とを有する。

【0062】

第 1 熱交換部 251 A a は、例えば、シェルアンドチューブ式の熱交換器である。第 1 熱交換部 251 A a には、ボイラ給水ポンプ 123 を駆動した蒸気が排出ライン L7 および排出ライン L8 を介して供給される。第 1 熱交換部 251 A a に導入される蒸気の温度は、例えば、40 以上かつ 80 以下の範囲の温度である。第 1 熱交換部 251 A a には、循環ポンプ 251 A c により循環ライン L10 を循環する第 1 熱媒体（例えば、水）が供給される。第 1 熱交換部 251 A a は、排出系統 250 を流通する蒸気と第 1 熱媒体 20 とを熱交換させる。

【0063】

気化部 251 A b は、例えば、シェルアンドチューブ式の熱交換器である。気化部 251 A b には、循環ライン L10 を循環する第 1 熱媒体が供給される。燃料供給配管 210 a を流通する液体のアンモニア燃料は、気化部 251 A b に導かれる。気化部 251 A b は、第 1 熱交換部 251 A a により加熱された第 1 熱媒体との熱交換により第 1 燃料供給系統 210 を流通する液体のアンモニア燃料を気化させる。

【0064】

第 2 熱交換部 252 A a は、例えば、シェルアンドチューブ式の熱交換器である。第 2 熱交換部 252 A a には、第 1 熱交換部 251 A a を通過した蒸気が排出ライン L8 を介 30 して供給される。第 2 熱交換部 252 A a には、循環ポンプ 252 A c により循環ライン L11 を循環する第 2 熱媒体（例えば、水）が供給される。第 2 熱交換部 252 A a は、排出系統 250 を流通する蒸気と第 2 熱媒体とを熱交換させる。

【0065】

予熱部 252 A b は、例えば、シェルアンドチューブ式の熱交換器である。予熱部 252 A b には、循環ライン L11 を循環する第 2 熱媒体が供給される。燃料供給配管 210 a を流通する液体のアンモニア燃料は、予熱部 252 A b に導かれる。予熱部 252 A b は、第 2 熱交換部 252 A a により加熱された第 2 熱媒体との熱交換により第 1 燃料供給系統 210 を流通する液体のアンモニア燃料を予熱する。

【0066】

本実施形態のボイラシステム 100 A によれば、第 1 熱交換部 251 A a において排出系統 250 を流通する蒸気により第 1 熱媒体が加熱され、気化部 251 A b において第 1 熱媒体により液体のアンモニア燃料が加熱される。排出系統 250 を流通する蒸気と液体のアンモニア燃料との熱交換は、第 1 熱媒体を介して間接的に行われる。そのため、アンモニア燃料が気化部 251 A b において第 1 熱媒体に混入したとしても、第 1 熱媒体に混入したアンモニア燃料が更に排出系統 250 を流通する蒸気に混入することがない。よって、アンモニア燃料が外部へ流出することを確実に防止することができる。

【0067】

また、本実施形態のボイラシステム 100 A によれば、第 2 熱交換部 252 A a において排出系統 250 を流通する蒸気により第 2 熱媒体が加熱され、予熱部 252 A b におい 50

10

20

30

40

50

て第 2 熱媒体により液体のアンモニア燃料が加熱される。第 2 熱交換部 252Aa を通過した蒸気と液体のアンモニア燃料との熱交換は、第 2 熱媒体を介して間接的に行われる。そのため、アンモニア燃料が予熱部 252Ab において第 2 熱媒体に混入したとしても、第 2 熱媒体に混入したアンモニア燃料が更に排出系統 250 を流通する蒸気に混入することがない。よって、アンモニア燃料が外部へ流出することを確実に防止することができる。

【0068】

以上説明した各実施形態に記載のボイラシステムおよびボイラシステムの運転方法は例えば以下のように把握される。

本開示の第 1 態様に係るボイラシステム (100) は、バーナ (210A) によりアンモニアを含むアンモニア燃料を燃焼させて蒸気を生成するボイラ (10) と、前記バーナへ前記アンモニア燃料を供給するアンモニア燃料供給系統 (210) と、前記ボイラで生成した前記蒸気によって回転駆動される蒸気タービン (111) と、前記蒸気タービンから抽気される前記蒸気により駆動されるとともに前記ボイラへボイラ水を供給する給水ポンプ (123) を有する給水系統 (240) と、前記給水ポンプを駆動した前記蒸気を排出する排出系統 (250) と、前記排出系統を流通する前記蒸気との熱交換により前記アンモニア燃料供給系統を流通する液体の前記アンモニア燃料を気化させるアンモニア気化器 (251) と、を備える。

【0069】

本開示の第 1 態様に係るボイラシステムによれば、ボイラで生成した蒸気によって回転駆動される蒸気タービンから抽気される蒸気により、ボイラへボイラ水を供給する給水ポンプが駆動される。給水ポンプを駆動した蒸気は、排出系統により給水系統へ排出される。アンモニア気化器は、排出系統を流通する蒸気との熱交換によりアンモニア燃料供給系統を流通する液体のアンモニア燃料を気化させる。アンモニア気化器で気化したアンモニア燃料は、アンモニア燃料供給系統により、アンモニア燃料を燃焼させて蒸気を生成するバーナへ導かれる。

【0070】

本開示の第 1 態様に係るボイラシステムによれば、アンモニア燃料を気化させる熱源となる蒸気は、蒸気タービンから給水ポンプに抽気され、排出系統から給水系統へ排出される。アンモニア燃料を気化させる熱源となる蒸気がボイラシステム内で循環するため、アンモニア燃料がアンモニア気化器で蒸気に混入したとしても、アンモニア燃料が外部へ流出することがない。また、アンモニア燃料を気化させる熱源となる蒸気は、給水ポンプを駆動する動力として用いられた後の蒸気である。そのため、アンモニア燃料を気化させる熱源としての蒸気を蒸気タービンから直接的に抽気する場合に比べ、ボイラシステムの熱効率の低下を発生させずに適切に液体のアンモニア燃料を気化させることができる。

【0071】

本開示の第 2 態様に係るボイラシステムは、第 1 態様において、更に以下の構成を備える。すなわち、前記アンモニア気化器を通過した前記蒸気との熱交換により前記アンモニア気化器へ供給される液体の前記アンモニア燃料を予熱するアンモニア予熱器 (252) を備える。

【0072】

本開示の第 2 態様に係るボイラシステムによれば、アンモニア気化器を通過した蒸気の熱を利用してアンモニア気化器へ供給される液体のアンモニア燃料を予熱することができるため、ボイラシステムの熱効率を更に向上させることができる。

【0073】

本開示の第 3 態様に係るボイラシステムは、第 1 態様または第 2 態様において、更に以下の構成を備える。すなわち、前記アンモニア気化器は、前記排出系統を流通する前記蒸気と第 1 熱媒体とを熱交換させる第 1 熱交換部 (251Aa) と、前記第 1 熱交換部により加熱された前記第 1 熱媒体との熱交換により前記アンモニア燃料供給系統を流通する液体の前記アンモニア燃料を気化させる気化部 (251Ab) と、を有する。

【 0 0 7 4 】

本開示の第 3 態様に係るボイラシステムによれば、第 1 熱交換部において排出系統を流通する蒸気により第 1 熱媒体が加熱され、気化部において第 1 熱媒体により液体のアンモニア燃料が加熱される。排出系統を流通する蒸気と液体のアンモニア燃料との熱交換は、第 1 熱媒体を介して間接的に行われる。そのため、アンモニア燃料が気化部において第 1 熱媒体に混入したとしても、第 1 熱媒体に混入したアンモニア燃料が更に排出系統を流通する蒸気に混入することがない。よって、アンモニア燃料が外部へ流出することを確実に防止することができる。

【 0 0 7 5 】

本開示の第 4 態様に係るボイラシステムは、第 2 態様において、更に以下の構成を備える。すなわち、前記アンモニア予熱器は、前記アンモニア気化器を通過した前記蒸気と第 2 熱媒体とを熱交換させる第 2 熱交換部（ 2 5 1 B a ）と、前記第 2 熱交換部により加熱された前記第 2 熱媒体との熱交換により前記アンモニア気化器へ供給される液体の前記アンモニア燃料を予熱する予熱部（ 2 5 1 B b ）と、を有する。

10

【 0 0 7 6 】

本開示の第 4 態様に係るボイラシステムによれば、第 2 熱交換部において排出系統を流通する蒸気により第 2 熱媒体が加熱され、予熱部において第 2 熱媒体により液体のアンモニア燃料が加熱される。第 2 熱交換部を通過した蒸気と液体のアンモニア燃料との熱交換は、第 2 熱媒体を介して間接的に行われる。そのため、アンモニア燃料が予熱部において第 2 熱媒体に混入したとしても、第 2 熱媒体に混入したアンモニア燃料が更に排出系統を流通する蒸気に混入することがない。よって、アンモニア燃料が外部へ流出することを確実に防止することができる。

20

【 0 0 7 7 】

本開示の第 5 態様に係るボイラシステムは、第 1 態様または第 2 態様において、更に以下の構成を備える。すなわち、前記蒸気タービンを回転駆動した前記蒸気を凝縮させて前記給水系統へ供給する復水器（ 1 1 2 ）と、前記排出系統は、前記給水ポンプを駆動した前記蒸気の一部を前記アンモニア気化器へ導く第 1 排出ライン（ L 8 ）と、前記給水ポンプを駆動した前記蒸気の一部を前記復水器へ導く第 2 排出ライン（ L 9 ）と、を有する。

【 0 0 7 8 】

本開示の第 5 態様に係るボイラシステムによれば、給水ポンプを駆動した蒸気の一部をアンモニア気化器へ導いて液体のアンモニア燃料を気化する熱源として利用することができる。また、給水ポンプを駆動した蒸気の一部を復水器へ導いて、アンモニア燃料を気化する熱源として用いない蒸気を適切に復水器を介して給水系統に導くことができる。

30

【 0 0 7 9 】

本開示の第 6 態様に係るボイラシステムは、第 5 態様において、更に以下の構成を備える。すなわち、前記第 1 排出ラインに配置される第 1 調整弁（ 2 5 3 ）と、前記第 2 排出ラインに配置される第 2 調整弁（ 2 5 4 ）と、前記アンモニア気化器を通過した前記アンモニア燃料の温度または圧力を検出する検出部（ 2 8 1 , 2 8 2 ）と、前記検出部が検出する前記温度または前記圧力が所定の目標値となるように前記第 1 調整弁および前記第 2 調整弁の開度を制御する制御部（ 2 7 0 ）と、を備える。

40

【 0 0 8 0 】

本開示の第 6 態様に係るボイラシステムによれば、検出部が検出する温度または圧力が所定の目標値となるように第 1 調整弁および第 2 調整弁の開度が制御部により制御される。そのため、液体のアンモニア燃料を適切に気化させるために必要な流量の蒸気を第 1 排出ラインからアンモニア気化器へ導き、その他の蒸気を第 2 排出ラインから復水器へ導くことができる。

【 0 0 8 1 】

本開示の第 7 態様に係るボイラシステムの運転方法において、前記ボイラシステムは、バーナ（ 2 1 0 A ）によりアンモニアを含むアンモニア燃料を燃焼させて蒸気を生成する

50

ボイラ（１０）と、前記バーナへ前記アンモニア燃料を供給するアンモニア燃料供給系統（２１０）と、前記ボイラで生成した前記蒸気によって回転駆動される蒸気タービン（１１１）と、前記蒸気タービンから抽気される前記蒸気により駆動されるとともに前記ボイラへボイラ水を供給する給水ポンプ（１２３）を有する給水系統（２４０）と、前記給水ポンプを駆動した前記蒸気を前記給水系統へ排出する排出系統（２５０）と、を備え、前記排出系統を流通する前記蒸気と前記アンモニア燃料供給系統を流通する液体とを熱交換させ、前記アンモニア燃料供給系統を流通する液体の前記アンモニア燃料を気化させるアンモニア気化工程を備える。

【００８２】

本開示の第７態様に係るボイラシステムの運転方法によれば、アンモニア燃料を気化させる熱源となる蒸気は、蒸気タービンから給水ポンプに抽気され、排出系統から復水器へ排出される。アンモニア燃料を気化させる熱源となる蒸気がボイラシステム内で循環するため、アンモニア燃料がアンモニア気化器で蒸気に混入したとしても、アンモニア燃料が外部へ流出することがない。また、アンモニア燃料を気化させる熱源となる蒸気は、給水ポンプを駆動する動力として用いられた後の蒸気である。そのため、アンモニア燃料を気化させる熱源としての蒸気を蒸気タービンから直接的に抽気する場合に比べ、ボイラシステムの熱効率の低下を発生させずに適切に液体のアンモニア燃料を気化させることができる。

【符号の説明】

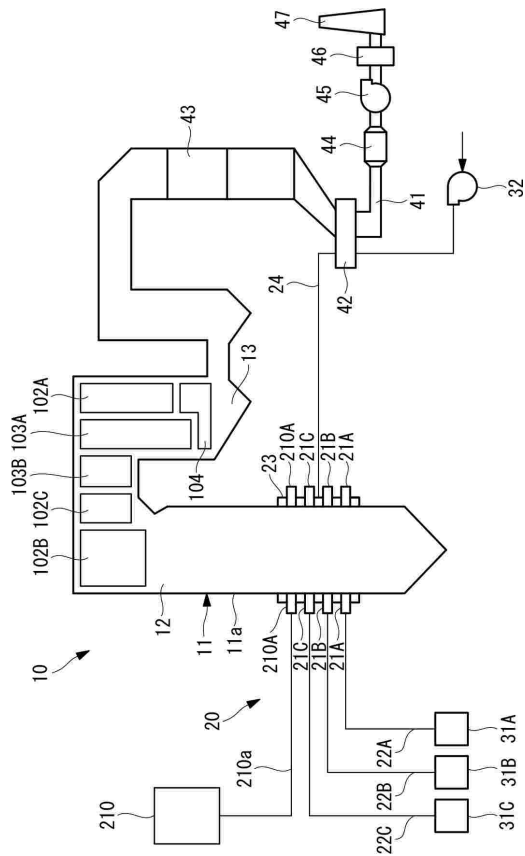
【００８３】

１０	ボイラ	
１００，１００Ａ	ボイラシステム	
１１１	蒸気タービン	
１１１Ａ	高圧タービン	
１１１Ｂ	中圧タービン	
１１１Ｃ	低圧タービン	
１１２	復水器	
１１３	発電機	
１２１	復水ポンプ	
１２３	ボイラ給水ポンプ	30
１２３ａ	ポンプ部	
１２３ｂ	タービン部	
１２７	制御弁	
２１０	第１燃料供給系統	
２１０Ａ	アンモニア燃料バーナ	
２１０Ｂ	バーナ弁	
２１０ａ	燃料供給配管	
２１１	給送ポンプ	
２４０	給水系統	
２５０	排出系統	40
２５１，２５１Ａ	アンモニア気化器	
２５１Ａａ	第１熱交換部	
２５１Ａｂ	気化部	
２５１Ａｃ	循環ポンプ	
２５２，２５２Ａ	アンモニア予熱器	
２５２Ａａ	第２熱交換部	
２５２Ａｂ	予熱部	
２５２Ａｃ	循環ポンプ	
２５３	第１調整弁	
２５４	第２調整弁	50

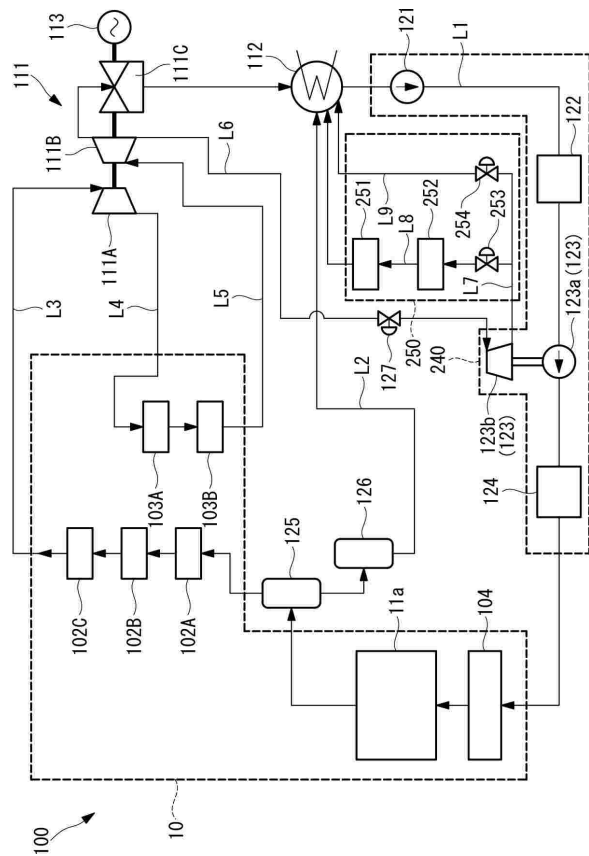
- 2 5 5 給送ポンプ
- 2 6 0 アンモニアタンク
- 2 7 0 制御部
- 2 8 1 温度センサ（検出部）
- 2 8 2 圧力センサ（検出部）

【 図 面 】

【 図 1 】



【 図 2 】



10

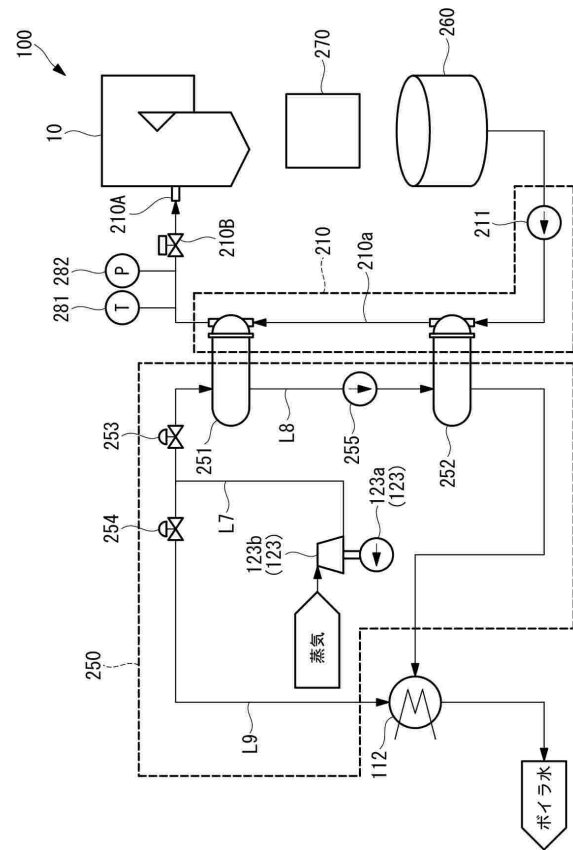
20

30

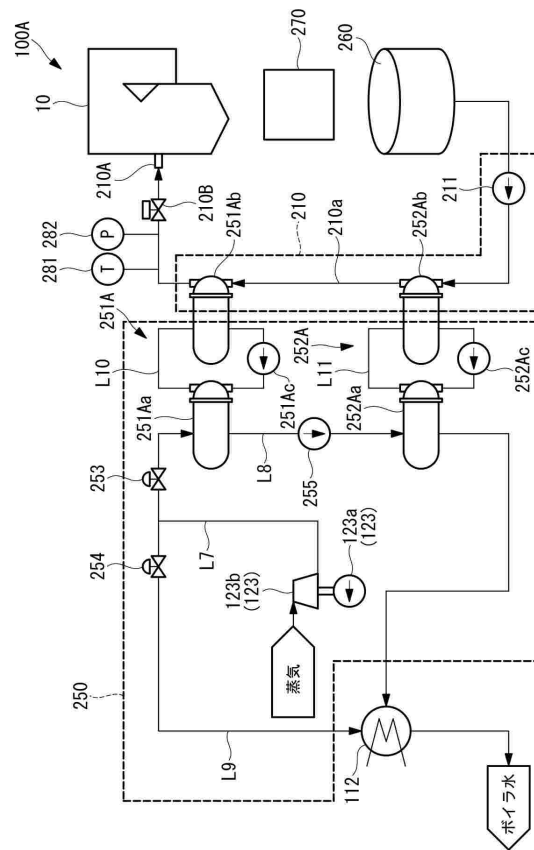
40

50

【 図 3 】



【 図 4 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

Fターム(参考) CC23 DD01
3L021 BA08 DA26