

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7356344号
(P7356344)

(45)発行日 令和5年10月4日(2023.10.4)

(24)登録日 令和5年9月26日(2023.9.26)

(51)国際特許分類		F I	
F 2 3 J	15/00 (2006.01)	F 2 3 J	15/00 Z
B 0 1 D	53/14 (2006.01)	B 0 1 D	53/14 2 2 0
B 0 1 D	53/62 (2006.01)	B 0 1 D	53/62 Z A B
B 0 1 D	53/78 (2006.01)	B 0 1 D	53/78
B 0 1 D	53/96 (2006.01)	B 0 1 D	53/96
請求項の数 15 (全25頁) 最終頁に続く			
(21)出願番号	特願2019-238846(P2019-238846)	(73)特許権者	000006208
(22)出願日	令和1年12月27日(2019.12.27)		三菱重工業株式会社
(65)公開番号	特開2021-107751(P2021-107751 A)		東京都千代田区丸の内三丁目 2 番 3 号
(43)公開日	令和3年7月29日(2021.7.29)	(74)代理人	100149548
審査請求日	令和4年9月28日(2022.9.28)		弁理士 松沼 泰史
		(74)代理人	100162868
			弁理士 伊藤 英輔
		(74)代理人	100161702
			弁理士 橋本 宏之
		(74)代理人	100189348
			弁理士 古都 智
		(74)代理人	100196689
			弁理士 鎌田 康一郎
		(72)発明者	堤 淳史
			神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ボイラープラント、及び二酸化炭素除去方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

化石燃料の燃焼で生じた燃焼ガスの熱で蒸気を発生させるボイラーと、
前記ボイラーから排気された排気ガス中に含まれる二酸化炭素を除去する二酸化炭素除去設備と、
を備え、
前記二酸化炭素除去設備は、
二酸化炭素を吸収した吸収液から二酸化炭素を乖離させる吸収液再生装置と、
前記ボイラーからの排気ガスが流入し、前記排気ガス中の二酸化炭素を前記吸収液再生装置からの吸収液に吸収させ、二酸化炭素が除去された排気ガスを排出する吸収装置と、
を有し、
前記吸収液再生装置は、
前記吸収装置で二酸化炭素を吸収した吸収液が流入し、高温環境下で吸収液から二酸化炭素を乖離させて、二酸化炭素を排出すると共に、二酸化炭素が乖離した吸収液を前記吸収装置に戻す再生塔と、
前記再生塔内から吸収液を取り出してから前記再生塔内に戻す第一循環ラインと、
前記再生塔内から吸収液を取り出してから前記再生塔内に戻す第二循環ラインと、
前記第一循環ライン中に設けられ、前記第一循環ラインを流れる吸収液と、前記ボイラーからの蒸気とを熱交換させて吸収液を加熱する熱交換器と、
前記第二循環ライン中に設けられ、前記第二循環ラインを流れる吸収液を加熱する加熱

器と、

前記第一循環ラインに吸収液を流す第一加熱状態と、前記第二循環ラインに吸収液を流す第二加熱状態との間で加熱状態を切り替える切替器と、

を有する、

ボイラープラント。

【請求項 2】

請求項 1 に記載のボイラープラントにおいて、

前記吸収液再生装置は、

前記ボイラーから前記熱交換器に送られる蒸気の温度が予め定められた温度以上で且つ前記蒸気の圧力が予め定められた圧力以上である蒸気条件を満たしているときに、前記切替器に対して前記第一加熱状態にするよう指示すると共に、前記蒸気条件を満たしていないときに、前記切替器に対して、前記第二加熱状態にするよう指示する切替制御器を有する、

10

ボイラープラント。

【請求項 3】

請求項 2 に記載のボイラープラントにおいて、

前記吸収液再生装置は、

前記再生塔内に溜まった吸収液の温度を検知する温度計と、

前記第二加熱状態のときに、前記温度計で検知された温度が予め定められた温度よりも低くなると、前記加熱器により吸収液を加熱させる第二加熱制御器と、

20

を有する、

ボイラープラント。

【請求項 4】

請求項 2 又は 3 に記載のボイラープラントにおいて、

前記吸収液再生装置は、二次電池と、前記二次電池の充放電を制御する充放電制御器と、を有し、

前記加熱器は、前記二次電池からの電力供給で発熱する電気ヒータを有する、

ボイラープラント。

【請求項 5】

請求項 4 に記載のボイラープラントにおいて、

30

前記充放電制御器は、発電設備が発電中のときに前記発電設備から前記二次電池に電力を充電可能に、前記発電設備と前記二次電池とを電氣的に接続させる充電可能状態にし、前記蒸気条件を満たしていないときに前記二次電池から前記電気ヒータに電力を放電可能に、前記二次電池と前記電気ヒータとを電氣的に接続させる放電可能状態にする、

ボイラープラント。

【請求項 6】

請求項 5 に記載のボイラープラントにおいて、

前記ボイラーからの蒸気で駆動する蒸気タービンと、

前記蒸気タービンの駆動で発電する発電機と、

をさらに備え、

40

前記発電設備は、前記発電機を含む、

ボイラープラント。

【請求項 7】

請求項 5 又は 6 に記載のボイラープラントにおいて、

前記発電設備は、カーボンフリー発電設備を含み、

前記カーボンフリー発電設備は、化石燃料の燃焼で生じた燃焼ガスを利用して電力を発生させる設備からの排気ガス中の二酸化炭素濃度よりも低い濃度の二酸化炭素を排出する設備、又は発電時に二酸化炭素を排出しない設備である、

ボイラープラント。

【請求項 8】

50

請求項 1 から 7 のいずれか一項に記載のボイラープラントにおいて、
 化石燃料の燃焼で生じた燃焼ガスで駆動するガスタービンをさらに備え、
 前記ボイラーは、前記ガスタービンから排気された燃焼ガスの熱で蒸気を発生させる排
 熱回収ボイラーである、
 ボイラープラント。

【請求項 9】

二酸化炭素を吸収した吸収液から二酸化炭素を乖離させることが可能な吸収液再生工程
 と、

ボイラーからの排気ガスが流入し、前記排気ガス中の二酸化炭素を前記吸収液再生工程
 で処理された吸収液に吸収させ、二酸化炭素が除去された排気ガスを排出することが可能
 な吸収工程と、

10

を實行し、

前記吸収液再生工程は、吸収液再生装置により実行され、

前記吸収液再生装置は、

前記吸収工程の実行で二酸化炭素を吸収した吸収液が流入し、高温環境下で吸収液から
 二酸化炭素を乖離させて、二酸化炭素を排出すると共に、二酸化炭素が乖離した吸収液を
 前記吸収工程で使用させる再生塔と、

前記再生塔内から吸収液を取り出してから前記再生塔内に戻す第一循環ラインと、

前記再生塔内から吸収液を取り出してから前記再生塔内に戻す第二循環ラインと、

前記第一循環ライン中に設けられ、前記第一循環ラインを流れる吸収液と、前記ボイラ
 ーからの蒸気とを熱交換させて吸収液を加熱する熱交換器と、

20

前記第二循環ライン中に設けられ、前記第二循環ラインを流れる吸収液を加熱する加熱
 器と、

を有し、

前記吸収液再生工程は、

前記熱交換器で吸収液を加熱させることが可能に、前記第一循環ラインに吸収液を流す
 第一加熱工程と、

前記加熱器で吸収液を加熱させることが可能に、前記第二循環ラインに吸収液を流す第
 二加熱工程と、

を含み、

30

前記吸収液再生工程では、前記第一循環ラインに吸収液を流す第一加熱状態と、前記第
 二循環ラインに吸収液を流す第二加熱状態との間で加熱状態を切り替えて、前記第一加熱
 工程及び前記第二加熱工程を実現する、

二酸化炭素除去方法。

【請求項 10】

二酸化炭素を吸収した吸収液から二酸化炭素を乖離させることが可能な吸収液再生工程と、

ボイラーからの排気ガスが流入し、前記排気ガス中の二酸化炭素を前記吸収液再生工程
 で処理された吸収液に吸収させ、二酸化炭素が除去された排気ガスを排出することが可能
 な吸収工程と、

を實行し、

40

前記吸収液再生工程は、吸収液再生装置により実行され、

前記吸収液再生装置は、

前記吸収工程の実行で二酸化炭素を吸収した吸収液が流入し、高温環境下で吸収液から
 二酸化炭素を乖離させて、二酸化炭素を排出すると共に、二酸化炭素が乖離した吸収液を
 前記吸収工程で使用させる再生塔と、

前記再生塔内から吸収液を取り出してから前記再生塔内に戻す第一循環ラインと、

前記再生塔内から吸収液を取り出してから前記再生塔内に戻す第二循環ラインと、

前記第一循環ライン中に設けられ、前記第一循環ラインを流れる吸収液と、前記ボイラ
 ーからの蒸気とを熱交換させて吸収液を加熱する熱交換器と、

前記第二循環ライン中に設けられ、前記第二循環ラインを流れる吸収液を加熱する加熱

50

器と、

を有し、

前記吸収液再生工程は、

前記熱交換器で吸収液を加熱させることが可能に、前記第一循環ラインに吸収液を流す第一加熱工程と、

前記加熱器で吸収液を加熱させることが可能に、前記第二循環ラインに吸収液を流す第二加熱工程と、

を含み、

前記吸収液再生工程では、

前記ボイラーから前記熱交換器に送られる蒸気の温度が予め定められた温度以上で且つ前記蒸気の圧力が予め定められた圧力以上である蒸気条件を満たしているときに、前記第一加熱工程を実行し、前記蒸気条件を満たしていないときに、前記第二加熱工程を実行する、

二酸化炭素除去方法。

【請求項 1 1】

請求項 1 0 に記載の二酸化炭素除去方法において、

前記第二加熱工程は、前記再生塔内に溜まった吸収液の温度が予め定められた温度よりも低くなると、前記加熱器により吸収液を加熱させる第二加熱制御工程を含む、

二酸化炭素除去方法。

【請求項 1 2】

請求項 1 0 又は 1 1 に記載の二酸化炭素除去方法において、

前記吸収液再生装置は、二次電池を有し、

前記加熱器は、前記二次電池からの電力供給で発熱する電気ヒータを有し、

前記吸収液再生工程は、

前記二次電池に充電できる充電可能工程と、

前記二次電池から前記電気ヒータに放電できる放電可能工程と、

を含む、

二酸化炭素除去方法。

【請求項 1 3】

請求項 1 2 に記載の二酸化炭素除去方法において、

前記充電可能工程では、発電設備が発電中のときに前記発電設備から前記二次電池に電力を充電可能に、前記発電設備と前記二次電池とを電氣的に接続させ、

前記放電可能工程では、前記蒸気条件を満たしていないときに前記二次電池から前記電気ヒータに電力を放電可能に、前記二次電池と前記電気ヒータとを電氣的に接続させる、

二酸化炭素除去方法。

【請求項 1 4】

請求項 1 3 に記載の二酸化炭素除去方法において、

前記発電設備は、カーボンフリー発電設備を含み、

前記カーボンフリー発電設備は、化石燃料の燃焼で生じた燃焼ガスを利用して電力を発生させる設備からの排気ガス中の二酸化炭素濃度よりも低い濃度の二酸化炭素を排出する設備、又は発電時に二酸化炭素を排出しない設備である、

二酸化炭素除去方法。

【請求項 1 5】

請求項 1 4 に記載の二酸化炭素除去方法において、

前記カーボンフリー発電設備は、再生可能エネルギーを用いて発電する設備を含む、

二酸化炭素除去方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ボイラーと、このボイラーからの排気ガス中に含まれる二酸化炭素を除去す

10

20

30

40

50

る二酸化炭素除去設備とを備えるボイラープラント、及び排気ガス中に含まれる二酸化炭素を除去する二酸化炭素除去方法に関する。

【背景技術】

【0002】

化石燃料の燃焼で生じた燃焼ガスの熱で蒸気を発生させるボイラーからは、二酸化炭素を含む排気ガスが排出させる。環境保全の観点から、二酸化炭素を可能な限り排気ガスから除去する技術が求められている。このような技術として、例えば、下記特許文献1に記載されたプラントが知られている。

【0003】

特許文献1に記載されたプラントは、排気ガス中の二酸化炭素を吸収液中に吸収させ、二酸化炭素が除去された排気ガスを排出する吸収装置と、二酸化炭素を吸収した吸収液から二酸化炭素を乖離させる吸収液再生装置と、を有する。吸収液再生装置は、再生塔と、循環ラインと、熱交換器（又はリボイラー）と、を有する。再生塔は、吸収装置から二酸化炭素を吸収した吸収液が流入し、高温環境下で吸収液から二酸化炭素を乖離させて、二酸化炭素を排気すると共に、二酸化炭素が乖離した吸収液を吸収装置に戻す。循環ラインは、再生塔内から吸収液を取り出してから再生塔内に戻すラインである。熱交換器（又はリボイラー）は、循環ライン中に設けられ、第一循環ラインを流れる吸収液と、蒸気等とを熱交換させて吸収液を加熱する。このプラントは、さらに、熱交換器（又はリボイラー）への投入熱量を調節する熱量調節部を有する。この熱量調節部は、具体的で、吸収液との熱交換対象である蒸気の流量を調節する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特開2015-104693号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

熱交換器（又はリボイラー）における吸収液との熱交換対象として、ボイラーで発生した蒸気を用いることがある。この場合、ボイラーからの蒸気供給がないと、熱交換器で吸収液を加熱できず、再生塔及び熱交換器内の吸収液を昇温できない。再生塔及び熱交換器内の吸収液の温度が低い場合、再生塔内で吸収液から二酸化炭素が乖離せず、吸収液が再生されない。この結果、ボイラーから蒸気が供給されないと、ボイラーからの排気ガス中に含まれる二酸化炭素を除去できない。

【0006】

一般的なボイラーでは、このボイラーに燃料の投入を開始した際、このボイラーからは、二酸化炭素を含む排気ガスが直ちに排気され始める一方で、予め定められた温度以上で且つ予め定められた圧力以上の蒸気は直ちに発生しない。また、ガスタービンからの排気ガスの熱を利用して蒸気を発生させる排熱回収ボイラーでは、ガスタービンに燃料の投入を開始した際、この排熱回収ボイラーからは、二酸化炭素を含む排気ガスが直ちに排気され始める一方で、予め定められた温度以上で且つ予め定められた圧力以上の蒸気は直ちに発生しない。つまり、一般的なボイラーでも排熱回収ボイラーでも、排気ガスが排気され始めてから、予め定められた温度以上で且つ予め定められた圧力以上の蒸気を発生し始めるまでにはタイムラグがある。このため、ボイラーから燃焼ガスが排気され始めてから所定の時間、熱交換器で吸収液を十分に加熱することができず、ボイラーからの排気ガス中に含まれる二酸化炭素を除去できないことになる。

【0007】

そこで、本発明は、ボイラーの起動過程においても、プラントから排気される排気ガス中の二酸化炭素を少なくすることができるボイラープラント、及び二酸化炭素除去方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 8 】

上記目的を達成するための発明に係る一態様としてのボイラープラントは、

化石燃料の燃焼で生じた燃焼ガスの熱で蒸気を発生させるボイラーと、前記ボイラーから排気された排気ガス中に含まれる二酸化炭素を除去する二酸化炭素除去設備と、を備える。前記二酸化炭素除去設備は、二酸化炭素を吸収した吸収液から二酸化炭素を乖離させる吸収液再生装置と、前記ボイラーからの排気ガスが流入し、前記排気ガス中の二酸化炭素を前記吸収液再生装置からの吸収液に吸収させ、二酸化炭素が除去された排気ガスを排出する吸収装置と、を有する。前記吸収液再生装置は、前記吸収装置で二酸化炭素を吸収した吸収液が流入し、高温環境下で吸収液から二酸化炭素を乖離させて、二酸化炭素を排出すると共に、二酸化炭素が乖離した吸収液を前記吸収装置に戻す再生塔と、前記再生塔内から吸収液を取り出してから前記再生塔内に戻す第一循環ラインと、前記再生塔内から吸収液を取り出してから前記再生塔内に戻す第二循環ラインと、前記第一循環ライン中に設けられ、前記第一循環ラインを流れる吸収液と、前記ボイラーからの蒸気とを熱交換させて吸収液を加熱する熱交換器と、前記第二循環ライン中に設けられ、前記第二循環ラインを流れる吸収液を加熱する加熱器と、前記第一循環ラインに吸収液を流す第一加熱状態と、前記第二循環ラインに吸収液を流す第二加熱状態とに切り替える切替器と、を有する。

10

【 0 0 0 9 】

本態様では、ボイラーから熱交換器に送られる蒸気の温度が予め定められた温度以上で且つ蒸気の圧力が予め定められた圧力以上である蒸気条件を満たしているときに、吸収液再生装置を第一加熱状態にする。第一加熱状態では、熱交換器でボイラーからの蒸気により吸収液が加熱される。吸収液が加熱されることで、再生塔内が高温環境下になり、吸収液から二酸化炭素が乖離する。二酸化炭素が乖離した吸収液は、吸収装置に供給される。吸収装置では、ボイラーからの排気ガス中の二酸化炭素が吸収液に吸収され、二酸化炭素が除去された排気ガスが排出される。よって、本態様では、ボイラーからの蒸気が蒸気条件を満たしているとき、プラントから排気される排気ガス中に含まれる二酸化炭素を少なくすることができる。

20

【 0 0 1 0 】

本態様では、ボイラーの停止時や起動過程など、ボイラーから熱交換器に送られる蒸気が蒸気条件（ボイラーから熱交換器に送られる蒸気の温度が予め定められた温度以上で且つ蒸気の圧力が予め定められた圧力以上である）を満たしていないときに、吸収液再生装置を第二加熱状態にする。第二加熱状態では、加熱器により吸収液が加熱される。吸収液が加熱されることで、再生塔内が高温環境下になり、吸収液から二酸化炭素が乖離する。二酸化炭素が乖離した吸収液は、吸収装置に供給される。吸収装置では、ボイラーからの排気ガス中の二酸化炭素が吸収液に吸収され、二酸化炭素が除去された排気ガスが排出される。また、本態様では、第二加熱状態から第一加熱状態に切り替わった時点も、再生塔内の吸収液の温度が所定温度以上になっているため、第二加熱状態から第一加熱状態に切り替わった直後でも、短時間のうちに、再生塔内の吸収液の温度を目的の温度にまで高めることができ、プラントから排気される排気ガス中に含まれる二酸化炭素を少なくすることができる。

30

【 0 0 1 1 】

上記目的を達成するための発明に係る一態様としての二酸化炭素除去方法は、

二酸化炭素を吸収した吸収液から二酸化炭素を乖離させることが可能な吸収液再生工程と、ボイラーからの排気ガスが流入し、前記排気ガス中の二酸化炭素を前記吸収液再生工程で処理された吸収液に吸収させ、二酸化炭素が除去された排気ガスを排出することが可能な吸収工程と、を実行する。前記吸収液再生工程は、吸収液再生装置により実行される。前記吸収液再生装置は、前記吸収工程の実行で二酸化炭素を吸収した吸収液が流入し、高温環境下で吸収液から二酸化炭素を乖離させて、二酸化炭素を排出すると共に、二酸化炭素が乖離した吸収液を前記吸収工程で使用させる再生塔と、前記再生塔内から吸収液を取り出してから前記再生塔内に戻す第一循環ラインと、前記再生塔内から吸収液を取り出してから前記再生塔内に戻す第二循環ラインと、前記第一循環ライン中に設けられ、前記

40

50

第一循環ラインを流れる吸収液と、前記ボイラーからの蒸気とを熱交換させて吸収液を加熱する熱交換器と、前記第二循環ライン中に設けられ、前記第二循環ラインを流れる吸収液を加熱する加熱器と、を有する。前記吸収液再生工程は、前記熱交換器で吸収液を加熱させることが可能に、前記第一循環ラインに吸収液を流す第一加熱工程と、前記加熱器で吸収液を加熱させることが可能に、前記第二循環ラインに吸収液を流す第二加熱工程と、を含む。

【発明の効果】

【0012】

本発明の一態様によれば、ボイラーの起動過程においても、プラントから排気される排気ガス中の二酸化炭素を少なくすることができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】本発明に係る一実施形態におけるボイラープラントの系統図である。

【図2】本発明に係る一実施形態における二酸化炭素除去設備の系統図である。

【図3】本発明に係る一実施形態におけるボイラープラントが実行する複数の工程の実行タイミングを示すタイミングチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、本発明に係るボイラープラントの一実施形態及び変形例について、図面を参照して以下に説明する。

20

【0015】

「実施形態」

本実施形態のボイラープラントについて、図1～図3を参照して説明する。

【0016】

本実施形態のボイラープラントは、図1に示すように、ガスタービン設備10と、排熱回収ボイラー20と、蒸気タービン設備30と、電力系統設備40と、二酸化炭素除去設備50と、プラント制御装置100と、を備える。

【0017】

ガスタービン設備10は、ガスタービン11と、ガスタービン11へ燃料（化石燃料）Fを導く燃料ライン16と、燃料ライン16を流れる燃料Fの流量を調節する燃料調節弁17と、ガスタービン11の駆動で発電するGT発電機19と、を備える。ガスタービン設備10は、以上のようにGT発電機19を備えているので、ガスタービン発電設備でもある。

30

【0018】

ガスタービン11は、空気Aを圧縮して圧縮空気を生成する空気圧縮機12と、圧縮空気中で燃料Fを燃焼させて燃焼ガスを生成する燃焼器13と、燃焼ガスで駆動するタービン14と、を有する。空気圧縮機12は、圧縮機ロータと、この圧縮機ロータを覆う圧縮機ケーシングと、を有する。タービン14は、タービンロータと、このタービンロータを覆うタービンケーシングと、を有する。圧縮機ロータとタービンロータとは、互いに連結されてガスタービンロータ15を成す。燃料ライン16は、燃焼器13に接続されている。この燃料ライン16に、燃料調節弁17が設けられている。

40

【0019】

排熱回収ボイラー20は、ガスタービン11からの排気ガスの熱で水を加熱して、この水を蒸気にする。

【0020】

蒸気タービン設備30は、排熱回収ボイラー20で発生した蒸気で駆動する蒸気タービン31と、排熱回収ボイラー20で発生した蒸気を蒸気タービン31に導く主蒸気ライン32と、主蒸気ライン32から蒸気タービン31に流入する蒸気の流量を調節する蒸気調節弁33と、主蒸気ライン32を流れる蒸気の温度を検知する温度計34と、主蒸気ライン32を流れる蒸気の圧力を検知する圧力計35と、蒸気タービン31から排気された蒸

50

気を水に戻す復水器 36 と、復水器 36 内の水を排熱回収ボイラー 20 に導く給水ライン 37 と、蒸気タービン 31 の駆動で発電する ST 発電機 39 と、を備える。以上のように、蒸気タービン設備 30 は、ST 発電機 39 を備えているので、蒸気タービン発電設備でもある。

【0021】

電力系統設備 40 は、GT 発電機 19 と外部電力系統 48 とを電氣的に接続する GT 電力系統 41a と、GT 電力系統 41a に設けられている GT 遮断器 42a と、GT 電力系統 41a に設けられている GT 変圧器 43a と、ST 発電機 39 と外部電力系統 48 とを電氣的に接続する ST 電力系統 41b と、ST 電力系統 41b に設けられている ST 遮断器 42b と、ST 電力系統 41b に設けられている ST 変圧器 43b と、GT 電力系統 41a 及び ST 電力系統 41b を流れる交流電力を直流電力に変換する AC/DC 変換器 44 と、AC/DC 変換器 44 に接続されている直流電力系統 45 と、直流電力系統 45 に接続されている太陽光発電設備 46 と、を備える。この太陽光発電設備 46 は、複数の太陽電池を備える。

10

【0022】

また、外部電力系統 48 には、複数の発電設備が電氣的に接続されている。複数の発電設備のうち、一の発電設備は、風力発電設備 49 である。この風力発電設備 49 は、風車を備える。太陽光発電設備 46 及び風力発電設備 49 は、いずれも、カーボンフリー発電設備である。カーボンフリー発電設備は、化石燃料の燃焼で生じた燃焼ガスを利用して電力を発生させる設備、例えば、本実施形態のガスタービン発電設備 10 からの排気ガス中の二酸化炭素濃度よりも低い濃度の二酸化炭素を排出する設備、又は発電時に二酸化炭素を排出しない設備である。また、太陽光発電設備 46 及び風力発電設備 49 は、いずれも、再生可能エネルギーを用いて発電する設備である。

20

【0023】

プラント制御装置 100 は、燃料調節弁 17 及び蒸気調節弁 33 の開閉等を制御する。

【0024】

二酸化炭素除去設備 50 は、ガス昇圧機 51 と、排気ガス冷却装置 60 と、吸収装置 70 と、吸収液再生装置 80 と、排気ガス再循環ライン 52 と、を備える。

【0025】

図 2 に示すように、ガス昇圧機 51 は、排熱回収ボイラー 20 からの排気ガスを昇圧して、排気ガス冷却装置 60 に送る。排気ガス冷却装置 60 は、ガス昇圧機 51 からの排気ガスを冷却する。この排気ガス冷却装置 60 は、冷却塔 61 と、水循環ライン 62 と、水循環ポンプ 63 と、水冷却器 64 と、低温排気ガスライン 65 と、を有する。

30

【0026】

冷却塔 61 は、冷却塔容器 61v と、冷却塔容器 61v 内の上下方向における中間部に配置されている充填物 61p と、を有する。ガス昇圧機 51 からの排気ガスは、冷却塔容器 61v 中で充填物 61p よりも下の位置に供給される。水循環ライン 62 の一端は、冷却塔容器 61v の下端に接続され、水循環ライン 62 の他端は、冷却塔容器 61v 中で充填物 61p よりも上の位置に接続されている。水循環ポンプ 63 及び水冷却器 64 は、この水循環ライン 62 に設けられている。水循環ポンプ 63 には、冷却塔容器 61v の底部に溜まった水が水循環ライン 62 を介して、流入する。水循環ポンプ 63 は、この水を昇圧して、水循環ライン 62 を介して、冷却塔容器 61v 内の上部に送る。この結果、水は、冷却塔容器 61v 内の上部空間内に散布される。水冷却器 64 は、水循環ライン 62 を流れる水と冷却媒体とを熱交換させて水を冷却する熱交換器である。冷却媒体としては、例えば、冷却水が用いられる。低温排気ガスライン 65 の一端は、冷却塔容器 61v の上端に接続されている。

40

【0027】

排気ガス再循環ライン 52 の一端は、低温排気ガスライン 65 に接続されている。また、排気ガス再循環ライン 52 の他端は、ガスタービン設備 10 における空気圧縮機 12 の吸込口に接続されている。なお、前述のガス昇圧機 51 は、低温排気ガスライン 65 に設

50

けてもよい。

【 0 0 2 8 】

吸収装置 7 0 は、排気ガス冷却装置 6 0 からの排気ガス中に含まれる二酸化炭素を吸収液に吸収させ、二酸化炭素が除去された排気ガスを排出する。この吸収装置 7 0 は、吸収塔 7 1 と、排気ライン 7 2 と、リーン吸収液ライン 7 3 と、リーン - リッチ熱交換器 7 4 と、リーン吸収液ポンプ 7 5 と、リーン吸収液冷却器 7 6 と、リーン吸収液調節弁 7 7 と、水洗水循環ライン 7 8 と、水洗水循環ポンプ 7 9 p と、水洗水冷却器 7 9 r と、を有する。

【 0 0 2 9 】

吸収塔 7 1 は、吸収塔容器 7 1 v と、下充填物 7 1 p a と、上充填物 7 1 p b と、下デミスタ 7 1 d a と、上デミスタ 7 1 d b と、トレー 7 1 t と、を有する。下充填物 7 1 p a、上充填物 7 1 p b、下デミスタ 7 1 d a、上デミスタ 7 1 d b、及びトレー 7 1 t は、いずれも、吸収塔容器 7 1 v 内に配置されている。下充填物 7 1 p a は、上充填物 7 1 p b に対して下方方向に間隔をあけて配置されている。下デミスタ 7 1 d a は、上下方向で、下充填物 7 1 p a と上充填物 7 1 p b との間に配置されている。上デミスタ 7 1 d b は、上充填物 7 1 p b よりも上に配置されている。下デミスタ 7 1 d a 及び上デミスタ 7 1 d b は、いずれも、下から上へ上昇するガス中に含まれている水分を捕えて、この水分が自身よりも上に上昇するのを抑制する。トレー 7 1 t は、上下方向で、下デミスタ 7 1 d a と上充填物 7 1 p b との間に配置されている。トレー 7 1 t には、上下方向に貫通した複数の貫通孔と、水洗水が溜まる水溜まり部 7 1 s と、が形成されている。

【 0 0 3 0 】

前述の低温排気ガスライン 6 5 の他端は、吸収塔容器 7 1 v 中で下充填物 7 1 p a よりも下の位置に接続されている。排気ライン 7 2 は、吸収塔容器 7 1 v の上端に接続されている。この排気ライン 7 2 には、吸収塔容器 7 1 v 内を通過した排気ガスが流れる。この排気ガスは、煙突等を経てプラント外に排気される。

【 0 0 3 1 】

水洗水循環ライン 7 8 の一端は、吸収塔容器 7 1 v 内の水溜まり部 7 1 s に接続され、水洗水循環ライン 7 8 の他端は、吸収塔容器 7 1 v 中、上充填物 7 1 p b よりも上で上デミスタ 7 1 d b より下の位置に接続されている。水洗水循環ポンプ 7 9 p 及び水洗水冷却器 7 9 r は、いずれも、この水洗水循環ライン 7 8 に設けられている。水洗水循環ポンプ 7 9 p は、水洗水循環ライン 7 8 に流入した水洗水を昇圧する。水洗水冷却器 7 9 r は、水洗水循環ライン 7 8 に流入した水洗水を冷却する。

【 0 0 3 2 】

リーン吸収液ライン 7 3 には、リーン吸収液が流れる。リーン吸収液は、二酸化炭素の吸収量が少ない吸収液である。また、リッチ吸収液は、二酸化炭素の吸収量が多い吸収液である。吸収液は、アミン系吸収液である。具体的に、この吸収液としては、例えば、モノエタノールアミン、ジエタノールアミン、トリエタノールアミン、メチルジエタノールアミン、ジイソプロパノールアミン、ジグリコールアミンなどのアルカノールアミンを採用することができる。また、ヒンダードアミン類を採用することもできる。また、これらの各単独水溶液、あるいはこれらの二以上の混合水溶液を採用することもできる。リーン吸収液ライン 7 3 の一端は、吸収塔容器 7 1 v 中、下充填物 7 1 p a よりも上で下デミスタ 7 1 d a より下の位置に接続されている。このため、リーン吸収液ライン 7 3 を流れてきたリーン吸収液は、吸収塔容器 7 1 v 内の下充填物 7 1 p a と下デミスタ 7 1 d a との間の中間空間内に散布される。

【 0 0 3 3 】

リーン - リッチ熱交換器 7 4、リーン吸収液ポンプ 7 5、リーン吸収液冷却器 7 6、及びリーン吸収液調節弁 7 7 は、いずれも、リーン吸収液ライン 7 3 に設けられている。リーン - リッチ熱交換器 7 4 は、リーン吸収液とリッチ吸収液とを熱交換させて、リーン吸収液を冷却する一方でリッチ吸収液を加熱する。リーン吸収液ポンプ 7 5 は、リーン吸収液ライン 7 3 を流れるリーン吸収液を昇圧する。リーン吸収液冷却器 7 6 は、リーン吸収

液ポンプ 75 で昇圧されたリーン吸収液と冷却媒体とを熱交換させてリーン吸収液を冷却する熱交換器である。冷却媒体としては、例えば、冷却水が用いられる。リーン吸収液調節弁 77 は、リーン吸収液の流量を調節する。

【0034】

吸収液再生装置 80 は、吸収装置 70 からの二酸化炭素を吸収した吸収液、つまりリッチ吸収液から二酸化炭素を乖離させる。この吸収液再生装置 80 は、再生塔 81 と、二酸化炭素回収ライン 82 と、冷却器 82r と、水分分離タンク 82t と、二酸化炭素圧縮機 82c と、水ポンプ 82p と、水分回収ライン 82w と、リッチ吸収液ライン 83 と、リッチ吸収液ポンプ 84 と、リッチ吸収液調節弁 85 と、第一循環ライン 86 と、第二循環ライン 87 と、リボイラー（熱交換器）89 と、加熱器 90 と、切替器 92 と、切替制御器 93 と、温度計 94 と、第二加熱制御器 95 と、二次電池 96 と、充放電制御器 97 と、放電系統 98 と、を有する。

10

【0035】

再生塔 81 は、再生塔容器 81v と、再生塔容器 81v 内の上下方向における中間部に配置されている充填物 81p と、再生塔容器 81v 内の充填物 81p の下に配置されているトレイ 81t と、を有する。トレイ 81t には、上下方向に貫通した複数の貫通孔と、吸収液が溜まる液溜まり部 81s と、が形成されている。前述のリーン吸収液ライン 73 の他端は、再生塔容器 81v の下端に接続されている。

【0036】

二酸化炭素回収ライン 82 は、再生塔容器 81v の上端に接続されている。この二酸化炭素回収ライン 82 には、再生塔容器 81v から流出した二酸化炭素を含むガスが流れる。冷却器 82r、水分分離タンク 82t、及び二酸化炭素圧縮機 82c は、この二酸化炭素回収ライン 82 に設けられている。冷却器 82r は、再生塔容器 81v から流出した二酸化炭素を含むガスを冷却する。水分分離タンク 82t は、このガス中に含まれる水分を分離する。二酸化炭素圧縮機 82c は、水分がほとんど除去されたガスを圧縮する。水分分離タンク 82t の下端には、水分回収ライン 82w の一端が接続されている。水分回収ライン 82w の他端は、再生塔容器 81v 中、充填物 81p よりも上の位置に接続されている。このため、水分分離タンク 82t 内に溜まった水は、再生塔容器 81v 内の上部空間内に散布される。水ポンプ 82p は、この水分回収ライン 82w に設けられている。二酸化炭素圧縮機 82c で圧縮されたガスは、例えば、二酸化炭素液化設備に送られ、そこで液化される。

20

30

【0037】

リッチ吸収液ライン 83 の一端は、前述の吸収塔容器 71v の下端に接続され、リッチ吸収液ライン 83 の他端は、再生塔容器 81v 中で充填物 81p よりも上で、再生塔容器 81v に対する水分回収ライン 82w の接続位置よりも下の位置に接続されている。このため、リッチ吸収液ライン 83 からのリッチ吸収液は、再生塔容器 81v 内の上部空間内に散布される。リッチ吸収液ポンプ 84 及びリッチ吸収液調節弁 85 は、リッチ吸収液ライン 83 に設けられている。リッチ吸収液ポンプ 84 は、リッチ吸収液ライン 83 を流れるリッチ吸収液を昇圧する。リッチ吸収液調節弁 85 は、リッチ吸収液の流量を調節する。また、このリッチ吸収液ライン 83 中には、前述のリーン - リッチ熱交換器 74 が設けられている。よって、このリーン - リッチ熱交換器 74 は、リーン吸収液ライン 73 を流れるリーン吸収液とリッチ吸収液ライン 83 を流れるリッチ吸収液とを熱交換させる。

40

【0038】

第一循環ライン 86 の一端は、再生塔容器 81v 内の液溜まり部 81s に接続され、第一循環ライン 86 の他端は、再生塔容器 81v 内の液溜まり部 81s より下の位置に接続されている。この第一循環ライン 86 は、前述の一端を含む流入側共有部 86a と、前述の他端を含む流出側共有部 86b と、流入側共有部 86a と流出側共有部 86b との間の中間部 86c と、を有する。第一循環ライン 86 中の中間部 86c には、リボイラー（熱交換器）89 が設けられている。リボイラー 89 には、蒸気タービン設備 30 の主蒸気ライン 32 から分岐している加熱用蒸気ライン 38（図 1 参照）が接続されている。このリ

50

ボイラー 89 は、中間部 86c を流れる吸収液と加熱用蒸気ライン 38 からの蒸気とを熱交換させて、吸収液を加熱する。

【0039】

第二循環ライン 87 は、第一循環ライン 86 の流入側共有部 86a と、第一循環ライン 86 の流出側共有部 86b と、流入側共有部 86a と流出側供給部との間の中間部 87c と、を有する。つまり、第一循環ライン 86 と第二循環ライン 87 とは、流入側の部分と流出側の部分を互いに共有している。第二循環ライン 87 の中間部 87c は、第一循環ライン 86 の中間部 86c から独立している。この第二循環ライン 87 の中間部 87c には、加熱器 90 が設けられている。この加熱器 90 は、第二循環ライン 87 の中間部 87c を流れる吸収液が流入する加熱容器 90v と、この加熱容器 90v 内の吸収液を加熱する電気ヒータ 91 と、を有する。電気ヒータ 91 は、発熱体である電気ヒータ本体 91a と、この電気ヒータ本体 91a に電力を供給するヒータ駆動回路 91b とを有する。

10

【0040】

切替器 92 は、第一循環ライン 86 の中間部 86c に設けられている第一遮断弁 92a と、第二循環ライン 87 の中間部 87c に設けられている第二遮断弁 92b と、を有する。

【0041】

切替制御器 93 は、蒸気タービン設備 30 の温度計 34 で検知された蒸気温度と、蒸気タービン設備 30 の圧力計 35 で検知された蒸気圧力に応じて、第一遮断弁 92a 及び第二遮断弁 92b の開閉を制御する。切替制御器 93 は、第一遮断弁 92a 及び第二遮断弁 92b の開閉を制御することで、第一循環ライン 86 を吸収液が流れ、リボイラー 89 で吸収液を加熱させることが可能な第一加熱状態と、第二循環ライン 87 を吸収液が流れ、加熱器 90 で吸収液を加熱させることが可能な第二加熱状態と、を実現させる。この切替制御器 93 は、排熱回収ボイラー 20 からリボイラー 89 に送られる蒸気の温度が予め定められた温度 T_s 以上で且つこの蒸気の圧力が予め定められた圧力以上である蒸気条件を満たしているときに、切替器 92 に対して第一加熱状態にするよう指示する。また、切替制御器 93 は、排熱回収ボイラー 20 からリボイラー 89 に送られる蒸気が蒸気条件を満たしていないときに、切替器 92 に対して、第二加熱状態にするよう指示する。切替制御器 93 は、第一加熱状態を実現させる場合、第一遮断弁 92a に対して開指示を与え、第二遮断弁 92b に対して閉指示を与える。また、切替制御器 93 は、第二加熱状態を実現させる場合、第一遮断弁 92a に対して閉指示を与え、第二遮断弁 92b に対して開指示を与える。なお、ここでは、切替器 92 を第一遮断弁 92a と第二遮断弁 92b とで構成しているが、切替器 92 を一つの三方弁で構成することも可能である。この場合、この三方弁は、第一循環ライン 86 の中間部 86c と第二循環ライン 87 の中間部 87c との接続部分に設けられる。

20

30

【0042】

温度計 94 は、再生塔容器 81v の底部に設けられている。この温度計 94 は、再生塔容器 81v 内の底部に溜まった吸収液の温度を検知する。

【0043】

第二加熱制御器 95 は、この温度計 94 で検知された吸収液温度に応じて、加熱器 90 での加熱を制御する。具体的には、この吸収液温度に応じて、ヒータ駆動回路 91b に ON 指示又は OFF 指示を与える。

40

【0044】

放電システム 98 は、ヒータ駆動回路 91b と充放電制御器 97 とを電氣的に接続する。この充放電制御器 97 には、さらに、直流電力システム 45 及び二次電池 96 が電氣的に接続されている。充放電制御器 97 は、プラント制御装置 100 からの状態信号に応じて、直流電力システム 45 からの直流電力を二次電池 96 に充電させたり、二次電池 96 から電力を放電させたりする。

【0045】

次に、以上で説明したボイラープラントの動作について説明する。

【0046】

50

まず、ガスタービン 1 1、蒸気タービン 3 1、及び、排熱回収ボイラー 2 0 が定常運転しているときのボイラープラントの動作について説明する。

【 0 0 4 7 】

ガスタービン 1 1 が定常運転している際、ガスタービンロータ 1 5 が定格回転数で回転している。この際、空気圧縮機 1 2 が空気を圧縮して圧縮空気を生成している。この圧縮空気は、燃焼器 1 3 に流入する。この燃焼器 1 3 には、燃料 F が供給されている。燃焼器 1 3 は、圧縮空気中で燃料 F を燃焼させて、燃焼ガスを生成する。タービン 1 4 は、この燃焼ガスにより駆動する。タービン 1 4 の駆動により、G T 発電機 1 9 は、発電する。G T 発電機 1 9 が発生した電力は、閉状態の G T 遮断器 4 2 a、G T 変圧器 4 3 a を経て、外部電力系統 4 8 に供給される。

10

【 0 0 4 8 】

ガスタービン 1 1 から排気された排気ガスは、排熱回収ボイラー 2 0 に流入する。排熱回収ボイラー 2 0 は、この排気ガスの熱を利用して蒸気を発生させる。排熱回収ボイラー 2 0 が定常運転している際には、所定以上の温度で、所定以上の圧力の蒸気を、所定量以上発生する。

【 0 0 4 9 】

蒸気タービン 3 1 が定常運転している際、蒸気タービンロータが定格回転数で回転している。S T 発電機 3 9 は、蒸気タービンロータの回転で発電する。S T 発電機 3 9 が発生した電力は、閉状態の S T 遮断器 4 2 b、S T 変圧器 4 3 b を経て、外部電力系統 4 8 に供給される。

20

【 0 0 5 0 】

排熱回収ボイラー 2 0 から排気された排気ガスは、二酸化炭素除去設備 5 0 に流入する。二酸化炭素除去設備 5 0 における排気ガス冷却装置 6 0 の冷却塔 6 1 には、ガス昇圧機 5 1 で昇圧された排気ガスが流入する。冷却塔 6 1 内では、排気ガスが、例えば、4 0 程度にまで冷却される。冷却塔 6 1 内で冷却された排気ガスの一部は、低温排気ガスライン 6 5 を介して、吸収塔容器 7 1 v 内の下部空間に流入する。このように、排気ガスを冷却する理由は、二酸化炭素が吸収液に吸収され易くなるからである。また、冷却塔 6 1 内で冷却された排気ガスの他の一部は、低温排気ガスライン 6 5 及び排気ガス再循環ライン 5 2 を介して、ガスタービン 1 1 の空気圧縮機 1 2 内に流入する。よって、この空気圧縮機 1 2 は、外部の空気その他、冷却塔 6 1 内で冷却された排気ガスも圧縮することになる。この排気ガスは、燃焼器 1 3 及びタービン 1 4 を経て、再び、排熱回収ボイラー 2 0 内に流入する。このため、排熱回収ボイラー 2 0 から排気される排気ガス、言い換えると、二酸化炭素除去設備 5 0 に流入する排気ガス中の二酸化炭素濃度が高くなる。

30

【 0 0 5 1 】

二酸化炭素除去設備 5 0 は、以上のように、二酸化炭素濃度が高くなっている排気ガス中から二酸化炭素を除去する。このため、本実施形態では、二酸化炭素除去設備 5 0 における二酸化炭素除去効率を高めることができる。

【 0 0 5 2 】

吸収塔容器 7 1 v 内の下部空間に流入した排気ガスは、吸収塔容器 7 1 v 内を上昇する。また、吸収塔容器 7 1 v 内の下充填物 7 1 p a と下デミスタ 7 1 d a との間の中間空間内には、例えば、4 0 のリーン吸収液がリーン吸収液ライン 7 3 から散布される。このリーン吸収液は、吸収塔容器 7 1 v 内を下降する。リーン吸収液は、この下降過程で、排気ガスと接触し、この排気ガス中の二酸化炭素を吸収する。リーン吸収液は、二酸化炭素を吸収することでリッチ吸収液になり、吸収塔容器 7 1 v 内の底部に一時的に溜まる。一方、リーン吸収液との接触で二酸化炭素が除去された排気ガスは、上昇して、下デミスタ 7 1 d a を通過する。この排気ガスは、下デミスタ 7 1 d a を通過する過程で、排気ガス中に含まれている水分が除去される。この排気ガスは、トレー 7 1 t の貫通孔を通過してさらに上昇する。トレー 7 1 t の水溜まり部 7 1 s に溜まっている水は、水流水循環ポンプ 7 9 p 及び水流水冷却器 7 9 r を経て、昇圧及び冷却された後、吸収塔容器 7 1 v 中で上充填物 7 1 p b よりも上の空間内に、水流水として散布される。トレー 7 1 t を通過し

40

50

た排気ガスは、上充填物 7 1 p b を通過する過程で、水洗水と接触して冷却される。水洗水の一部は、トレー 7 1 t の水溜まり部 7 1 s に溜まる。また、水洗水の残りは、トレー 7 1 t を通過して、吸収塔容器 7 1 v 内の底部にリーン吸収液の一部として一時的に溜まる。水洗水で冷却された排気ガスは、上デミスタ 7 1 d b を通過する。この排気ガスは、上デミスタ 7 1 d b を通過する過程で、この排気ガス中に含まれている水分が除去される。二酸化炭素及び水分が除去された排気ガスは、排気ライン 7 2 を経て、プラント外に排気される。

【 0 0 5 3 】

吸収塔容器 7 1 v 内の底部に溜まったリッチ吸収液は、リッチ吸収液ライン 8 3 に流入する。このリッチ吸収液は、このリッチ吸収液ライン 8 3 を流れる過程で、リッチ吸収液ポンプ 8 4 で昇圧され、その後、リーン - リッチ熱交換器 7 4 で、リーン吸収液との熱交換で加熱される。加熱されたリッチ吸収液は、リッチ吸収液調節弁 8 5 を介して、再生塔容器 8 1 v 内の上部空間に散布される。

10

【 0 0 5 4 】

再生塔容器 8 1 v 内の上部空間に散布されたリッチ吸収液は、再生塔容器 8 1 v 内で蒸気を接して加熱され、リッチ吸収液中の二酸化炭素が乖離する。この二酸化炭素は、二酸化炭素回収ライン 8 2 を経て、例えば、二酸化炭素液化設備に送られる。リッチ吸収液は、二酸化炭素が乖離することで、リーン吸収液になる。このリーン吸収液の一部は、トレー 8 1 t の液溜まり部 8 1 s に溜まる。また、リーン吸収液の残りは、トレー 8 1 t の貫通孔を経て、再生塔容器 8 1 v 内の底部に一時的に溜まる。

20

【 0 0 5 5 】

再生塔容器 8 1 v 内の液溜まり部 8 1 s に溜まったリーン吸収液は、第一循環ライン 8 6 を介して、リボイラー 8 9 に流入する。このリボイラー 8 9 には、排熱回収ボイラー 2 0 で発生した蒸気の一部が、加熱用蒸気ライン 3 8 を介して、流入する。リボイラー 8 9 では、リーン吸収液と蒸気との熱交換によりリーン吸収液が例えば 1 2 0 にまで加熱される。リボイラー 8 9 で加熱されたリーン吸収液は、開状態の第一遮断弁 9 2 a を介して、再生塔容器 8 1 v 内に流入する。このリーン吸収液の一部は、再生塔容器 8 1 v 内で蒸気となり、再生塔容器 8 1 v 内を上昇する。また、このリーン吸収液の残りは、再生塔容器 8 1 v 内を下降し、再生塔容器 8 1 v 内の底部に一時的に溜まる。

【 0 0 5 6 】

30

再生塔容器 8 1 v 内の底部に溜まったリーン吸収液は、リーン吸収液ライン 7 3 に流入する。このリーン吸収液は、リーン吸収液ライン 7 3 を流れる過程で、リーン - リッチ熱交換器 7 4 で、リッチ吸収液との熱交換で冷却されてから、リーン吸収液ポンプ 7 5 で昇圧される。その後、このリーン吸収液は、リーン吸収液冷却器 7 6 で、例えば、前述した 4 0 にまで冷却されてから、リーン吸収液調節弁 7 7 を介して、吸収塔容器 7 1 v 内の上部空間に散布される。

【 0 0 5 7 】

以上で説明した、ガスタービン 1 1、蒸気タービン 3 1、及び、排熱回収ボイラー 2 0 が定常運転しているとき、図 3 に示すように、燃料供給工程 S f s、G T 遮断器閉工程 S t b c、S T 遮断器閉工程 S s b c、充電可能工程 S c h、吸収工程 S a b、吸収液再生工程 S r e、第一加熱工程 S h 1 が実行されている。

40

【 0 0 5 8 】

燃料供給工程 S f s では、ガスタービン 1 1 の燃焼器 1 3 に燃料が供給される。このため、この燃料供給工程 S f s 中、燃焼ガスが生成され、この燃焼ガスが排気ガスとして、排熱回収ボイラー 2 0 を介して、二酸化炭素除去設備 5 0 に流入する。G T 遮断器閉工程 S t b c では、G T 遮断器 4 2 a が閉じており、G T 発電機 1 9 が発電し、このときの電力が外部電力系統 4 8 に供給される。S T 遮断器閉工程 S s b c では、S T 遮断器 4 2 b が閉じており、S T 発電機 3 9 が発電し、このときの電力が外部電力系統 4 8 に供給される。充電可能工程 S c h では、直流電力系統 4 5 と二次電池 9 6 とが、充放電制御器 9 7 を介して電氣的に接続された状態になる。このため、直流電力系統 4 5 に電氣的に接続さ

50

れている太陽光発電設備 4 6、G T 発電機 1 9、S T 発電機 3 9、太陽光発電設備 4 6、及び風力発電設備 4 9 からの電力の一部が充放電制御器 9 7 を介して二次電池 9 6 に充電可能な充電可能状態になる。この充電可能状態では、二次電池 9 6 が満充電状態でなければ、G T 発電機 1 9、S T 発電機 3 9、及び風力発電設備 4 9 からの交流電力の一部が A C / D C 変換器 4 4 で、直流電力に変換された後、直流電力系統 4 5 及び充放電制御器 9 7 を介して、二次電池 9 6 に充電され得る。また、この充電可能状態では、二次電池 9 6 が満充電状態でなければ、太陽光発電設備 4 6 から直流電力の一部が、直流電力系統 4 5 及び充放電制御器 9 7 を介して、二次電池 9 6 に充電され得る。

【 0 0 5 9 】

吸収工程 S a b では、二酸化炭素除去設備 5 0 が、排熱回収ボイラー 2 0 から排気された排気ガス中に含まれる二酸化炭素をリーン吸収液に吸収させ、二酸化炭素が除去された排気ガスを排出可能な状態になる。この状態では、吸収塔 7 1 に排熱回収ボイラー 2 0 から排気された排気ガスが流入すると、この排気ガス中に含まれる二酸化炭素がリーン吸収液に吸収され、二酸化炭素が除去された排気ガスを排出される。吸収液再生工程 S r e では、二酸化炭素除去設備 5 0 が、二酸化炭素を吸収した吸収液であるリッチ吸収液から二酸化炭素を乖離させることが可能な状態なる。この状態では、再生塔 8 1 に、リッチ吸収液が流入すると、このリッチ水溶液から二酸化炭素が乖離し、このリッチ吸収液がリーン吸収液になる。

【 0 0 6 0 】

第一加熱工程 S h 1 は、吸収液再生工程 S r e に含まれる。この第一加熱工程 S h 1 では、吸収液再生装置 8 0 が、第一循環ライン 8 6 中を吸収液が流れ、リボイラー 8 9 で吸収液を加熱することが可能な第一加熱状態になる。この第一加熱状態では、切替器 9 2 を構成する第一遮断弁 9 2 a と第二遮断弁 9 2 b とのうち、第一遮断弁 9 2 a が開いており、第二遮断弁 9 2 b が閉じている。この第一加熱状態では、再生塔容器 8 1 v 内の液溜まり部 8 1 s に溜まった吸収液が第一循環ライン 8 6 を介してリボイラー 8 9 内に流入する。この吸収液は、リボイラー 8 9 内で排熱回収ボイラー 2 0 からの蒸気で加熱される。加熱された吸収液は、第一循環ライン 8 6、開状態の第一遮断弁 9 2 a を介し再生塔 8 1 内に戻る。

【 0 0 6 1 】

次に、ガスタービン 1 1、蒸気タービン 3 1、及び、排熱回収ボイラー 2 0 が定常運転している状態から、ガスタービン 1 1、蒸気タービン 3 1、及び、排熱回収ボイラー 2 0 が停止するまでのボイラープラントの動作について説明する。

【 0 0 6 2 】

まず、ガスタービン 1 1 の燃焼器 1 3 への燃料供給が停止すると共に（燃料供給停止工程 S f c）、G T 遮断器 4 2 a が開く（G T 遮断器開工程 S t b o）。この燃料供給停止工程 S f c は、プラント制御装置 1 0 0 が燃料調節弁 1 7 に対して閉指示を与えることで実行される。ガスタービン 1 1 の燃焼器 1 3 への燃料供給が停止すると、燃焼器 1 3 内で燃焼ガスが生成されなくなる。このため、ガスタービン 1 1 から、排熱回収ボイラー 2 0 を介して、二酸化炭素除去設備 5 0 に流入する排気ガスの流量が次第に少なくなる。G T 遮断器開工程 S t b o は、プラント制御装置 1 0 0 が G T 遮断器 4 2 a に対して開指示を与えることで実行される。G T 遮断器閉工程 S t b c が実行されると、G T 発電機 1 9 から外部電力系統 4 8 に電力が供給されなくなる。

【 0 0 6 3 】

排熱回収ボイラー 2 0 が発生する蒸気の流量は、燃焼器 1 3 への燃料供給が停止すると、所定時間、ガスタービン 1 1 の定常運転時の値で維持されるものの、次第に少なくなる。また、排熱回収ボイラー 2 0 が発生する蒸気の温度及び圧力も、燃焼器 1 3 への燃料供給が停止すると、所定時間、ガスタービン 1 1 の定常運転時の値で維持されるものの、次第に低下する。このため、蒸気タービン 3 1 は、定常運転ができなくなる。そこで、ガスタービン 1 1 の燃焼器 1 3 への燃料供給停止と同時に、若しくは、燃料供給停止してから所定時間後に、S T 遮断器 4 2 b が開く（S T 遮断器開行程 S s b o）。S T 遮断器開行

10

20

30

40

50

程 S s b o は、プラント制御装置 1 0 0 が S T 遮断器 4 2 b に対して開指示を与えることで実行される。S T 遮断器閉工程 S s b c が実行されると、S T 発電機 3 9 から外部電力系統 4 8 に電力が供給されなくなる。

【 0 0 6 4 】

G T 発電機 1 9 又は S T 発電機 3 9 から外部電力系統 4 8 に電力が供給されなくなると、つまり、G T 発電機 1 9 又は S T 発電機 3 9 が発電しなくなると、充電可能工程 S c h が終了する。

【 0 0 6 5 】

G T 発電機 1 9 及び S T 発電機 3 9 が発電しなくなり、且つ、排熱回収ボイラー 2 0 が発生する蒸気が蒸気条件を満たさなくなると、ボイラープラントが、二次電池 9 6 から電気ヒータ 9 1 へ放電可能な放電可能状態になる（放電可能工程 S d c h ）。充放電制御器 9 7 は、プラント制御装置 1 0 0 から、G T 発電機 1 9 及び S T 発電機 3 9 が発電しなくなり、且つ、排熱回収ボイラー 2 0 が発生する蒸気が蒸気条件を満たさなくなった旨の状態信号を受信すると、ボイラープラントを放電可能状態にする。この放電可能状態では、充放電制御器 9 7 が、二次電池 9 6 と電気ヒータ 9 1 のヒータ駆動回路 9 1 b とを電氣的に接続された状態にする。

【 0 0 6 6 】

また、排熱回収ボイラー 2 0 が発生する蒸気が蒸気条件を満たさなくなると、吸収液再生装置 8 0 が、第二循環ライン 8 7 を吸収液が流れ、加熱器 9 0 で吸収液を加熱させられる第二加熱状態になる（第二加熱工程 S h 2 ）。切替制御器 9 3 は、主蒸気ライン 3 2 に設けられている温度計 3 4 で検知された温度が予め定められた温度 T s 未満になるか、主蒸気ライン 3 2 に設けられている圧力計 3 5 で検知された圧力が予め定められた圧力未満になると、蒸気条件を満たさなくなったとして、切替器 9 2 に対して、第二加熱状態になるよう指示する。この結果、切替器 9 2 を構成する第一遮断弁 9 2 a と第二遮断弁 9 2 b とのうち、第一遮断弁 9 2 a が閉じ、第二遮断弁 9 2 b が開き、第二加熱状態になる。第二加熱状態では、再生塔容器 8 1 v 内の液溜まり部 8 1 s に溜まった吸収液が第二循環ライン 8 7 を介して加熱器 9 0 内に流入する。この吸収液は、加熱器 9 0 内で電気ヒータ 9 1 により加熱され得る。加熱された吸収液は、第二循環ライン 8 7、開状態の第二遮断弁 9 2 b を介して、再生塔容器 8 1 v 内に戻る。

【 0 0 6 7 】

第二加熱工程 S h 2 では、第二加熱制御工程 S h 2 c が実行される。この第二加熱制御工程 S h 2 c では、第二加熱制御器 9 5 が、温度計 9 4 で検知された吸収液温度に応じて、加熱器 9 0 での加熱を制御する。第二加熱制御器 9 5 は、吸収液温度が予め定められた第一温度（例えば、1 0 0 ） T a b 1 よりも低くなると、ヒータ駆動回路 9 1 b に対して O N 指示を与える。また、第二加熱制御器 9 5 は、吸収液温度が第一温度 T a b 1 よりも高い予め定められた第二温度（例えば、1 2 0 ） T a b 2 よりも高くなると、ヒータ駆動回路 9 1 b に対して O F F 指示を与える。ヒータ駆動回路 9 1 b に O N 指示が入力すると、二次電池 9 6 から放電された電力が電気ヒータ本体 9 1 a に供給され、電気ヒータ本体 9 1 a が発熱し、第二循環ライン 8 7 を流れる吸収液が加熱される。また、ヒータ駆動回路 9 1 b に O F F 指示が入力すると、二次電池 9 6 から電気ヒータ本体 9 1 a に電力が供給されなくなり、電気ヒータ本体 9 1 a は発熱しなくなる。よって、第二加熱工程 S h 2 では、再生塔 8 1 内の吸収液の温度が、第一温度 T a b 1 と第二温度 T a b 2 との間で上下する。

【 0 0 6 8 】

このため、排熱回収ボイラー 2 0 が蒸気を発生しなくなっても、再生塔 8 1 内の吸収液の温度はほぼ第一温度 T a b 1 （例えば、1 0 0 ）以上の温度に保たれる。

【 0 0 6 9 】

ガスタービン 1 1 に燃料が供給されなくなり、ガスタービン 1 1 が停止し、排熱回収ボイラー 2 0 が蒸気を発生しなくなり、蒸気タービン 3 1 が停止した後、ガスタービン 1 1 への燃料供給が開始されると（燃料供給工程 S f s ）、燃焼ガスが生成され、ガスタービ

10

20

30

40

50

ンロータ 15 の回転数が次第に高まる。このガスタービンロータ 15 の回転数が定格回転数（例えば、3600rpm）になると、GT遮断器 42a が閉じ（GT遮断器閉工程 Stbc）、GT発電機 19 が発電し、このときの電力が外部電力系統 48 に供給される。
【0070】

ガスタービン 11 から排気された燃焼ガスである排気ガスは、前述したように、排熱回収ボイラー 20 内に流入する。排熱回収ボイラー 20 は、この排気ガスの熱を利用して、水を蒸気にする。この蒸気の温度及び圧力は、次第に高まる。この過程で、排熱回収ボイラー 20 が発生する蒸気が蒸気条件を満たすようになると、吸収液再生装置 80 が、第一循環ライン 86 を吸収液が流れ、リボイラー 89 で吸収液を加熱させられる第一加熱状態になる（第一加熱工程 Sh1）。切替制御器 93 は、主蒸気ライン 32 に設けられている温度計 34 で検知された温度が予め定められた温度 Ts 以上になり、且つ、主蒸気ライン 32 に設けられている圧力計 35 で検知された圧力が予め定められた圧力以上になると、蒸気条件を満たすようになったとして、切替器 92 に対して、第一加熱状態になるよう指示する。この結果、切替器 92 を構成する第一遮断弁 92a と第二遮断弁 92b とのうち、第一遮断弁 92a が開き、第二遮断弁 92b が閉じ、第一加熱状態になる。第一加熱状態では、再生塔容器 81v 内の液溜まり部 81s に溜まった吸収液が第一循環ライン 86 を介してリボイラー 89 内に流入する。この吸収液は、リボイラー 89 内で排熱回収ボイラー 20 からの蒸気により加熱される。加熱された吸収液は、第一循環ライン 86、開状態の第一遮断弁 92a を介して、再生塔容器 81v 内に戻る。

【0071】

また、排熱回収ボイラー 20 が発生する蒸気が蒸気条件を満たすようになった時点では、GT発電機 19 が発電しているため、この時点から、放電可能工程 Sdch から充電可能工程 S ch に切り替わる。また、排熱回収ボイラー 20 が発生する蒸気が蒸気条件を満たすようになった後、蒸気タービン 31 の回転数が定格回転数になると、ST遮断器 42b が閉じ（ST遮断器閉行程 S sbc）、ST発電機 39 から外部電力系統 48 に電力供給できるようになる。

【0072】

排熱回収ボイラー 20 の起動時では、この排熱回収ボイラー 20 から二酸化炭素除去設備 50 に排気ガスが流入する。なお、排熱回収ボイラー 20 の起動時とは、ガスタービン 11 への燃料供給が開始され、燃焼ガスが生成されて、排熱回収ボイラー 20 内を排気ガスが通り、この排熱回収ボイラー 20 が蒸気を発生し始めてから、この蒸気が蒸気条件を満たすようになるまでの間である。本実施形態では、この起動時においても、吸収工程 Sab 及び吸収液再生工程 Sre が実行される。

【0073】

この起動時では、吸収液再生工程 Sre で第二加熱工程 Sh2 が実行され、再生塔 81 内の吸収液の温度がほぼ第一温度 Tab1（例えば、100）以上に保たれる。しかしながら、この起動時中のほとんどの時間帯で、再生塔 81 内の吸収液の温度が、吸収液から二酸化炭素を乖離させるための適切な温度（例えば、120）よりも低い。このため、再生塔 81 内で、吸収液から二酸化炭素を離脱させる能力が低下する。つまり、再生塔 81 から吸収塔 71 に送られるリーン吸収液中に二酸化炭素が含まれている量が、蒸気タービン 31 及び排熱回収ボイラー 20 が定常運転しているときよりも多くなる。従って、この起動時、吸収装置 70 での、排気ガス中の二酸化炭素の吸収率が、蒸気タービン 31 及び排熱回収ボイラー 20 が定常運転しているときよりも低くなる。但し、本実施形態では、起動時においても、吸収装置 70 で、排気ガス中の二酸化炭素の吸収液への吸収、及び二酸化炭素を吸収した吸収液の再生が実行されるため、排熱回収ボイラー 20 の起動時における二酸化炭素の排出量を抑えることができる。

【0074】

排熱回収ボイラー 20 が発生する蒸気が蒸気条件を満たすようになり、吸収液再生装置 80 が第一加熱状態になった時点では、再生塔 81 内の吸収液の温度が、二酸化炭素を乖離させるための適切な温度（例えば、120）よりも低い可能性が高い。しかしながら

、この時点での吸収塔 7 1 内の吸収液の温度は、ほぼ第一温度 T_{ab1} (例えば、100) 以上であるため、第一加熱状態に切り替わった後、短時間のうちに、吸収塔 7 1 内の吸収液の温度を、二酸化炭素を乖離させるための適切な温度 (例えば、120) にすることができる。よって、本実施形態では、吸収液再生装置 8 0 が第二加熱状態から第一加熱状態に切り替わった直後における二酸化炭素の排出量を抑えることができる。

【0075】

以上のように、本実施形態では、ボイラーの起動過程においても、プラントから排気される排気ガス中の二酸化炭素を少なくすることができる。

【0076】

本実施形態では、吸収液再生装置 8 0 が第二加熱状態の際、加熱器 9 0 で吸収液を常時加熱しないため、加熱器 9 0 での電気エネルギーの消費を抑えることができる。

10

【0077】

本実施形態の充填可能状態では、GT発電機 1 9、ST発電機 3 9、太陽光発電設備 4 6、及び風力発電設備 4 9 からの電力の一部が、二次電池 9 6 に充電され得る。太陽光発電設備 4 6 及び風力発電設備 4 9 は、再生可能エネルギーを用いて発電するカーボンフリー発電設備である。また、本実施形態のボイラープラントは、GT発電機 1 9 を含むガスタービン発電設備 1 0 と ST 発電機 3 9 を含む蒸気タービン発電設備 3 0 とを備えるが、さらに二酸化炭素除去設備 5 0 を備えているので、このボイラープラントから排気される排気ガス中の二酸化炭素は少ない。よって、本実施形態では、二次電池 9 6 に充電する電力を生み出す際の二酸化炭素の排出を抑えることができる。

20

【0078】

「変形例」

本実施形態のボイラーは、ガスタービン 1 1 からの排気ガスの熱で蒸気を発生させる排熱回収ボイラー 2 0 である。しかしながら、ボイラーは、化石燃料を燃焼させる燃焼室を有する一般的なボイラーでもよい。

【0079】

蒸気タービン 3 1 は、流入する蒸気の圧力が互いに異なる複数の蒸気タービン 3 1 を備えていてもよい。

【0080】

本実施形態では、GT発電機 1 9 と ST 発電機 3 9 とが独立した発電機である。しかしながら、ガスタービンロータ 1 5 と蒸気タービンロータとが連結されている場合には、このロータに一の発電機を接続し、この発電機で、ガスタービン 1 1 用の発電機と蒸気タービン 3 1 用の発電機とを兼ねるようにしてもよい。

30

【0081】

本実施形態の加熱器 9 0 は、電気ヒータ 9 1 を有し、この加熱器 9 0 で吸収液を加熱するエネルギーは電気エネルギーである。しかしながら、加熱器 9 0 で吸収液を加熱するエネルギーは電気エネルギーでなくてもよく、例えば、蒸気の熱エネルギーであってもよい。但し、この場合には、排熱回収ボイラー 2 0 とは、独立して蒸気を発生するボイラー等が必要である。

【0082】

本実施形態の第二加熱制御工程 S_{h2c} では、再生塔 8 1 内の吸収液の温度が第一温度 T_{ab1} と第二温度 T_{ab2} との間で上下するよう制御される。しかしながら、この第二加熱制御工程 S_{h2c} では、再生塔 8 1 内の吸収液の温度が、例えば、第一温度 T_{ab1} と第二温度 T_{ab2} との間の第三温度になるよう制御されてもよい。

40

【0083】

本実施形態における第一循環ライン 8 6 と第二循環ライン 8 7 とは、互に一部を共有している。しかしながら、第一循環ライン 8 6 と第二循環ライン 8 7 と、互に完全に独立していてもよい。

【0084】

本実施形態における切替制御器 9 3 や第二加熱制御器 9 5 は、プラント制御装置 1 0 0

50

とは別個に存在する。しかしながら、切替制御器 9 3 や第二加熱制御器 9 5 は、プラント制御装置 1 0 0 に組み込まれていてもよい。

【 0 0 8 5 】

本実施形態では、G T 発電機 1 9 又は S T 発電機 3 9 が発電しなくなると、充電可能工程 S c h が終了する。しかしながら、プラント内の他の発電設備や外部電力系統 4 8 に接続されている発電設備が稼働しており、余剰電力があれば、この充電可能工程 S c h を終了しなくてもよい。つまり、余剰電力がある場合には、充電可能工程 S c h を継続してもよい。

【 0 0 8 6 】

本実施形態では、G T 発電機 1 9 及び S T 発電機 3 9 が発電しなくなり、且つ、排熱回収ボイラー 2 0 が発生する蒸気が蒸気条件を満たさなくなると、ボイラープラントが放電可能状態になる（放電可能工程 S d c h ）。このため、本実施形態では、充電可能工程 S c h と放電可能工程 S d c h とが同じ時間帯で実行されない。しかしながら、二次電池 9 6 に、充電と放電とを同時に行うことが可能な機能を備えていれば、充電可能工程 S c h の実行時間帯と放電可能工程 S d c h の実行時間帯とが一部で重複していてもよい。この場合、放電可能工程 S d c h の開始タイミングは、本実施形態における充電可能工程 S c h の終了タイミングと一致してもよいし、本実施形態における充電可能工程 S c h の終了タイミングより前であってもよい。

【 0 0 8 7 】

「付記」

以上の実施形態におけるボイラープラントは、例えば、以下のように把握される。

（ 1 ） 第一態様におけるボイラープラントは、

化石燃料 F の燃焼で生じた燃焼ガスの熱で蒸気を発生させるボイラー 2 0 と、前記ボイラー 2 0 から排気された排気ガス中に含まれる二酸化炭素を除去する二酸化炭素除去設備 5 0 と、を備える。前記二酸化炭素除去設備 5 0 は、二酸化炭素を吸収した吸収液から二酸化炭素を乖離させる吸収液再生装置 8 0 と、前記ボイラー 2 0 からの排気ガスが流入し、前記排気ガス中の二酸化炭素を前記吸収液再生装置からの吸収液に吸収させ、二酸化炭素が除去された排気ガスを排出する吸収装置 7 0 と、を有する。前記吸収液再生装置 8 0 は、前記吸収装置 7 0 で二酸化炭素を吸収した吸収液が流入し、高温環境下で吸収液から二酸化炭素を乖離させて、二酸化炭素を排出すると共に、二酸化炭素が乖離した吸収液を前記吸収装置 7 0 に戻す再生塔 8 1 と、前記再生塔 8 1 内から吸収液を取り出してから前記再生塔 8 1 内に戻す第一循環ライン 8 6 と、前記再生塔 8 1 内から吸収液を取り出してから前記再生塔 8 1 内に戻す第二循環ライン 8 7 と、前記第一循環ライン 8 6 中に設けられ、前記第一循環ライン 8 6 を流れる吸収液と、前記ボイラー 2 0 からの蒸気とを熱交換させて吸収液を加熱する熱交換器 8 9 と、前記第二循環ライン 8 7 中に設けられ、前記第二循環ライン 8 7 を流れる吸収液を加熱する加熱器 9 0 と、前記第一循環ライン 8 6 に吸収液を流す第一加熱状態と、前記第二循環ライン 8 7 に吸収液を流す第二加熱状態とに切り替える切替器 9 2 と、を有する。

【 0 0 8 8 】

本態様では、ボイラー 2 0 から熱交換器 8 9 に送られる蒸気の温度が予め定められた温度以上で且つ蒸気の圧力が予め定められた圧力以上である蒸気条件を満たしているときに、吸収液再生装置 8 0 を第一加熱状態にする。第一加熱状態では、熱交換器 8 9 で、ボイラー 2 0 からの蒸気により吸収液が加熱される。吸収液が加熱されることで、再生塔 8 1 内が高温環境下になり、吸収液から二酸化炭素が乖離する。二酸化炭素が乖離した吸収液は、吸収装置 7 0 に供給される。吸収装置 7 0 では、排熱回収ボイラー 2 0 からの排気ガス中の二酸化炭素が吸収液に吸収され、二酸化炭素が除去された排気ガスが排出される。よって、本態様では、ボイラー 2 0 からの蒸気が蒸気条件を満たしているとき、プラントから排気される排気ガス中に含まれる二酸化炭素を少なくすることができる。

【 0 0 8 9 】

本態様では、ボイラー 2 0 から熱交換器 8 9 に送られる蒸気が蒸気条件を満たしていな

10

20

30

40

50

いときに、吸収液再生装置 80 を第二加熱状態にする。第二加熱状態では、加熱器 90 で吸収液が加熱される。吸収液が加熱されることで、再生塔 81 内が高温環境下になり、吸収液から二酸化炭素が乖離する。二酸化炭素が乖離した吸収液は、吸収装置 70 に供給される。吸収装置 70 では、ボイラー 20 からの排気ガス中の二酸化炭素が吸収液に吸収され、二酸化炭素が除去された排気ガスが排出される。よって、本態様では、ボイラー 20 からの蒸気が蒸気条件を満たしていないときでも、プラントから排気される排気ガス中に含まれる二酸化炭素を少なくすることができる。また、本態様では、第二加熱状態から第一加熱状態に切り替わった時点も、再生塔 81 内の吸収液の温度が所定温度以上になっているため、第二加熱状態から第一加熱状態に切り替わった直後でも、短時間のうちに、再生塔 81 内の吸収液の温度を目的の温度にまで高めることができる。このため、本態様では、第二加熱状態から第一加熱状態に切り替わった直後でも、プラントから排気される排気ガス中に含まれる二酸化炭素を少なくすることができる。

10

【0090】

(2) 第二態様におけるボイラープラントは、

前記第一態様のボイラープラントにおいて、前記吸収液再生装置 80 は、前記ボイラー 20 から前記熱交換器 89 に送られる蒸気の温度が予め定められた温度以上で且つ前記蒸気の圧力が予め定められた圧力以上である蒸気条件を満たしているときに、前記切替器 92 に対して前記第一加熱状態にするよう指示すると共に、前記蒸気条件を満たしていないときに、前記切替器 92 に対して、前記第二加熱状態にするよう指示する切替制御器 93 を有する。

20

【0091】

本態様では、ボイラー 20 から熱交換器 89 に送られる蒸気が蒸気条件を満たしているときに、自動的に、第一加熱状態にすることができる。また、本態様では、ボイラー 20 から熱交換器 89 に送られる蒸気が蒸気条件を満たしていないときに、自動的に、第二加熱状態にすることができる。

【0092】

(3) 第三態様におけるボイラープラントは、

前記第二態様のボイラープラントにおいて、前記吸収液再生装置 80 は、前記再生塔 81 内に溜まった吸収液の温度を検知する温度計 94 と、前記第二加熱状態のときに、前記温度計 94 で検知された温度が予め定められた温度よりも低くなると、前記加熱器 90 により吸収液を加熱させる第二加熱制御器 95 と、を有する。

30

【0093】

本態様では、第二加熱状態でも、加熱器 90 で吸収液を常時加熱しないため、加熱器 90 での加熱エネルギーの消費を抑えることができる。

【0094】

(4) 第四態様におけるボイラープラントは、

前記第二態様又は前記第三態様のボイラープラントにおいて、前記吸収液再生装置 80 は、二次電池 96 と、前記二次電池 96 の充放電を制御する充放電制御器 97 と、を有する。前記加熱器 90 は、前記二次電池 96 からの電力供給で発熱する電気ヒータ 91 を有する。

40

【0095】

本態様では、二次電池 96 に充電された電力で、電気ヒータ 91 を発熱させることができる。

【0096】

(5) 第五態様におけるボイラープラントは、

前記第四態様のボイラープラントにおいて、前記充放電制御器 97 は、発電設備が発電中のときに前記発電設備から前記二次電池 96 に電力を充電可能に、前記発電設備と前記二次電池 96 とを電氣的に接続させる充電可能状態にし、前記蒸気条件を満たしていないときに前記二次電池 96 から前記電気ヒータ 91 に電力を放電可能に、前記二次電池 96 と前記電気ヒータ 91 とを電氣的に接続させる放電可能状態にする。

50

【 0 0 9 7 】

本態様では、発電設備が発電中のとき、二次電池 9 6 が満充電状態でなければ、発電設備からの電力を二次電池 9 6 に充電することができる。また、本態様では、ボイラー 2 0 から熱交換器 8 9 に送られる蒸気が蒸気条件を満たしていないときに、二次電池 9 6 に充電された電力で電気ヒータ 9 1 を発熱させることができる。

【 0 0 9 8 】

(6) 第六態様におけるボイラープラントは、

前記第五態様のボイラープラントにおいて、前記ボイラー 2 0 からの蒸気で駆動する蒸気タービン 3 1 と、前記蒸気タービン 3 1 の駆動で発電する発電機 3 9 と、をさらに備える。前記発電設備は、前記発電機 3 9 を含む。

10

【 0 0 9 9 】

本態様では、蒸気タービン 3 1 の駆動する発電機 3 9 が発電中のときに、この発電機 3 9 からの電力を二次電池 9 6 に充電することができる。

【 0 1 0 0 】

(7) 第七態様におけるボイラープラントは、

前記第五態様又は前記第六態様のボイラープラントにおいて、前記発電設備は、カーボンフリー発電設備を含み、前記カーボンフリー発電設備は、化石燃料の燃焼で生じた燃焼ガスを利用して電力を発生させる設備からの排気ガス中の二酸化炭素濃度よりも低い濃度の二酸化炭素を排出する設備、又は発電時に二酸化炭素を排出しない設備である。

【 0 1 0 1 】

20

本態様では、二次電池 9 6 に充電する電力を生み出す際の二酸化炭素の排出を抑えることができる。

【 0 1 0 2 】

(8) 第八態様におけるボイラープラントは、

前記第一態様から前記第七態様のうちのいずれかのボイラープラントにおいて、化石燃料 F の燃焼で生じた燃焼ガスで駆動するガスタービン 1 1 をさらに備える。前記ボイラー 2 0 は、前記ガスタービン 1 1 から排気された燃焼ガスの熱で蒸気を発生させる排熱回収ボイラーである。

【 0 1 0 3 】

以上の実施形態における二酸化炭素除去方法は、例えば、以下のように把握される。

30

(9) 第九態様における二酸化炭素除去方法は、

二酸化炭素を吸収した吸収液から二酸化炭素を乖離させることが可能な吸収液再生工程 S r e と、ボイラー 2 0 からの排気ガスが流入し、前記排気ガス中の二酸化炭素を前記吸収液再生工程 S r e で処理された吸収液に吸収させ、二酸化炭素が除去された排気ガスを排出することが可能な吸収工程 S a b と、を実行する。前記吸収液再生工程 S r e は、吸収液再生装置 8 0 により実行される。前記吸収液再生装置 8 0 は、前記吸収工程 S a b の実行で二酸化炭素を吸収した吸収液が流入し、高温環境下で吸収液から二酸化炭素を乖離させて、二酸化炭素を排出すると共に、二酸化炭素が乖離した吸収液を前記吸収工程 S a b で使用させる再生塔 8 1 と、前記再生塔 8 1 内から吸収液を取り出してから前記再生塔 8 1 内に戻す第一循環ライン 8 6 と、前記再生塔 8 1 内から吸収液を取り出してから前記再生塔 8 1 内に戻す第二循環ライン 8 7 と、前記第一循環ライン 8 6 中に設けられ、前記第一循環ライン 8 6 を流れる吸収液と、前記ボイラー 2 0 からの蒸気とを熱交換させて吸収液を加熱する熱交換器 8 9 と、前記第二循環ライン 8 7 中に設けられ、前記第二循環ライン 8 7 を流れる吸収液を加熱する加熱器 9 0 と、を有する。前記吸収液再生工程 S r e は、前記熱交換器 8 9 で吸収液を加熱させることが可能に、前記第一循環ライン 8 6 に吸収液を流す第一加熱工程 S h 1 と、前記加熱器 9 0 で吸収液を加熱させることが可能に、前記第二循環ライン 8 7 に吸収液を流す第二加熱工程 S h 2 と、を含む。

40

【 0 1 0 4 】

(1 0) 第十態様における二酸化炭素除去方法は、

前記第九態様の二酸化炭素除去方法において、前記吸収液再生工程 S r e では、前記ボ

50

イラー 20 から前記熱交換器 89 に送られる蒸気の温度が予め定められた温度以上で且つ前記蒸気の圧力が予め定められた圧力以上である蒸気条件を満たしているときに、前記第一加熱工程 Sh1 を実行し、前記蒸気条件を満たしていないときに、前記第二加熱工程 Sh2 を実行する。

【0105】

(11) 第十一態様における二酸化炭素除去方法は、

前記第十態様の二酸化炭素除去方法において、前記第二加熱工程 Sh2 は、前記再生塔 81 内に溜まった吸収液の温度が予め定められた温度よりも低くなると、前記加熱器 90 により吸収液を加熱させる第二加熱制御工程 Sh2c を含む。

【0106】

(12) 第十二態様における二酸化炭素除去方法は、

前記第十態様又は前記第十一態様の二酸化炭素除去方法において、前記吸収液再生装置 80 は、二次電池 96 を有し、前記加熱器 90 は、前記二次電池 96 からの電力供給で発熱する電気ヒータ 91 を有する。前記吸収液再生工程 Sre は、前記二次電池 96 に充電できる充電可能工程 S ch と、前記二次電池 96 から前記電気ヒータ 91 に放電できる放電可能工程 S d ch と、を含む。

【0107】

(13) 第十三態様における二酸化炭素除去方法は、

前記第十二態様の二酸化炭素除去方法において、前記充電可能工程 S ch では、発電設備が発電中のときに前記発電設備から前記二次電池 96 に電力を充電可能に、前記発電設備と前記二次電池 96 とを電氣的に接続させる。また、前記放電可能工程 S d ch では、前記蒸気条件を満たしていないときに前記二次電池 96 から前記電気ヒータ 91 に電力を放電可能に、前記二次電池 96 と前記電気ヒータ 91 とを電氣的に接続させる。

【0108】

(14) 第十四態様における二酸化炭素除去方法は、

前記第十三態様の二酸化炭素除去方法において、前記発電設備は、カーボンフリー発電設備を含む。前記カーボンフリー発電設備は、化石燃料の燃焼で生じた燃焼ガスを利用して電力を発生させる設備からの排気ガス中の二酸化炭素濃度よりも低い濃度の二酸化炭素を排出する設備、又は発電時に二酸化炭素を排出しない設備である。

【0109】

(15) 第十五態様における二酸化炭素除去方法は、

前記第十四態様の二酸化炭素除去方法において、前記カーボンフリー発電設備は、再生可能エネルギーを用いて発電する設備を含む。

【符号の説明】

【0110】

10：ガスタービン設備（又はガスタービン発電設備）

11：ガスタービン

12：空気圧縮機

13：燃焼器

14：タービン

15：ガスタービンロータ

16：燃料ライン

17：燃料調節弁

19：GT発電機

20：排熱回収ボイラー（又はボイラー）

30：蒸気タービン設備（又は蒸気タービン発電設備）

31：蒸気タービン

32：主蒸気ライン

33：蒸気調節弁

34：温度計

10

20

30

40

50

3 5 : 圧力計	
3 6 : 復水器	
3 7 : 給水ライン	
3 8 : 加熱用蒸気ライン	
3 9 : S T 発電機	
4 0 : 電力系統設備	
4 1 a : G T 電力系統	
4 1 b : S T 電力系統	
4 2 a : G T 遮断器	
4 2 b : S T 遮断器	10
4 3 a : G T 変圧器	
4 3 b : S T 変圧器	
4 4 : A C / D C 変換器	
4 5 : 直流電力系統	
4 6 : 太陽光発電設備	
4 8 : 外部電力系統	
4 9 : 風力発電設備	
5 0 : 二酸化炭素除去設備	
5 1 : ガス昇圧機	
5 2 : 排気ガス再循環ライン	20
6 0 : 排気ガス冷却装置	
6 1 : 冷却塔	
6 1 v : 冷却塔容器	
6 1 p : 充填物	
6 2 : 水循環ライン	
6 3 : 水循環ポンプ	
6 4 : 水冷却器	
6 5 : 低温排気ガスライン	
7 0 : 吸収装置	
7 1 : 吸収塔	30
7 1 v : 吸収塔容器	
7 1 p a : 下充填物	
7 1 p b : 上充填物	
7 1 d a : 下デミスタ	
7 1 d b : 上デミスタ	
7 1 t : トレー	
7 1 s : 水溜まり部	
7 2 : 排気ライン	
7 3 : リーン吸収液ライン	
7 4 : リーン - リッチ熱交換器	40
7 5 : リーン吸収液ポンプ	
7 6 : リーン吸収液冷却器	
7 7 : リーン吸収液調節弁	
7 8 : 水洗水循環ライン	
7 9 p : 水洗水循環ポンプ	
7 9 r : 水洗水冷却器	
8 0 : 吸収液再生装置	
8 1 : 再生塔	
8 1 v : 再生塔容器	
8 1 p : 充填物	50

8 1 t : トレー	
8 1 s : 液溜まり部	
8 2 : 二酸化炭素回収ライン	
8 2 r : 冷却器	
8 2 t : 水分分離タンク	
8 2 c : 二酸化炭素圧縮機	
8 2 p : 水ポンプ	
8 2 w : 水分回収ライン	
8 3 : リッチ吸収液ライン	
8 4 : リッチ吸収液ポンプ	10
8 5 : リッチ吸収液調節弁	
8 6 : 第一循環ライン	
8 6 a : 流入側共有部	
8 6 b : 流出側共有部	
8 6 c : 中間部	
8 7 : 第二循環ライン	
8 7 c : 中間部	
8 9 : リボイラー (熱交換器)	
9 0 : 加熱器	
9 0 v : 加熱容器	20
9 1 : 電気ヒータ	
9 1 a : 電気ヒータ本体	
9 1 b : ヒータ駆動回路	
9 2 : 切替器	
9 2 a : 第一遮断弁	
9 2 b : 第二遮断弁	
9 3 : 切替制御器	
9 4 : 温度計	
9 5 : 第二加熱制御器	
9 6 : 二次電池	30
9 7 : 充放電制御器	
9 8 : 放電系統	
1 0 0 : プラント制御装置	

【図面】

【図 1】

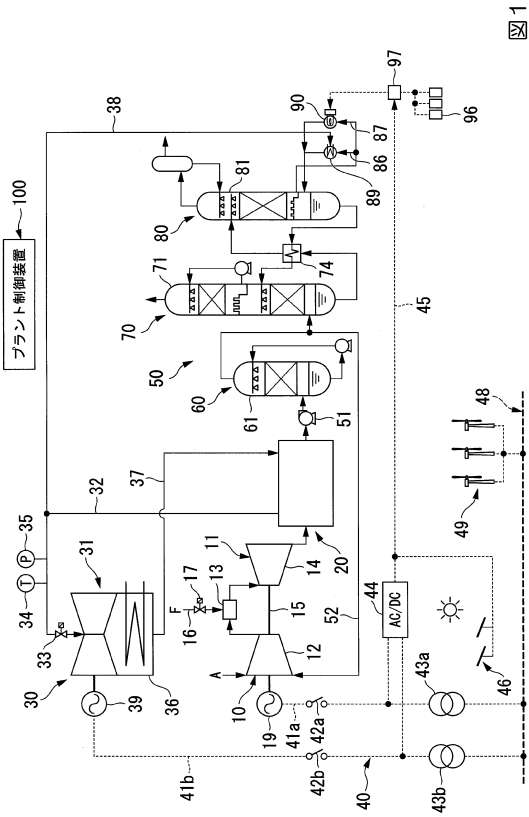


図 1

【図 2】

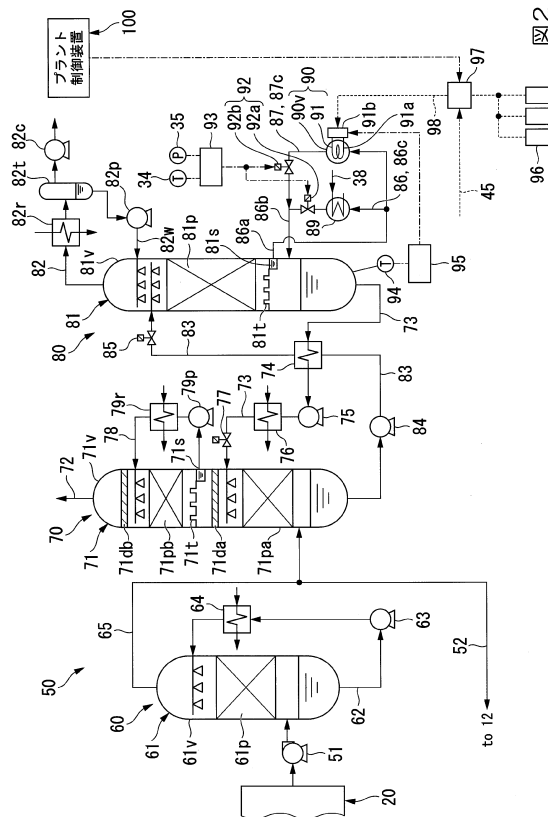


図 2

【図 3】

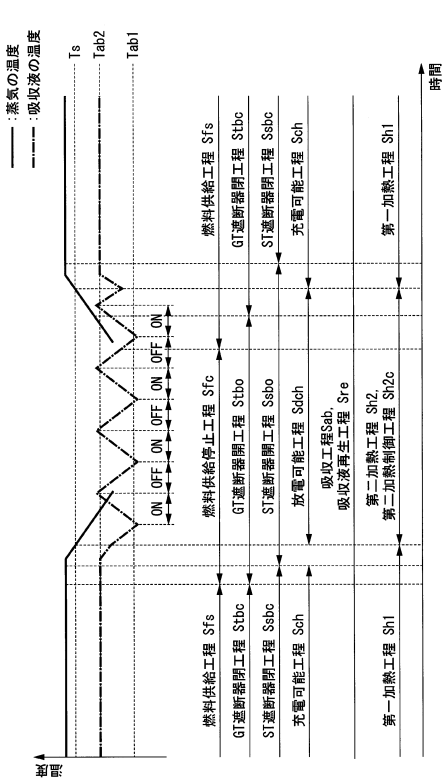


図 3

10

20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類

F I

F 0 1 K 23/10 (2006.01)

F 0 1 K 23/10

U

F 0 2 G 5/02 (2006.01)

F 0 2 G 5/02

B

3 番 1 号 三菱日立パワーシステムズ株式会社内

(72)発明者 石井 弘実

神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目 3 番 1 号 三菱日立パワーシステムズ株式会社内

(72)発明者 田中 鉄也

神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目 3 番 1 号 三菱日立パワーシステムズ株式会社内

(72)発明者 永淵 尚之

神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目 3 番 1 号 三菱日立パワーシステムズ株式会社内

(72)発明者 上條 孝

神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目 3 番 1 号 三菱重工エンジニアリング株式会社内

審査官 小川 悟史

(56)参考文献

特開 2 0 1 1 - 2 0 8 8 4 6 (J P , A)

特表 2 0 1 2 - 5 1 6 2 2 6 (J P , A)

特開 2 0 1 2 - 1 5 8 9 9 6 (J P , A)

特開 2 0 1 9 - 0 7 6 8 1 0 (J P , A)

特開 2 0 1 5 - 0 9 7 9 8 6 (J P , A)

特開 2 0 1 4 - 2 1 3 2 7 6 (J P , A)

米国特許出願公開第 2 0 1 8 / 0 3 3 9 2 6 5 (U S , A 1)

米国特許出願公開第 2 0 1 6 / 0 1 6 6 9 7 7 (U S , A 1)

(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)

F 2 3 J 1 5 / 0 0

B 0 1 D 5 3 / 1 4

B 0 1 D 5 3 / 6 2

B 0 1 D 5 3 / 7 8

B 0 1 D 5 3 / 9 6

F 0 1 K 2 3 / 1 0

F 0 2 G 5 / 0 2