

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5450540号
(P5450540)

(45) 発行日 平成26年3月26日(2014.3.26)

(24) 登録日 平成26年1月10日(2014.1.10)

(51) Int.Cl.	F 1	
F 2 2 D 1/36 (2006.01)	F 2 2 D 1/36	Z A B
B O 1 D 53/62 (2006.01)	B O 1 D 53/34	1 3 5 Z
C O 1 B 31/20 (2006.01)	C O 1 B 31/20	B
F 2 2 D 1/02 (2006.01)	F 2 2 D 1/02	
F 2 3 L 15/00 (2006.01)	F 2 3 L 15/00	A
請求項の数 13 (全 17 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2011-197834 (P2011-197834)
 (22) 出願日 平成23年9月12日(2011.9.12)
 (65) 公開番号 特開2013-61088 (P2013-61088A)
 (43) 公開日 平成25年4月4日(2013.4.4)
 審査請求日 平成25年2月26日(2013.2.26)

(73) 特許権者 000005108
 株式会社日立製作所
 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
 (74) 代理人 100100310
 弁理士 井上 学
 (74) 代理人 100098660
 弁理士 戸田 裕二
 (74) 代理人 100091720
 弁理士 岩崎 重美
 (72) 発明者 金枝 雅人
 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号
 株式会社 日立製作
 所 日立研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 CO2回収装置を備えたボイラーの熱回収システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ボイラーと、ボイラーで熱回収した蒸気で発電する蒸気タービンと、その後流で蒸気を凝縮させる復水器と、その凝縮した水を蒸気タービンから抽気した蒸気で加熱する加熱器を有する発電システムと、

更に、ボイラーから排出された排ガス中のCO2ガスを固体のCO2捕捉材を用いて捕捉し回収するCO2回収装置と、該CO2回収装置でCO2を回収した後の排ガスまたはボイラーから排出された排ガスを排出させるための煙突を備えるボイラーシステムにおいて、

前記CO2捕捉材はCeを含み、前記CO2回収装置から排出される排ガスを用いて、前記復水器により凝集した水、若しくは、前記ボイラーに流入するガス、若しくは、前記煙突に流入する排ガスのいずれかの流体の温度を向上させる装置を有することを特徴とするボイラーシステム。

【請求項2】

請求項1に記載のボイラーシステムにおいて、前記CO2回収装置から排出される排ガスは前記CO2回収装置のCO2捕捉過程、CO2パージ過程、CO2脱離過程、塔冷却過程のいずれかの過程で排出された排ガスであることを特徴とするボイラーシステム。

【請求項3】

請求項1に記載のボイラーシステムにおいて、前記CO2回収装置が脱硝装置もしくは脱硫装置の後流に備えられていることを特徴とするボイラーシステム。

【請求項4】

10

20

請求項 1 に記載のボイラーシステムにおいて、前記流体は前記復水器により凝集し、前記ボイラーに送られる復水であることを特徴とするボイラーシステム。

【請求項 5】

請求項 1 に記載のボイラーシステムにおいて、前記流体は前記ボイラーに流入する燃焼ガスであり、前記燃焼ガスは前記 CO₂ 回収装置の排ガスで温度を向上させた後、更にエアーヒーターで加熱することを特徴とするボイラーシステム。

【請求項 6】

請求項 1 に記載のボイラーシステムにおいて、前記 CO₂ 回収装置から排出される排ガスは前記 CO₂ 回収装置の CO₂ 捕捉過程、CO₂ パージ過程、塔冷却過程のいずれかの過程で排出された排ガスであり、前記温度を向上される流体は前記煙突に流入する排ガスであることを特徴とするボイラーシステム。

10

【請求項 7】

請求項 4 に記載のボイラーシステムにおいて、前記 CO₂ 回収装置から排出される排ガスを用いて、前記ボイラーシステムに関わる流体の温度を向上させる装置は、前記復水器により凝集した水の一部或いは全部の温度を、前記 CO₂ 回収装置から排出される排ガスを用いて高める熱交換器であることを特徴とするボイラーシステム。

【請求項 8】

請求項 5 に記載のボイラーシステムに対し、前記ボイラーに流入するガスの温度を、前記 CO₂ 回収装置から排出される排ガスを用いて高める装置は、前記ボイラーに流入するガスの一部或いは全部を、前記 CO₂ 回収装置から排出される排ガスとする装置であることを特徴とするボイラーシステム。

20

【請求項 9】

請求項 5 または 8 に記載のボイラーシステムにおいて、前記ボイラーに流入するガスの温度を、前記 CO₂ 回収装置から排出される排ガスを用いて高める装置として、前記ボイラーに流入するガスの温度を高めるための熱交換器を設置し、前記熱交換器は、前記 CO₂ 回収装置から排出される排ガスとの熱交換により、前記ガスの温度を高めることを特徴とするボイラーシステム。

【請求項 10】

請求項 6 に記載のボイラーシステムにおいて、前記煙突に流入するガスの温度を、前記 CO₂ 回収装置から排出される排ガスを用いて高める装置は、煙突に流入するガスが、前記 CO₂ 回収装置から排出される排ガスを含む装置であることを特徴とするボイラーシステム。

30

【請求項 11】

請求項 6 または 10 に記載のボイラーシステムにおいて、前記煙突に流入するガスの温度を、前記 CO₂ 回収装置から排出される排ガスを用いて高める装置として、煙突の前段に熱交換器を設置し、前記熱交換器は、前記 CO₂ 回収装置から排出される排ガスとの熱交換により、前記煙突に流入する空気の温度を高めることを特徴とするボイラーシステム。

【請求項 12】

請求項 1 乃至 11 のいずれか 1 項記載のボイラーシステムにおいて、前記 CO₂ 回収装置の CO₂ 捕捉塔へ導入されるガスが、ボイラー排ガス、CO₂ ガス、水蒸気、空気から選ばれた少なくとも一つであることを特徴とするボイラーシステム。

40

【請求項 13】

請求項 1 乃至 12 のいずれか 1 項記載のボイラーシステムにおいて、前記 CO₂ 回収装置として CO₂ 捕捉塔が複数塔あり、CO₂ 捕捉塔から流出したガスを、他の CO₂ 捕捉塔へ流入させることを特徴とするボイラーシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、CO₂ 回収装置を備えたボイラーの熱回収方法に関わるものである。

50

【背景技術】

【0002】

近年、地球温暖化を抑制するために、世界規模でのCO₂排出量の削減が求められている。特に、石炭焚きボイラー、ガスタービン、化学プラント等の設備から排出される排ガス中には、数%以上のCO₂が含有されており、CO₂を分離回収する方法が要求されている。

【0003】

石炭焚きボイラーの排ガス処理システムは、ボイラー後流に窒素酸化物（以下NO_xと表記）を還元し、無害化する脱硝装置、その後流に、空気を冷媒とし、排ガスを冷却するエア－ヒーター、その後流に、水を冷媒とし、排ガスを冷却する熱交換器、その後流に、排ガス中の煤塵を除去する脱塵装置、その後流に硫酸酸化物（以下SO_xと表記）を吸収し、無害化する脱硫装置、その後流に、排ガスを暖める熱交換器が備え付けられている（例えば、非特許文献1）。エア－ヒーター後流の熱交換器で暖められた水は、脱硫装置後流の熱交換器の熱源として利用する。以下、前者の熱交換器を熱回収熱交換器、後者の熱交換器を再加熱熱交換器と記載する。再加熱熱交換器は、煙突から排出される水蒸気が白煙となり、目視公害になることを防止するために備え付けられたものである。その規制がある場所では再加熱熱交換器の装置が義務付けられる。

10

【0004】

更に、脱硫装置の後段に、CO₂回収装置を設置することで排ガス中のCO₂を分離回収することが可能となる。排ガス中のCO₂を分離回収する方法としては、MEA（モノエタノールアミン）等を始めとするアミン液を用いて、CO₂吸収塔においてCO₂を吸収させる方法が提案されており、ボイラーやガスタービンからの排ガス中のCO₂の分離回収に適用されている。CO₂の回収効率を向上させるために、様々なアミン化合物が提案されている（例えば、特許文献1, 2参照）。アミン化合物はCO₂を分離回収する能力が高い。しかし排ガス中の酸素やSO_x等で被毒が生じたり、一部がCO₂吸収塔から飛散したりするため、アミン化合物の補充が必要でありコスト高につながっている。

20

【0005】

そこで、排ガス中の酸素やSO_x等で被毒が生じにくく、かつ飛散し難い、CO₂固体捕捉材を用いたCO₂回収システムの検討が進められている。例えば、非特許文献2に記載の技術では、CO₂固体捕捉材を充填した充填塔を4基設置し、（1）捕捉材によるCO₂の捕捉、（2）塔内のパージ、（3）捕捉材からのCO₂脱離、（4）捕捉材の冷却、の4工程によりCO₂を回収するシステムが開示されている。

30

【0006】

また、非特許文献3には、CO₂固体捕捉材を用いた回転駆動式CO₂捕捉システムを構築することで、装置を小型化できる技術が記載されている。

【0007】

一方、ボイラーの熱効率に関しては、一般に、蒸気タービンの後流に設置された復水器から発生する復水を、蒸気タービンから抽気した蒸気で再加熱することで、発電システムの熱効率を高めている。

【0008】

再加熱熱交換器のない場合、熱回収熱交換器で回収した熱は別の用途で利用することが可能となる。例えば特許文献3では、熱回収熱交換器によりボイラー排ガスから回収した熱を用いて復水を加熱することで、ボイラーの熱効率を上げる方法が記載されている（図5参照）。

40

【0009】

また、特許文献4, 5ではアミン液を用いたCO₂回収装置から発生する回収CO₂の熱を利用して復水を加熱することで、ボイラーの熱効率が上がるとされている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0010】

50

【特許文献1】特許第3761960号公報
 【特許文献2】特許第3771708号公報
 【特許文献3】特開昭60-227845号公報
 【特許文献4】特開平3-193116号公報
 【特許文献5】特開2010-240617号公報
 【非特許文献】

【0011】

【非特許文献1】石川島播磨技報 Vol.45 No.1(2005-3)

【非特許文献2】NEDO成果報告書 “平成14年度 二酸化炭素固定化・有効利用技術実用化開発 化学吸着法によるCO₂分離回収技術の開発” 四国総合研究所 (2003-3)

10

【非特許文献3】「CO₂の分離・回収と貯留・隔離技術」、NTS出版(2009)76

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

CO₂固体捕捉材を用いてCO₂を回収する場合、捕捉に際して熱(吸収熱、吸着熱)が発生し、更に捕捉材の冷却時にある程度の熱を持った空気等が発生する。非特許文献2, 3に示されたCO₂回収技術では、これらの熱エネルギーが十分に再利用されず、CO₂を回収するために使用するエネルギーによりボイラーの熱効率が低下する原因となりうる。特許文献1, 2には、ボイラーの熱効率低下に対処する方法は記載されていない。特許文献3に示された方法では、CO₂回収装置から発生する熱の有効利用については述べておらず、熱効率の向上が不十分であり、更に、再加熱熱交換器が無くなるため、煙突からの白煙生成が生じてしまう不具合が生じる。特許文献4, 5には、アミン液から放出したCO₂ガスの熱を利用する技術が示されているのみであり、CO₂固体捕捉材を用いた場合の最適な熱回収方法は示されておらず、ボイラーの熱効率向上は不十分である。

20

【0013】

本発明の目的は、CO₂固体捕捉材を用いて排ガスからCO₂を分離して回収するボイラーの熱効率を高めることにあり、具体的にはCO₂を回収する設備から発生するエネルギーを効率よく回収することができる熱回収装置、熱回収方法、及びこれらに用いるCO₂捕捉材を提供することにある。

30

【課題を解決するための手段】

【0014】

本発明によるボイラーの熱回収システムは、CO₂固体捕捉材を用いて排ガスに含まれるCO₂を回収するCO₂回収装置が備わっており、CO₂回収装置から発生するガスを用いて、ボイラーに関わる流体の温度を向上させることを特徴とする。

【発明の効果】

【0015】

本発明によれば、CO₂回収装置から発生する熱を効率よく回収することで、ボイラーの熱効率を高度に向上させることができる。更に熱効率の低下を抑制させつつ煙突からの白煙生成を防止することができる。

40

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】ボイラー排ガスの浄化装置の構成例を示す図。

【図2】従来の手法で、ボイラーの熱効率を向上させる装置構成を示す図。

【図3】CO₂捕捉材を用いたCO₂回収装置を示す図。

【図4】CO₂回収装置からの排ガスを用いて復水温度を上げる装置構成を示す図。

【図5】CO₂回収装置からの排ガスを用いてボイラーに流入するガス温度を上げる装置構成を示す図。

【図6】CO₂回収装置からの排ガスを用いて煙突に流入するガス温度を上げる装置構成

50

を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下、本発明を詳細に説明する。

【0018】

ボイラーの熱効率を高めるために、一般には、ボイラーで熱回収した蒸気で発電する蒸気タービンと、その後流で蒸気を凝縮させる復水器とを備え、凝縮して得た復水を蒸気タービンから抽気した蒸気で加熱することで、発電システムの熱効率を高めている。また、特許文献3では、復水器により凝縮した水を、熱交換器を通してボイラー排ガスの熱を用いて加熱することで、更に発電システムの熱効率を高めている。しかしながらボイラー排ガスの熱が上記復水温度の向上に使用されるため、煙突前段にて排ガス温度を上げることができず、白煙発生を招く恐れがあった。

10

【0019】

本発明者らは、鋭意検討した結果、ボイラーと、ボイラーで熱回収した蒸気で発電する蒸気タービンと、その後流で蒸気を凝縮させる復水器と、その凝縮した水を蒸気タービンから抽気した蒸気で加熱する加熱器を有する発電システムと、更に、ボイラーから排出された排ガス中のCO₂ガスを固体のCO₂捕捉材を用いて捕捉し回収するCO₂回収装置と、該CO₂回収装置でCO₂を回収した後の排ガスまたはボイラーから排出された排ガスを排出させるための煙突を備えるボイラーシステムにおいて、前記CO₂回収装置から排出される排ガスを用いて、前記ボイラーシステムに関わる流体の温度を向上させることを特徴とするボイラーシステムとすることで、発電システムの熱効率を高めつつ、煙突からの白煙防止も抑制できることを見出した。

20

【0020】

本発明で対象となるボイラーは、熱回収するための蒸気タービンが設置されていれば良く、特に限定されない。ボイラーとしてはガス焼きボイラー、石炭焼きボイラー、ガスタービン、更にはIGCC（石炭ガス化複合発電）にも適用可能である。

【0021】

ボイラーシステムに関わる流体としては、復水器により凝縮した水、ボイラーに流入するガス、ボイラーから排出された排ガスが考えられる。

【0022】

（復水温度上昇）

復水器により凝集した水の一部或いは全部を、熱交換器を用いてCO₂回収装置から排出される排ガスと熱交換させ、温度を上げることで発電システムの熱効率を高めることができる。本発明ではCO₂回収装置として固体のCO₂捕捉材を使用する。この場合、CO₂回収装置から排出される排ガスの温度は、CO₂捕捉材の種類にもよるが100～500に達することもある。特許文献4では、CO₂排ガス温度が85の場合の試算としてタービン出力が0.3%～0.4%向上するとされているが、固体のCO₂捕捉材を用いた場合には更なるタービン出力向上が見込める。

30

【0023】

更にこの場合、例えばエアーヒーター後流のボイラー排ガスの熱を熱回収熱交換器で回収し、回収した熱を、再加熱熱交換器を用いて煙突前段の排ガス温度を向上させることで白煙を防止することができる。

40

【0024】

（ボイラー流入ガス温度上昇）

また、ボイラーに流入するガスの温度をCO₂回収装置から排出される排ガスを用いて高めることでボイラーの熱効率が高まる。従来は室温程度の空気を、エアーヒーターを使用して300程度に高めた後にボイラーへ流入させていた。しかしCO₂回収装置から排出される排ガスを用いて例えば空気の温度を100程度まで上昇させておけば、エアーヒーターを通過後にボイラーへ流入する空気の温度も350程度に高めることができる。この場合、ボイラー排ガスの温度が約50高まるので、エアーヒーターの後流に熱

50

回収熱交換器を設置することで、復水器により凝集した水の一部或いは全部を、熱交換器を用いてより効果的に温度を上げることができ、発電システムの熱効率が高まる。この場合、ボイラーの発電効率は約2.1%向上する。

【0025】

またこの場合、熱回収熱交換器で回収した熱の一部或いは全部を、再加熱熱交換器を用いて煙突前段の排ガス温度を向上させるために使用することで白煙を効果的に防止することができる。

【0026】

CO₂回収装置から排出される排ガスを用いてボイラーに流入するガスの温度を高める手段には特に限定が無い。例えば熱交換器を使用して、CO₂回収装置から排出される排ガスと、空気を始めとしたガスとを熱交換させることができる。CO₂回収装置から発生するガス種としてはN₂、O₂、CO₂、H₂O、Air等が挙げられるが、この場合、ガス種に関係なく使用することができるといったメリットがある。

10

【0027】

または、CO₂回収装置から排出される排ガスの一部或いは全部を、ボイラーへ流入するガスとすることもできる。CO₂回収装置から発生する排ガスの中には、CO₂が含まれている場合があり、大気へ放出されるとCO₂回収効率が低下する原因となる。CO₂回収装置から発生する排ガスの一部或いは全部をボイラーへ流入させることで再度CO₂がボイラーへ取り込まれ、排ガス浄化システムを通じてCO₂回収装置に流入することになり、CO₂回収効率が高まる。

20

【0028】

(ボイラー排ガス温度上昇)

CO₂回収装置から排出される排ガスを用いて、煙突に流入するガスの温度を高めることで、煙突からの白煙排出を抑制できる。具体的には煙突に流入するガスの一部或いは全部が、CO₂回収装置から排出される排ガスとすることで、煙突に流入するガスの温度を高めることができる。

【0029】

または、煙突に流入するガス温度を高めるための熱交換器を設置し、前記CO₂回収装置から排出される排ガスとの熱交換により、煙突に流入するガス温度を高めることも可能である。CO₂回収装置から発生する排ガスがCO₂を含む場合、そのまま煙突に流入させると、回収したCO₂が大気へ放出されてしまう。熱交換器を使用した場合は、熱交換後のCO₂ガスを圧縮機へ流通させることで回収が可能となるため、このような不具合を解消できる。

30

【0030】

(CO₂回収装置)

CO₂回収装置としては、固体のCO₂捕捉材料によるCO₂捕捉作用を用いたものであれば特にこだわらない。CO₂回収装置として、CO₂捕捉材を充填したCO₂捕捉塔を4基設置することが考えられる。この場合、CO₂捕捉過程としては、(a)CO₂の捕捉、(b)CO₂捕捉塔内のパージ、(c)CO₂の脱離、(d)CO₂捕捉塔内の冷却、が考えられ、設置された4基のCO₂捕捉塔にそれぞれ以下の(a)~(d)の4つの工程を順次対応させることで高度に排ガス中のCO₂を回収することができる。

40

【0031】

(a)CO₂の捕捉：CO₂捕捉塔へ排ガスを流入させることで排ガス中のCO₂ガスを捕捉する。

【0032】

(b)CO₂捕捉塔内のパージ：CO₂の捕捉後、CO₂捕捉塔へガスを流入させることで捕捉塔内をパージする。パージガスとしては、回収CO₂の濃度を高めるために高純度CO₂ガスを用いることが好ましい。

【0033】

(c)CO₂の脱離：次いで、捕捉材からCO₂を脱離させるためにガスを流通させ、脱

50

離したCO₂ガスを回収する。CO₂を捕捉材から脱離させるためには、捕捉材へ熱を加える必要がある。加える熱の量は用いる捕捉材によって異なる。捕捉材からCO₂が脱離する温度まで捕捉材温度を高めることが必要である。熱を加える方法としては、蒸気タービンにて発生した蒸気を抽気し、その水蒸気をCO₂捕捉塔に流通させる等が考えられる。また、熱交換器を通じて他のCO₂捕捉塔から熱を得る方法も考えられる。

【0034】

(d) CO₂捕捉塔内の冷却：更に、上記CO₂脱離工程にて上昇した捕捉塔温度をCO₂の捕捉工程に適した温度にまで下げることが必要である。下げる手法としては、捕捉塔温度よりも低温のガスを流通させることが考えられ、室温の大気を用いることが一例として挙げられる。また(b) CO₂捕捉塔内のパージ工程にてCO₂ガスを用いてパージする場合、CO₂捕捉塔からCO₂が流出する場合がある。この場合、CO₂捕捉塔から流出したガスを、(d) CO₂捕捉塔内の冷却工程にある捕捉塔へ流通させることでCO₂捕捉塔温度を冷却するためのガスとして使用することもできる。本手法を使用することでパージ工程にて流出したCO₂を再度捕捉塔内へ流入させることが可能となり、CO₂の回収効率が高まる。特許文献4、5には、アミン液から脱離したCO₂ガスの熱を回収する技術が開示されているが、固体のCO₂捕捉材料を用いる場合、上記(a)～(d)にてCO₂捕捉塔から発生するいずれのガスを使用することが可能となる。

10

【0035】

CO₂捕捉塔から流出するガスとしては例えば、N₂、O₂、CO₂、水蒸気、空気等が考えられる。これら流出ガスは、捕捉塔内での捕捉熱(吸着熱、吸収熱、捕捉材から移動した熱)等を有するため、50～500程度の温度に到達する。これら流出ガスの熱を、本明細文に示した技術により回収することで発電システムの熱効率を高めることができるようになる。

20

【0036】

CO₂捕捉材料としては、CO₂を捕捉できる材料であれば特にこだわらないが、好適な成分としてはCe、Pr、Nd、Sm、Gd等が挙げられる。特にCeを用いるとCO₂の回収効率が高まる。成分の化学形態にはこだわらない。これらの成分の化学形態としては、例えば金属、酸化物、有機物、及び塩化物が考えられるが、特に酸化物の形態であるのが好ましい。酸化物であれば使用による劣化が少なく長期間使用できる。

【0037】

CO₂捕捉材料の構造形態は、粒子状、塊状、球状、ペレット状、ハニカム状、メッシュ状等が挙げられるが、適用するCO₂回収装置の運転形態に併せた構造形態を選ぶことができる。

30

【0038】

また、CO₂捕捉材は、3m²/g以上の比表面積を有することが好ましい。比表面積が小さいとCO₂を捕捉する能力が小さく、設置効果が小さい。

【0039】

上記の成分を、例えばアルミナやゼオライト等の多孔質担体に担持させてもよい。10m²/g以上の比表面積を有する多孔質担体に上記の成分を担持させることで、上記の成分を高分散化でき、CO₂の捕捉能力を更に向上させることができる。

40

【0040】

CO₂捕捉材の調製法としては、例えば、含浸法、混練法、共沈法、ゾルゲル法、イオン交換法、蒸着法、及びスプレードライ法等の、物理的調製方法や化学反応を利用した調製方法を用いることができる。

【0041】

CO₂捕捉材の出発原料としては、例えば、硝酸化合物、塩化物、酢酸化合物、錯体化合物、水酸化物、炭酸化合物、及び有機化合物などの種々の化合物、金属、または金属酸化物を用いることができる。

【0042】

以下、本発明の実施例を図面を用いて説明する。

50

【 0 0 4 3 】

(従来 の 排 ガ ス 浄 化 シ ス テ ム 例)

図 1 に 従 来 技 術 と し て、 CO_2 固 体 捕 捉 材 を 用 い た CO_2 回 収 装 置 を 備 え た、石 炭 焚 き ボ イ ラ ー の 排 ガ ス 処 理 シ ス テ ム の 一 例 を 示 す。石 炭 焚 き ボ イ ラ ー 1 に 石 炭 と 空 気 を 供 給 し、石 炭 を 燃 焼 さ せ る。こ の と き の 燃 焼 排 ガ ス 温 度 は 1 6 0 0 ~ 1 8 0 0 になる。こ の 排 ガ ス は ボ イ ラ ー 内 の 図 示 し て い な い 熱 交 換 器 に よ っ て 減 温 し、脱 硝 装 置 2 に 導 入 す る。脱 硝 装 置 で は ア ン モ ニ ア (以 下 NH_3 と 記 載) を 供 給 し、脱 硝 触 媒 を 介 し て NO_x を 窒 素 (以 下 N_2 と 表 記) に 還 元、無 害 化 す る。さ ら に、排 ガ ス は エ ア ー ヒ ー タ ー 3 に 導 入 さ れ、空 気 1 1 (ボ イ ラ ー 燃 焼 用 ガ ス) と 熱 交 換 す る。空 気 1 1 は、外 気 を ガ ス 供 給 フ ァ ン 1 0 (以 下 F D F と 表 記) で 取 り 込 み、エ ア ー ヒ ー タ ー 3 で 加 熱 さ れ、石 炭 焚 き ボ イ ラ ー 1 の 燃 焼 用 空 気 と し て 使 用 す る。熱 回 収 熱 交 換 器 (以 下、熱 回 収 G G H 4 と 記 載) に 導 入 さ れ た 排 ガ ス は 熱 回 収 G G H 4 に お い て 水 と 熱 交 換 後 に、乾 式 電 気 集 塵 器 5 で 煤 塵 が 除 去 さ れ、脱 硫 装 置 6 で SO_x が 除 去 さ れ る。一 方、熱 回 収 G G H 4 で 暖 め ら れ た 水 を 用 い て、再 加 熱 熱 交 換 器 (以 下、再 加 熱 G G H 8 と 記 載) で 排 ガ ス 温 度 を 上 昇 さ せ、水 蒸 気 が 白 煙 に な ら ない 温 度 で 煙 突 9 か ら 排 ガ ス が 放 出 さ れ る。再 加 熱 熱 交 換 器 は、白 煙 の 目 視 公 害 抑 止 の た め に 設 置 さ れ た も の で あり、白 煙 が 水 蒸 気 で あ れ ば 環 境 上 問 題 は な く、場 所 に よ っ て は 設 置 義 務 の 無 い と こ ろ も あ る。

10

【 0 0 4 4 】

[比 較 例]

石 炭 焚 き ボ イ ラ ー の 排 ガ ス 処 理 の 熱 回 収 を 進 め る こ と に よ る 熱 効 率 向 上 手 法 と し て、図 2 に 示 す よ う な 技 術 が 考 え ら れ る。本 技 術 は 再 加 熱 熱 交 換 器 を 設 置 し な い 場 合 の 排 ガ ス 処 理 シ ス テ ム で あり、熱 回 収 G G H 4 で 回 収 し た 熱 を 利 用 し、ボ イ ラ ー の 熱 効 率 を 上 げ る シ ス テ ム で あり。

20

【 0 0 4 5 】

石 炭 焚 き ボ イ ラ ー 1 で 熱 回 収 し た 蒸 気 で 蒸 気 タ ー ビ ン 2 3 を 駆 動 し、そ の 出 口 蒸 気 を 復 水 器 2 4 で 冷 却、凝 縮 さ せ る。生 じ た 復 水 を 加 熱 器 2 6 に 送 り、蒸 気 タ ー ビ ン 2 3 か ら 抽 気 し た 蒸 気 2 5 に よ っ て 加 熱 す る。加 熱 さ れ た 復 水 は ボ イ ラ ー 1 に 送 ら れ、再 び 蒸 気 タ ー ビ ン 2 3 を 駆 動 す る 循 環 サ イ ク ル に な っ て い る。

【 0 0 4 6 】

図 2 に 示 す よ う に、復 水 器 2 4 で 生 じ た 復 水 の 一 部 或 い は 全 部 を 熱 回 収 G G H 4 に 通 す こ と で、復 水 の 温 度 を 向 上 さ せ、熱 回 収 の 効 率 を 向 上 さ せ る シ ス テ ム が 従 来 技 術 と し て 考 案 さ れ て い る。し か し な が ら、本 手 法 で は、熱 効 率 の 向 上 に は つ な が る が、再 加 熱 熱 交 換 器 が 無 く な る た め、煙 突 か ら の 白 煙 生 成 を 防 止 で き ない と い っ た 不 具 合 が 発 生 す る。ま た、 CO_2 回 収 装 置 か ら 発 生 す る 熱 の 利 用 は で き ない。

30

【 実 施 例 1 】

【 0 0 4 7 】

(CO_2 回 収 装 置 例)

本 技 術 で 使 用 で き る CO_2 回 収 装 置 と し て は、図 3 に 示 す 装 置 が 考 え ら れ る。

【 0 0 4 8 】

図 3 に 4 基 描 写 し て い る、 CO_2 捕 捉 材 を 内 包 す る 容 器 で あり CO_2 捕 捉 材 充 填 塔 2 0 は、い ず れ も 同 じ 機 能 を 具 備 し て い る。 CO_2 捕 捉 材 を 内 包 す る 4 基 の CO_2 捕 捉 材 充 填 塔 2 0 は、 CO_2 捕 捉 過 程、 CO_2 パ ー ジ 過 程、 CO_2 脱 離 過 程 及 び 塔 冷 却 過 程 の 4 つ の 過 程 を 順 に 繰 り 返 し 続 け る こ と を 想 定 し て い る。

40

【 0 0 4 9 】

1 つ 目 の 過 程 (CO_2 捕 捉 過 程) で は、 CO_2 含 有 ガ ス 流 路 1 8 か ら 流 入 す る 排 ガ ス で あり CO_2 含 有 ガ ス を、4 基 有 る CO_2 捕 捉 材 を 内 包 す る CO_2 捕 捉 材 充 填 塔 2 0 の うち 1 つ の みに 流 通 さ せ、 CO_2 を CO_2 捕 捉 材 に よ っ て 捕 捉 す る。 CO_2 除 去 後 の ガ ス は ガ ス 排 出 口 2 1 も し く は CO_2 圧 縮 機 接 続 配 管 2 2 か ら 塔 外 へ 排 出 す る。 CO_2 捕 捉 材 に よ る CO_2 捕 捉 が 飽 和 に 達 し た と 判 断 後、 CO_2 捕 捉 材 を 内 包 す る CO_2 捕 捉 材 充 填 塔 2 0 へ の、 CO_2 含 有 ガ ス 流 路 1 8 か ら CO_2 含 有 ガ ス の 流 通 を 停 止 す る。

50

【 0 0 5 0 】

2つ目の過程（CO₂パーズ過程）では、CO₂捕捉材充填塔20内へ高純度CO₂ガス流路15からCO₂を流通させてCO₂以外のガスをパーズする。この時、排出されるガスは、ガス排出口21もしくはCO₂圧縮機接続配管22から塔外へ排出する。最後に、CO₂ガスの流通を停止する。

【 0 0 5 1 】

3つ目の過程（CO₂脱離過程）では、CO₂捕捉材充填塔20を昇温し、水蒸気ガス流路16より水蒸気を流通させることによって、CO₂捕捉材に捕捉しているCO₂を脱離させ、ガス排出口21もしくはCO₂圧縮機接続配管22から塔外へ排出する。

【 0 0 5 2 】

4つ目の過程（塔冷却過程）では、CO₂捕捉材充填塔20へ空気流路17から室温の空気を流通させることで、CO₂捕捉材及びCO₂捕捉材を内包するCO₂捕捉材充填塔20を冷却する。

【 0 0 5 3 】

以上の4つの過程を、それぞれ4基のCO₂捕捉材を内包する容器が繰り返すことで、CO₂含有ガスより連続的にCO₂を回収するシステムとなりうる。

【 0 0 5 4 】

それぞれの過程において排出されたガスの温度は、CO₂捕捉材を内包するCO₂捕捉材充填塔20への流入ガス種及び温度、更にはCO₂捕捉材の種類に拠るが、凡そ40 ~ 500 の温度を有すると考えられる。

【 0 0 5 5 】

（復水の温度を向上させる装置例）

図4は、復水器24により凝集して得た復水と、CO₂捕捉材を内包する容器であるCO₂捕捉材充填塔20から排出されたガスとの熱交換により、復水の温度を向上させる装置の構成例を示す図である。熱回収GGH4に流入するガスとしては、CO₂捕捉過程、CO₂パーズ過程、CO₂脱離過程、塔冷却過程のいずれの過程においてCO₂捕捉材を内包するCO₂捕捉材充填塔20から排出されたガスを用いても良い。但し、CO₂脱離過程においてCO₂捕捉材を内包するCO₂捕捉材充填塔20から排出されたCO₂ガスは、熱回収GGH4を通った後、圧縮機により圧縮され、回収される。熱回収GGH4により温度が高まった復水は、加熱器26を通った後、ボイラー1に送られ、発電システム出力向上につながる。ボイラーの規模にもよるが0.4%以上のタービン出力向上が見込める。

【 0 0 5 6 】

一方で、図1に示した装置の構成を併用し、熱回収GGH4及び再加熱GGH8を使用することで、煙突からの白煙生成抑制も可能となる。

【 0 0 5 7 】

以上の結果から、本実施例に示したように、CO₂回収装置から排出される排ガスを用いてボイラーシステムに関わる流体の温度を向上させる装置として、復水とCO₂捕捉材充填塔20から排出されたガスとの熱交換を行う熱回収GGH4などのような装置構成とすることで、ボイラーの出力向上と煙突からの白煙生成の抑制の両立が可能となる。

【 実施例 2 】

【 0 0 5 8 】

図5は、CO₂捕捉材を内包する容器であるCO₂捕捉材充填塔20から排出されたガスを、ボイラー1の燃焼用ガスとして使用する装置の構成例を示す図である。本システムでは、復水器24によって凝集した復水とボイラー排ガスを熱回収GGH4により熱交換させる装置も具備している。

【 0 0 5 9 】

ガス供給ファン10に流入するガスとしては、CO₂捕捉過程、CO₂パーズ過程、塔冷却過程の過程においてCO₂捕捉材を内包するCO₂捕捉材充填塔20から排出されたガスを使用することができる。CO₂捕捉材充填塔20から排出されたガスを使用することで、エアーヒーター3に流入するガスの温度が30 から100 になった場合、熱回収G

10

20

30

40

50

GH4に流入する排ガス温度は凡そ50 上昇する。従って、熱回収GGH4により熱交換を受けた復水の温度を効果的に上げることが可能となり、ボイラー出力向上につながる。この場合、ボイラーの発電効率は約2.1%向上する。

【0060】

また、CO₂パーズ過程において容器であるCO₂捕捉材充填塔20から排出されるガスをガス供給ファン10に流入するガスとして使用する場合、CO₂捕捉材充填塔20から排出されるガス種として、N₂、O₂以外に少量のCO₂が含有されることがある。その場合、本構成とすることで、再度CO₂ガスをボイラーに流入することができるため、排ガス浄化システムを通じてCO₂回収装置にて再度捕捉することが可能となる。従って、CO₂回収効率が高まる。

10

【0061】

本実施例は、CO₂捕捉材充填塔20から排出されたガスを、ボイラー1の燃焼用ガスとして使用する装置構成としたが、ボイラー1の燃焼用ガスとして大気中の空気を使用し、空気と、CO₂捕捉材充填塔20から排出されたガスとの熱交換により空気温度を高めた後、ボイラー1の燃焼用ガスとして使用することも可能である。その場合、ガス供給ファン10に流入するガスとして、CO₂捕捉過程、CO₂パーズ過程、CO₂脱離過程、塔冷却過程のいずれの過程においてCO₂捕捉材を内包するCO₂捕捉材充填塔20から排出されたガスを使用することができる。

【0062】

以上の結果から、本実施例に示したように、CO₂回収装置から排出される排ガスを用いてボイラーシステムに関わる流体の温度を向上させる装置であり、ボイラーに流入するガスの温度を、CO₂回収装置から排出される排ガスを用いて高める装置として、ボイラー1に流入する燃焼用ガスの一部或いは全部をCO₂捕捉材充填塔20から排出される排ガスとする装置としたり、空気とCO₂捕捉材充填塔20から排出されたガスとの熱交換を行い、空気温度を高めてボイラー1の燃焼用ガスとして使用する熱回収GGHなどのような装置構成とすることで、ボイラーの出力向上が可能となる。

20

【実施例3】

【0063】

図6は、CO₂捕捉材を内包する容器であるCO₂捕捉材充填塔20から排出されたガスを、煙突9前段のガスへ流入させる装置の構成例を示す図である。煙突9前段のガスへ流入させるガスとしては、CO₂捕捉過程、CO₂パーズ過程、塔冷却過程の過程においてCO₂捕捉材を内包するCO₂捕捉材充填塔20から排出されたガスを使用することができる。一般に、脱硫装置6から排出されたガスの温度は凡そ40 ~ 50 であるが、CO₂捕捉材を内包するCO₂捕捉材充填塔20から排出されたガスを、煙突9前段のガスへ流入させて90 程度とすることで煙突9からの白煙生成が抑制できる。更に、図2に示したような装置構成を併せて使用し、復水器24によって凝集した復水とボイラー排ガスを熱回収GGH4により熱交換させることで、ボイラー出力向上も可能となる。

30

【0064】

本実施例は、CO₂捕捉材充填塔20から排出されたガスを、煙突9前段のガスへ流入させるガスとして使用する装置構成としたが、脱硫装置6から排出されたガスとCO₂捕捉材充填塔20から排出されたガスとの熱交換により、煙突9に流入するガス温度を高めることも可能である。その場合CO₂捕捉材充填塔20から排出されたガスとして、CO₂捕捉過程、CO₂パーズ過程、CO₂脱離過程、塔冷却過程のいずれの過程においてCO₂捕捉材を内包するCO₂捕捉材充填塔20から排出されたガスを使用することができる。

40

【0065】

以上の結果から、本実施例に示したように、CO₂回収装置から排出される排ガスを用いてボイラーシステムに関わる流体の温度を向上させる装置であり、煙突に流入するガスの温度を、前記CO₂回収装置から排出される排ガスを用いて高める装置として、煙突9前段のガスへ流入するガスがCO₂捕捉材充填塔20から排出されるガスを含む装置としたり、脱硫装置6から排出されたガスとCO₂捕捉材充填塔20から排出されたガスとの

50

熱交換により、煙突9に流入するガス温度を高める熱回収GGHなどのような装置構成とすることで、ボイラーの出力向上及び煙突からの白煙生成の抑制が可能となる。

【0066】

なお、本発明は上記した実施例に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、上記した実施例は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施例の構成の一部を他の実施例の構成に置き換えることが可能であり、また、ある実施例の構成に他の実施例の構成を加えることも可能である。また、各実施例の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることが可能である。

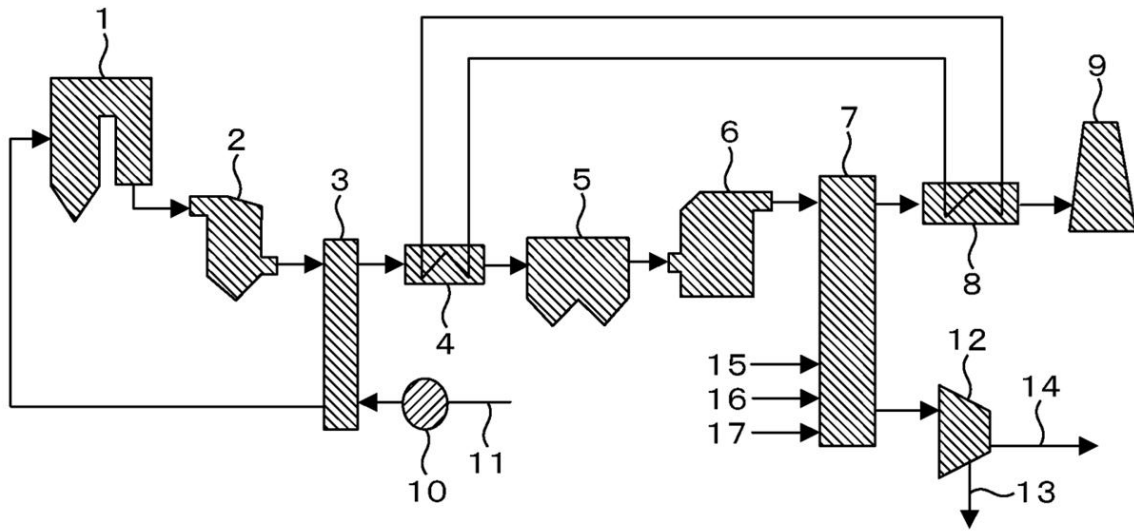
【符号の説明】

【0067】

1	ボイラー	
2	脱硝装置	
3	エア－ヒーター	
4	熱回収GGH	
5	乾式電気集塵器	
6	脱硫装置	
7	CO ₂ 回収装置	
8	再加熱GGH	
9	煙突	10
10	ガス供給ファン	
11	空気	
12	圧縮機	
13	CO ₂	
14	非凝縮性ガス	
15	CO ₂ ガス流路	
16	水蒸気ガス流路	
17	空気流路	
18	CO ₂ 含有ガス流路	
19	切換え弁	30
20	CO ₂ 捕捉材充填塔	
21	ガス排出口	
22	CO ₂ 圧縮機接続配管	
23	蒸気タービン	
24	復水器	
25	蒸気	
26	加熱器	
27	給水ポンプ	
28	熱交換器用給水ポンプ	40

【図1】

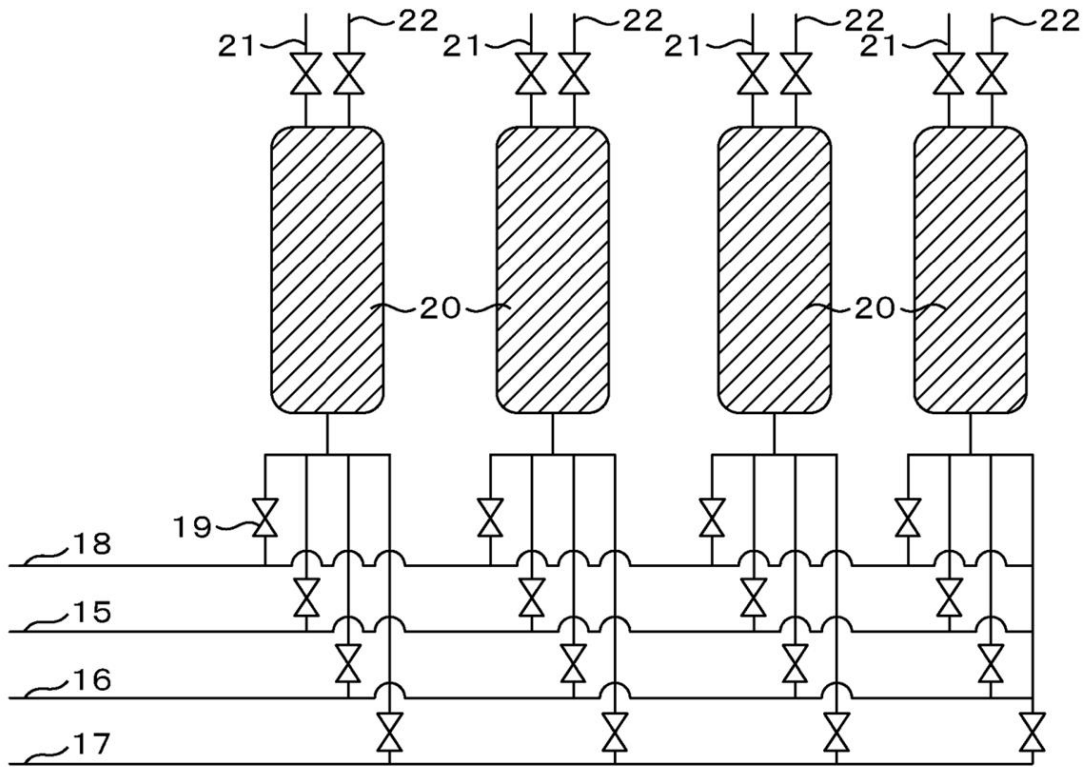
図 1



- 1…ボイラー 2…脱硝装置 3…エア－ヒーター 4…熱回収GGH
5…乾式電気集塵器 6…脱硫装置 7…CO₂回収装置 8…再加熱GGH
9…煙突 10…ガス供給ファン 11…空気 12…圧縮機 13…CO₂
14…非凝縮性ガス 15…CO₂ 16…蒸気 17…空気

【図3】

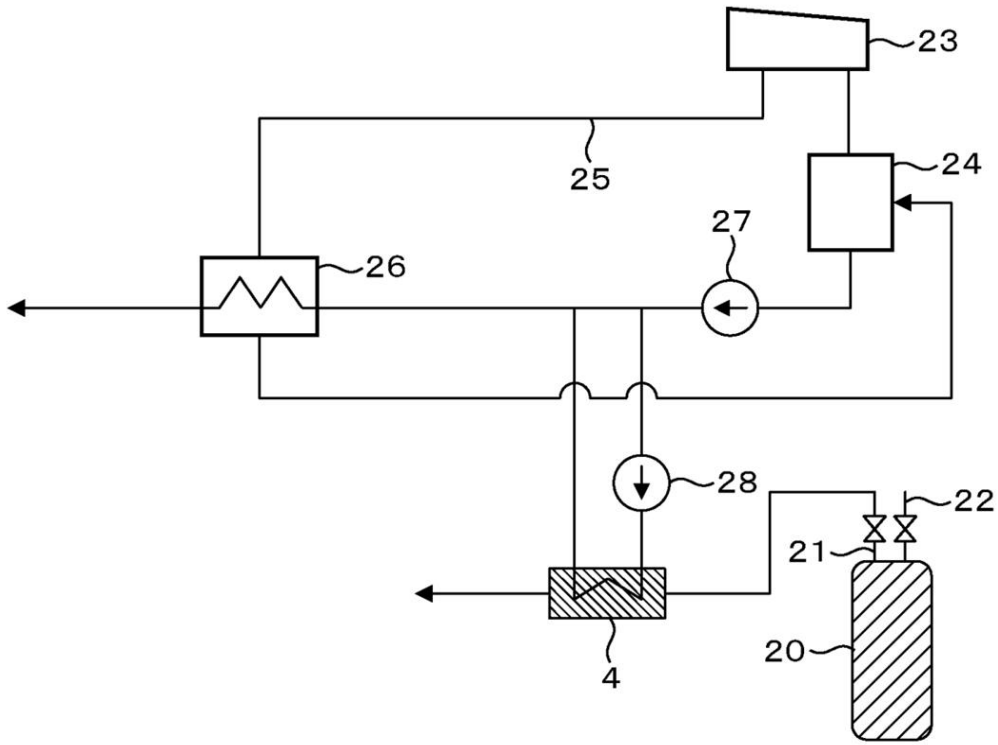
図 3



18…排ガス 19…切換え弁 20…CO₂捕捉材充填塔 21…ガス排出口
22…CO₂圧縮機接続配管

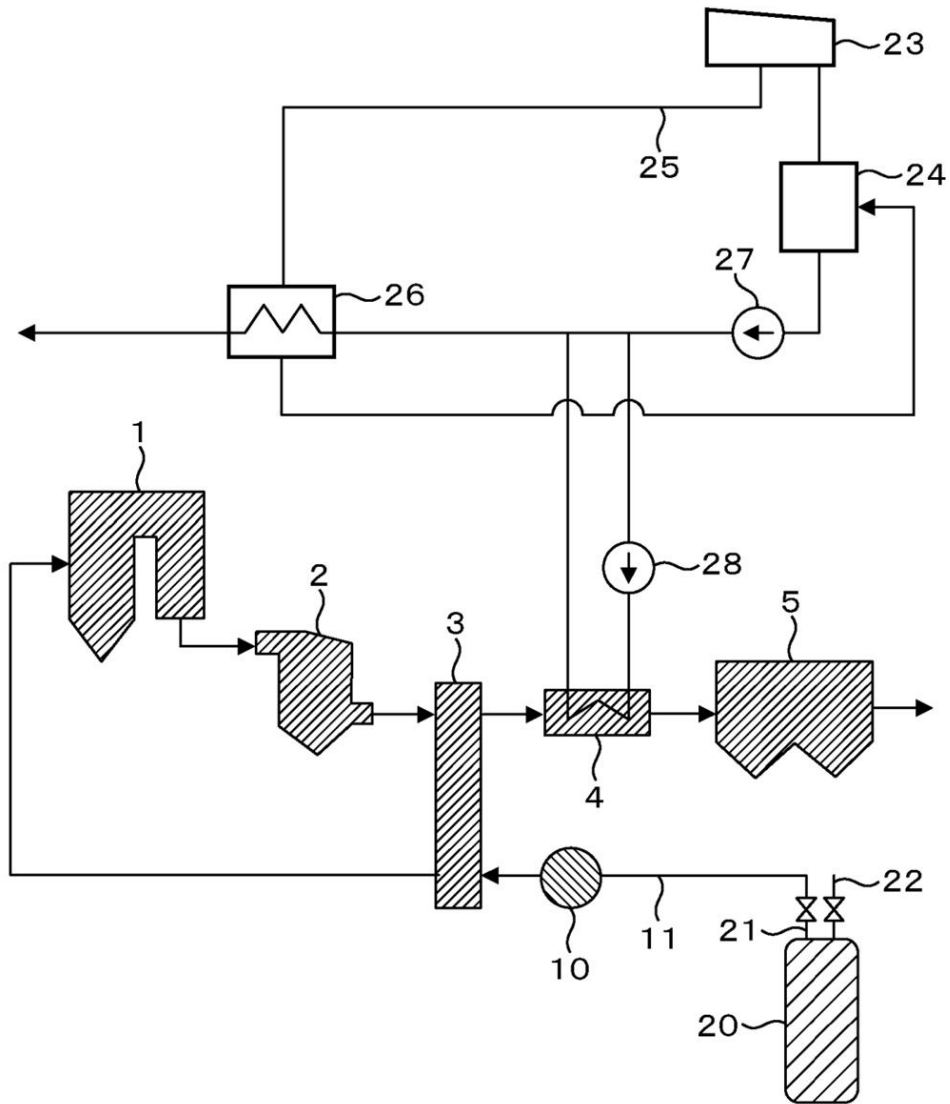
【 図 4 】

図 4



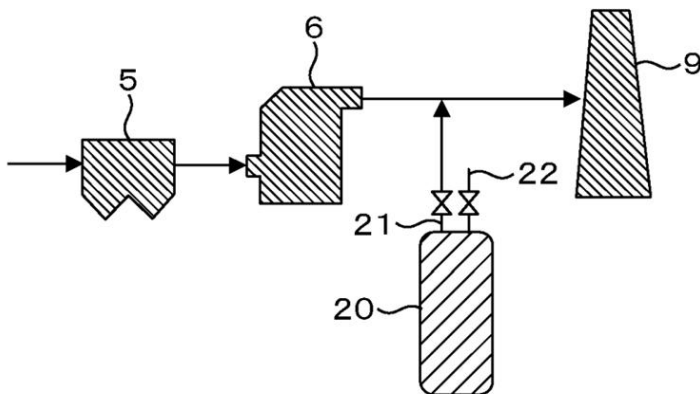
【 図 5 】

図 5



【 図 6 】

図 6



フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I		
	F 2 3 J 15/00 (2006.01)		F 2 3 J 15/00	Z
	F 2 3 J 15/08 (2006.01)		F 2 3 J 15/00	L

(72)発明者 佐藤 大樹
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号
所内 株式会社 日立製作所 日立研究

(72)発明者 吉川 晃平
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号
所内 株式会社 日立製作所 日立研究

(72)発明者 菅野 周一
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号
所内 株式会社 日立製作所 日立研究

(72)発明者 折田 久幸
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号
所内 株式会社 日立製作所 日立研究

審査官 山本 崇昭

(56)参考文献 特開平05-026409(JP,A)
特開昭59-035713(JP,A)
特開2002-079052(JP,A)
特開2009-008365(JP,A)
特開2011-162383(JP,A)
特開2007-205689(JP,A)
特開2011-173059(JP,A)
特開平01-203212(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F 2 2 D	1 / 3 6
B 0 1 D	5 3 / 6 2
C 0 1 B	3 1 / 2 0
F 2 2 D	1 / 0 2
F 2 3 J	1 5 / 0 0
F 2 3 J	1 5 / 0 8
F 2 3 L	1 5 / 0 0