

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3962977号  
(P3962977)

(45) 発行日 平成19年8月22日(2007. 8. 22)

(24) 登録日 平成19年6月1日(2007. 6. 1)

(51) Int. Cl.

F I

**F O 2 C 3/30 (2006. 01)**

F O 2 C 3/30 B

**F O 2 C 7/08 (2006. 01)**

F O 2 C 3/30 C

**F 2 3 R 3/00 (2006. 01)**

F O 2 C 7/08 B

F 2 3 R 3/00 A

請求項の数 4 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2001-229972 (P2001-229972)

(22) 出願日 平成13年7月30日(2001. 7. 30)

(65) 公開番号 特開2003-41945 (P2003-41945A)

(43) 公開日 平成15年2月13日(2003. 2. 13)

審査請求日 平成15年8月21日(2003. 8. 21)

(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 100098017

弁理士 吉岡 宏嗣

(72) 発明者 塚本 守昭

茨城県日立市幸町三丁目1番1号

株式会社日立製作所 火力・

水力事業部内

審査官 藤原 直欣

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ガスタービンコージェネレーションシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

空気を圧縮する圧縮機、燃料を燃焼させて燃焼ガスを発生する燃焼器、及び前記燃焼ガスによって駆動され前記圧縮機を回転させる膨張タービンからなるガスタービンと、前記ガスタービンによって回転駆動される発電機と、前記ガスタービンから排出されたガスタービン排ガスが通気され、該ガスタービン排ガスと前記圧縮機から抽気した圧縮空気との間で熱交換して圧縮空気を加熱するとともに、その加熱した圧縮空気を前記燃焼器に導入する再生器と、前記再生器通過後のガスタービン排ガスの熱を利用して水から蒸気を発生する蒸気発生器と、前記圧縮機から抽気した圧縮空気に、前記蒸気発生器で発生した蒸気又は微細水滴を注入して加湿する加湿器と、前記再生器で加熱された圧縮空気に、微細水滴を噴霧して加湿する水噴霧器とを備えたガスタービンコージェネレーションシステム。

【請求項2】

請求項1に記載のガスタービンコージェネレーションシステムにおいて、

必要とするプロセス蒸気量の増/減に応じて前記加湿器で注入される蒸気又は微細水滴量を減/増させるとともに、必要な発電量の増減に応じて前記水噴霧器で噴霧される微細水滴量を増/減させる制御装置を設けたことを特徴とするガスタービンコージェネレーションシステム。

【請求項3】

空気を圧縮する圧縮機、燃料を燃焼させて燃焼ガスを発生する燃焼器、及び前記燃焼ガスによって駆動され前記圧縮機を回転させる膨張タービンからなるガスタービンと、前記

10

20

ガスタービンによって回転駆動される発電機と、前記ガスタービンから排出されたガスタービン排ガスが通気され、該ガスタービン排ガスと前記圧縮機から抽気した圧縮空気との間で熱交換して圧縮空気を加熱するとともに、その加熱した圧縮空気を前記燃焼器に導入する再生器と、前記再生器通過後のガスタービン排ガスの熱を利用して水から蒸気を発生する蒸気発生器と、前記再生器をバイパスして前記蒸気発生器に直接流入する前記ガスタービン排ガスの割合を制御する排ガス分流器と、前記圧縮機から抽気した圧縮空気に、前記蒸気発生器で発生した蒸気又は微細水滴を注入して加湿する加湿器と、前記再生器で加熱された圧縮空気に、微細水滴を噴霧して加湿する水噴霧器とを備えたガスタービンコージェネレーションシステム。

【請求項 4】

請求項 3 に記載のガスタービンコージェネレーションシステムにおいて、

必要とするプロセス蒸気量の増 / 減に応じて前記加湿器で注入される蒸気量又は微細水滴量を減 / 増させるとともに、必要な発電出力の増減に応じて前記水噴霧器で噴霧される微細水滴量を増 / 減させ、上記制御範囲を超えてプロセス蒸気量を増加させる必要がある場合は、分流する排ガス量を増加させる制御装置を設けたことを特徴とするガスタービンコージェネレーションシステム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明はガスタービンを用いたコージェネレーションシステムに関し、特にプロセスに送気する蒸気量と発電出力の割合 (= 熱電比) を可変とし、かつ、高い発電効率を達成する熱電比可変のコージェネレーションシステムに関するものである。

【0002】

【従来の技術】

熱電比可変のコージェネレーションシステムの従来例として、チェン (Cheng) サイクルが知られている。このチェンサイクルには、図 10 に示すように、空気を圧縮する圧縮機 1 と、燃料を燃焼させて燃焼ガスを発生する燃焼器 2 と、燃焼ガスによって駆動され圧縮機 1 を回転させる膨張タービン 3 とからなるガスタービン 4 が設けられている。そして、ガスタービン 4 からの高温排ガスを排熱回収ボイラ 5 に通気するとともに、排熱回収ボイラ 5 内の蒸気発生器 6 において高温排ガスからの回収熱を利用して、排熱回収ボイラ 5 に供給された水から蒸気を発生する。発生した蒸気は分岐させて、一部の蒸気はプロセス蒸気として外部へ送気するとともに、残りの蒸気は排熱回収ボイラ 5 内の過熱器 7 で更に加熱した後に、ガスタービン 4 の燃焼器 2 に注入する。これにより、ガスタービン 4 で駆動される発電機 8 の発電出力を増加させることができる。なお、必要なプロセス蒸気量に対して排熱回収ボイラ 5 での発生蒸気量が不足する場合には、排熱回収ボイラ 5 を追い炊きして発生蒸気量を増加させている。

【0003】

このようなチェンサイクルでは、ガスタービン 4 の燃料流量と燃焼器 2 への蒸気注入量と追い炊き量を制御することによって、必要な発電量とプロセス蒸気量の幅広い変化に対応した運転が可能である。

【0004】

チェンサイクルの代表的特性例として、ガスタービンを定格で運転し、かつ追い炊きをしていない場合の発電量とプロセス蒸気量の関係を図 11 に、そのときの発電効率とプロセス蒸気量の関係を図 12 に示す。なお、この例では発生蒸気量の 1 / 2 をプロセス蒸気量として出力し、残りの蒸気を燃焼器に注入する条件を設計点としている。

【0005】

図 11 に示すように、チェンサイクルでは、ガスタービンを定格で運転し、かつ追い炊きをしていない場合でも、比較的広い範囲のプロセス蒸気量に対応可能であるが、図 12 に示すように、チェンサイクルの発電効率は最も良い運転条件においてもシンプルサイクルのガスタービン発電機を幾分上回る程度であり、発電効率が比較的低いという欠点がある。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 6 】

そこで、図 1 3 に示すように再生器 9 を設けるとともに、蒸気発生器 6 で発生した蒸気と圧縮機 1 からの圧縮空気とを混合して再生器 9 に供給し、再生器 9 においてガスタービン 4 からの高温排ガスによって加熱された空気 - 蒸気混合ガスを燃焼器 2 に供給することが提案されている（特公平 8 - 2 6 7 8 0 号公報）。

## 【 0 0 0 7 】

## 【発明が解決しようとする課題】

ところで、図 1 3 に示すシステムにおける発電量 - プロセス蒸気量、及び発電効率 - プロセス蒸気量の特性を示すと、それぞれ図 1 4 及び図 1 5 のようになり、プロセス蒸気及び発電量の必要量に応じて、その割合（熱電比）を比較的高い発電効率を維持した状態に変えることができる。

10

## 【 0 0 0 8 】

しかし、上記従来の技術では、プロセス蒸気及び発電量の可変範囲が比較的狭く、プロセス蒸気量をさらに大量に供給するためは補助ボイラ等が必要となり、全投入燃料に対する発電効率が大きく低下する。多くのユーザは発電効率をできるだけ高く維持したまま広範囲のプロセス蒸気量範囲での運用を望むことが多く、従来の技術では、これらユーザの要求には十分に答えることができない。

## 【 0 0 0 9 】

本発明の課題は、発電効率を高く維持したまま、広範囲のプロセス蒸気量範囲での運用が可能で、ガスタービンコージェネレーションシステムを提供することにある。

20

## 【 0 0 1 0 】

## 【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、本発明のガスタービンコージェネレーションシステムは、空気を圧縮する圧縮機、燃料を燃焼させて燃焼ガスを発生する燃焼器、及び前記燃焼ガスによって駆動され前記圧縮機を回転させる膨張タービンからなるガスタービンと、前記ガスタービンによって回転駆動される発電機と、前記ガスタービンから排出されたガスタービン排ガスが通気され、該ガスタービン排ガスと前記圧縮機から抽気した圧縮空気との間で熱交換して圧縮空気を加熱するとともに、その加熱した圧縮空気を前記燃焼器に導入する再生器と、前記再生器通過後のガスタービン排ガスの熱を利用して水から蒸気を発生する蒸気発生器と、前記圧縮機から抽気した圧縮空気に、前記蒸気発生器で発生した蒸気又は微細水滴を注入して加湿する加湿器と、前記再生器で加熱された圧縮空気に、微細水滴を噴霧して加湿する水噴霧器とを備えたことを特徴としている。

30

## 【 0 0 1 1 】

上記構成によれば、加湿器において、注入する蒸気量又は微細水滴の量を増加させると、圧縮機から抽気した圧縮空気は加湿され流量が増加するとともに温度が低下する。そのため、再生器におけるガスタービン排ガスからの回収熱量が増加する。そして、再生器で加熱された圧縮空気はガスタービンの燃焼器に導入されるため、発電出力が増加し、かつ、発電効率も向上する。このとき、再生器後流側の蒸気発生器に流入するガスタービン排ガスの保有熱量は減少するため、発生蒸気量は減少する。

## 【 0 0 1 2 】

一方、水噴霧器において、再生器で加熱された圧縮空気に微細水滴を噴霧すると、再生器からの高温の圧縮空気は加湿増量かつ減温されて燃焼器に入る。燃焼器からの高温燃焼ガスのタービン入口温度を一定とすると、投入燃料及び燃焼ガス流量が増加して、発電出力は増加するが、発電効率は低下する。このとき、ガスタービン排ガス流量が増加するため、発生蒸気量が増加する。

40

## 【 0 0 1 3 】

したがって、加湿器で蒸気又は微細水滴の注入操作と水噴霧器での微細水滴の噴霧操作を組み合わせることにより、必要な発電出力とプロセス蒸気量に対応したシステムの運用が可能となる。

## 【 0 0 1 4 】

50

必要とするプロセス蒸気量の増／減に応じて前記加湿器で注入される蒸気又は微細水滴量を減／増させるとともに、必要な発電量の増減に応じて前記水噴霧器で噴霧される微細水滴量を増／減させる制御装置を設けることができる。

【 0 0 1 5 】

また、本発明のガスタービンコージェネレーションシステムは、上記のシステム構成に加えて、圧縮機が吸気する空気に微細水滴を噴霧する吸気噴霧器を設けたことを特徴としている。この場合、吸気噴霧器で噴霧される微細水滴量を、必要な発電量及びプロセス蒸気量に応じて制御する制御装置を設けることができる。

【 0 0 1 6 】

吸気噴霧器で噴霧された微細水滴は、その一部が蒸発するときに圧縮機入口に流入する空気から熱を奪いその温度を低下させ、空気の体積当りの重量（比重量）が増加する。圧縮機の回転数が一定の場合には圧縮機に流入する空気の体積流量は一定であるので、空気の比重量の増加によって圧縮機に流入する空気の重量流量が増加する。そのため、ガスタービンの作動流体の流量が増加して発電出力が増加する。

【 0 0 1 7 】

また、圧縮機入口で蒸発しなかった微細水滴は圧縮機内部で蒸発して空気温度を下げるのでインタークーラと同様の効果があり、圧縮動力を低下させることができる。この圧縮動力の低下により、プラントの発電効率が向上する。

【 0 0 1 8 】

さらに、本発明のガスタービンコージェネレーションシステムは、上記の各システム構成に加えて、再生器をバイパスして蒸気発生器に直接流入するガスタービン排ガスの割合を制御する排ガス分流器を設けたことを特徴としている。この場合、必要とするプロセス蒸気量の増／減に応じて加湿器で注入される蒸気量又は微細水滴量を減／増させるとともに、必要な発電出力の増減に応じて水噴霧器で噴霧される微細水滴量を増／減させ、上記制御範囲を超えてプロセス蒸気量を増加させる必要がある場合は、分流する排ガス量を増加させる制御装置を設けることができる。

【 0 0 1 9 】

上記構成によれば、排ガス分流器によって再生器に直接通気するガスタービン排ガス量を増加させると、再生器で回収される熱量が増加し、蒸気発生器で回収される熱量は減少する。そのため、発電出力は増加し、発電効率は向上し、蒸気発生量は低下する。

【 0 0 2 0 】

逆に、この排ガス分流器によって再生器に直接通気するガスタービン排ガス量を減少させると、再生器で回収される熱量が減少し、蒸気発生器で回収される熱量は増加する。そのため、発電出力は減少し、発電効率は低下するが、蒸気発生量は増加する。

【 0 0 2 1 】

このように、加湿器及び水噴霧器を設けた場合、または加湿器、水噴霧器及び吸気噴霧器を設けた場合における制御に加えて、排ガス分流器による再生器バイパス制御を組み合わせることによって、必要な発電出力とプロセス蒸気量に対応したシステムの運用がより広い範囲で可能となる。

【 0 0 2 2 】

【 発明の実施の形態 】

以下、本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。

（実施の形態 1）

図 1 は、本発明の実施の形態 1 によるガスタービンコージェネレーションシステムの全体構成図である。図 1 に示すように、空気を圧縮する圧縮機 11 と、燃料を燃焼させて燃焼ガスを発生する燃焼器 12 と、燃焼ガスによって駆動され圧縮機 11 を回転させる膨張タービン 13 とからなるガスタービン 14 が設けられている。ガスタービン 14 には発電機 15 が接続され、この発電機 15 は膨張タービン 13 によって駆動される。また、ガスタービン 14 からの高温の排ガス（ガスタービン排ガス）が通気される再生器 16 が設けられ、さらにガスタービン排ガスの流れに沿って再生器 16 の後流側に、蒸発器と節炭器と

10

20

30

40

50

より構成された蒸気発生器 17 が設けられている。

【0023】

圧縮機 11 で圧縮した圧縮空気はタービン 13 に導入されているが、本実施の形態では、前記圧縮空気の大部分は圧縮機 11 出口に取り付けられた圧縮機出口空気配管 18 を介して再生器 16 に供給される。この圧縮空気は再生器 16 でガスタービンからの排ガスと熱交換して高温圧縮空気となり、再生器 16 出口に取り付けられた再生器出口配管 19 を介して燃焼器 12 に導入され、燃焼器 12 に供給される燃料を燃焼させて発生した高温燃焼ガスにより膨張タービン 13 を駆動する。そして、膨張タービン 13 で発生した動力により発電機 15 と圧縮機 11 は駆動される。

【0024】

このように、本実施の形態ではいわゆる再生サイクルを基本としている。この再生サイクルでは、再生器 16 でガスタービン排ガスから圧縮空気に熱を回収して燃焼器 12 に戻すことができるので、高い発電効率での発電が可能となる。

【0025】

また、本実施の形態では、圧縮機出口空気配管 18 の途中に圧縮機出口加湿器 20 が設けられ、この圧縮機出口加湿器 20 と蒸気発生器 17 の蒸発器とが蒸気配管 21 で接続されている。蒸気発生器 17 で発生した蒸気の一部はプロセス蒸気として他の設備に供給されるが、残りの蒸気は蒸気配管 21 を介して圧縮機出口加湿器 20 に注入され、圧縮機 11 からの圧縮空気を加湿・増量する。圧縮機出口加湿器 20 には、蒸気の代わりに微細水滴を注入することもできる。

【0026】

このように構成することにより、蒸気発生器 17 で発生した蒸気が必要なプロセス蒸気より多い場合には、残りの蒸気で圧縮機 11 からの圧縮空気を加湿・増量することができ、また再生器 16 で回収できる熱量も増加する。この加湿・増量された圧縮空気が燃焼器 12 に供給されるため、燃焼ガスの膨張タービン 13 入口温度が一定の場合には膨張タービン 13 の作動ガス流量が増加し、発電出力が増加し、発電効率も向上する。圧縮空気への加湿量を増加させたときの蒸気発生器 17 での発生蒸気量は、再生器 16 で回収される熱量が増加して蒸気発生器 17 へ流入する排ガス熱量が低下する効果と、膨張タービン 13 の作動ガス流量が増加することにより蒸気発生器 17 への排ガス熱量が増加する効果のバランスで決まる。

【0027】

また、本実施の形態では、再生器出口配管 19 の途中に水噴霧器 22 が設けられ、この水噴霧器 22 と蒸気発生器 17 の節炭器とが高圧水ポンプ 23 を有する温水配管 24 で接続されている。そして、蒸気発生器 17 の節炭器で加温された温水は高圧水ポンプ 23 で昇圧され、水噴霧器 22 から微細水滴として噴霧される。

【0028】

このように、水噴霧器 22 において微細水滴を噴霧すると、再生器 16 からの高温圧縮空気が加湿・増量され、かつ微細水滴の蒸発潜熱により減温されてから燃焼器 12 に入る。このとき、燃焼器 12 からの高温燃焼ガスの膨張タービン 13 入口温度を一定とすると、膨張タービン 13 の作動ガス流量が増加して、発電出力が増加する。また、ガスタービン排ガス流量が増加するため、発生蒸気量も増加する。ただし、燃焼器 12 への必要な燃料の流量が増加して、発電効率は低下する。

【0029】

さらに、本実施の形態では、圧縮機 11 に取り付けられた空気吸込配管 25 の途中に吸気噴霧器 26 が設けられ、この吸気噴霧器 26 には給水ポンプ 27 及び高圧水ポンプ 28 を有する給水配管 29 が接続されている。そして、給水ポンプ 27 を経て高圧水ポンプ 28 で昇圧された水が吸気噴霧器 26 に導入され、吸気噴霧器 26 では圧縮機 11 の吸気空気流量の 0.5 ~ 2 wt % の水を微細水滴として噴霧する。給水配管 29 は途中が分岐して蒸気発生器 17 の節炭器に接続されている。

【0030】

10

20

30

40

50

吸気噴霧器 26 において微細水滴を噴霧すると、噴霧された微細水滴は、その一部が蒸発するときに圧縮機 11 入口に流入する空気から熱を奪い、その温度を低下させ、空気の比重を増加させる。圧縮機 11 の回転数が一定の場合には圧縮機 11 に流入する空気の体積流量は一定であるので、空気の比重量の増加によって圧縮機 11 に流入する空気の重量流量が増加する。そのため、ガスタービン 14 の作動流体の流量が増加して発電出力が増加する。また、圧縮機 11 入口で蒸発しなかった微細水滴は圧縮機 11 内部で蒸発して空気温度を下げるのでインタークーラと同様の効果があり、圧縮動力を下げる効果がある。この圧縮動力の低下により、プラントの発電効率が向上する。

【0031】

また、蒸気配管 21、温水配管 24、及び給水配管 29 にはそれぞれバルブ 30、31、32 が設けられ、また燃焼器 12 に接続された燃料配管 33 にもバルブ 34 が設けられている。これらのバルブ 30、31、32、34 は制御装置 35 に接続され、この制御装置 35 によって開度が制御される。なお、燃焼器 12 に供給される燃料量は、バルブ 34 の開度を制御することによって行われる。

10

【0032】

上述したように本実施の形態によれば、圧縮機出口加湿器 20、水噴霧器 22、及び吸気噴霧器 26 を設け、圧縮機出口加湿器 20 での蒸気又は微細水滴の注入操作、水噴霧器 22 での微細水滴の噴霧操作、及び吸気噴霧器 26 での微細水滴の噴霧操作を組み合わせることにより、高い発電効率を維持したままで、必要な発電量とプロセス蒸気量に対応したシステムの運用が可能となる。なお、圧縮機出口加湿器 20 での蒸気又は微細水滴の注入操作、及び水噴霧器 22 での微細水滴の噴霧操作だけでも、高い発電効率を維持したままで、必要な発電量とプロセス蒸気量に対応したシステムの運用が可能である。

20

【0033】

次に、本実施の形態に係るガスタービンコージェネレーションシステムの運用とその特性について、図 2 及び図 3 を用いて説明する。図 2 は圧縮機出口への加湿と再生器出口への加湿および燃料を操作した時の発電量とプロセス蒸気量の関係を示し、図 3 はそのときの発電効率とプロセス蒸気量の関係を示している。図 2 及び図 3 中の記号 ▲1▼～▲5▼はシステムの運転状態を示しており、その運転状態は下記の通りである。ただし、図 2 及び図 3 は吸気噴霧器 26 を作動させていないときの特性を示している。

【0034】

▲1▼は本実施の形態の設計点であり、プロセス蒸気が不要で、かつ高い発電効率で大きな発電量を必要とする運転状態である。すなわち、燃焼ガスの膨張タービン 13 の入口温度（GT 入口温度）を定格温度として、蒸気発生器 17 で発生した蒸気の全量を圧縮機出口加湿器 20 に供給し、水噴霧器 22 からは微細水滴を噴霧しない運転状態である。

30

【0035】

▲2▼は上記 ▲1▼の状態よりさらに大きな発電量を必要とする運転状態である。本運転状態では、燃焼ガスの膨張タービン 13 の入口温度（GT 入口温度）を定格温度として、蒸気発生器 17 で発生した蒸気の全量を圧縮機出口加湿器 20 に供給し、かつ、ガスタービンの許容範囲内で水噴霧器 22 から微細水滴を噴霧する。

【0036】

▲3▼は、できるだけ多くの発電量とプロセス蒸気量とを出力する運転状態である。本運転状態では、燃焼ガスの膨張タービン 13 の入口温度（GT 入口温度）を定格温度として、蒸気発生器 17 で発生した蒸気の全量をプロセス蒸気に廻し、圧縮機出口加湿器 20 へは蒸気を供給しない。これと同時に、水噴霧器 22 からガスタービン許容範囲内で最大量の微細水滴を噴霧する。

40

【0037】

▲4▼は、必要な発電量とプロセス蒸気量が中間的な場合の代表的運転状態である。本運転状態では、燃焼ガスの膨張タービン 13 の入口温度（GT 入口温度）を定格温度として、蒸気発生器 17 で発生した蒸気の全量をプロセス蒸気に廻し、かつ、水噴霧器 22 からも微細水滴を噴霧しない運転状態である。

50

## 【 0 0 3 8 】

▲ 5 ▼ は、必要とする発電量が少なく、かつ、プロセス蒸気を必要としない場合の運転状態である。本運転状態では、▲ 1 ▼ の運転状態と同様に蒸気発生器 1 7 で発生した蒸気の全量を圧縮機出口加湿器 2 0 に供給し、水噴霧器 2 2 からは微細水滴を噴霧しない。これと同時に、必要とする発電量に合わせて燃料を絞り G T 入口温度を下げるなどして、ガスタービンを部分負荷運転する。

## 【 0 0 3 9 】

上記の ▲ 1 ▼ ~ ▲ 5 ▼ は代表的運転条件であり、必要とする発電量とプロセス蒸気量に応じて、圧縮機出口加湿器 2 0 と水噴霧器 2 2 の運転条件を選ぶことにより、図 2 の ▲ 1 ▼ - ▲ 2 ▼ - ▲ 3 ▼ - ▲ 4 ▼ で囲まれる領域の発電量とプロセス蒸気量を、図 3 に示す高い発電効率で供給することができる。

10

## 【 0 0 4 0 】

また、必要とする発電量に合わせて G T 入口温度を下げるなどしてガスタービンを部分負荷運転することにより、図 2 の ▲ 1 ▼ - ▲ 4 ▼ - ▲ 5 ▼ で囲まれる領域の発電量とプロセス蒸気量を、図 3 に示す高い発電効率で供給することができる。

## 【 0 0 4 1 】

図 2 及び図 3 では吸気噴霧器 2 6 を作動させない場合を示したが、例えば、圧縮機 1 1 の吸い込み空気量の 1 w t % の水を吸気噴霧器 2 6 より噴霧することにより、発電量及びプロセス蒸気量にかかわらず発電効率が図 3 に示した値よりさらに約 1 . 6 % ( 相対値 ) 向上する効果がある。

20

## 【 0 0 4 2 】

なお、再生器 1 6 又は蒸気発生器 1 7 の排ガス上流側に追い炊きバーナを設けることにより、図 3 に示した運転状態 ▲ 3 ▼ よりさらに大量のプロセス蒸気を供給することも可能である。

## 【 0 0 4 3 】

( 実施の形態 2 )

図 4 は、本発明の実施の形態 2 によるガスタービンコージェネレーションシステムの全体構成図である。本実施の形態では、膨張タービン 1 3 の排気口と再生器 1 6 の間に排ガス分流器 4 0 が設けられ、再生器 1 6 をバイパスして蒸気発生器 1 7 に直接流入するガスタービン排ガスの割合を制御できるようになっている。そして、再生器 1 6 を通過したガスタービン排ガスは、再生器 1 6 をバイパスしたガスタービン排ガスと合流して蒸気発生器 1 7 に流入する。なお、他の構成は実施の形態 1 の場合と同じである。

30

## 【 0 0 4 4 】

上記構成において、排ガス分流器 4 0 によって、再生器 1 6 をバイパスするガスタービン排ガスを減少させると、再生器 1 6 で回収される熱量が増加し、蒸気発生器 1 7 で回収される熱量は減少する。そのため、発電出力は増加し、発電効率は向上し、蒸気発生量は低下する。

## 【 0 0 4 5 】

逆に、この排ガス分流器 4 0 によって、再生器 1 6 をバイパスして直接蒸気発生器 1 7 に流入するガスタービン排ガスを増加させると、再生器 1 6 で回収される熱量が減少し、蒸気発生器 1 7 で回収される熱量は増加する。そのため、発電出力は減少し、発電効率は低下するが、蒸気発生量を増加させることができる。

40

## 【 0 0 4 6 】

次に、本実施の形態に係るガスタービンコージェネレーションシステムの運用とその特性について、図 5 及び図 6 を用いて説明する。図 5 は圧縮機出口への加湿と再生器出口への加湿操作に加え、ガスタービン排ガスの再生器バイパス操作した時の発電量とプロセス蒸気量の関係を示し、図 6 はそのときの発電効率とプロセス蒸気量の関係を示している。図 5 及び図 6 の中の記号 ▲ 1 ▼ ~ ▲ 7 ▼ はシステムの運転状態を示しており、その運転状態は下記の通りである。ただし、図 5 及び図 6 は吸気噴霧器 2 6 を作動させていないときの特性を示している。

50

## 【 0 0 4 7 】

▲ 1 ▼ ~ ▲ 5 ▼ はガスタービン排ガスが再生器バイパスなしの時の運転状態であり、図 2 に示した実施の形態 1 の ▲ 1 ▼ ~ ▲ 5 ▼ の運転状態と同じである。したがって、▲ 1 ▼ ~ ▲ 5 ▼ の運転状態での発電量、プロセス蒸気量、発電効率等に関する特性は実施の形態 1 で述べた図 2 及び図 3 と同等の効果を得ることができる。

## 【 0 0 4 8 】

▲ 6 ▼ は本実施の形態において最大のプロセス蒸気量を得ることのできる運転状態である。本運転状態では、燃焼ガスの膨張タービン 1 3 の入口温度 ( G T 入口温度 ) を定格温度として、ガスタービン排ガスの全量を再生器バイパスしている。この状態で、蒸気発生器 1 7 で発生した蒸気的全量をプロセス蒸気に廻し、圧縮機出口加湿器 2 0 へは蒸気を供給しない。これと同時に、水噴霧器 2 2 からガスタービン許容範囲内で最大量の微細水滴を噴霧する。

10

## 【 0 0 4 9 】

▲ 7 ▼ は上記 ▲ 6 ▼ の運転状態のうち、水噴霧器 2 2 からの噴霧を停止した運転状態である。

本実施の形態によれば、ガスタービン排ガスの再生器バイパス割合を制御することにより、実施の形態 1 で示した ▲ 1 ▼ - ▲ 2 ▼ - ▲ 3 ▼ - ▲ 4 ▼ - ▲ 5 ▼ で囲まれる発電量とプロセス蒸気量の供給範囲に加え、▲ 3 ▼ - ▲ 6 ▼ - ▲ 7 ▼ - ▲ 4 ▼ で囲まれる範囲の発電量とプロセス蒸気量の供給が可能となる。

## 【 0 0 5 0 】

20

ここで、図 1 1 及び図 1 2 に示した従来技術と本発明のシステムの特性である図 5 と図 6 を比較する。

従来技術では、追い炊きなしでかつガスタービンを定格運転している場合の発電量とプロセス蒸気量の関係は、図 1 1 に示すように一本の曲線で表される。そのため、例えば必要な発電量及びプロセス蒸気量がこの曲線より下側にある場合には、必要な発電量、プロセス蒸気量に合わせてガスタービンを部分負荷運転する必要がある、発電効率が低下する。また、ガスタービンの部分負荷運転によってプロセス蒸気量が不足する場合には熱回収ボイラーの追い炊きが必要となり、さらに発電効率が低下する。そのため、必要な発電量とプロセス蒸気量が図 1 1 の曲線上に無い場合は、図 1 2 に示した発電効率より低下する。

## 【 0 0 5 1 】

30

これに対して本発明のシステムでは、図 5 に示す ▲ 1 ▼ - ▲ 2 ▼ - ▲ 3 ▼ - ▲ 6 ▼ - ▲ 7 ▼ - ▲ 4 ▼ - ▲ 1 ▼ で囲まれる運転領域では、ガスタービンは定格運転のままで、かつ、追い炊きすることなく必要な発電量とプロセス蒸気量を供給できるので、図 6 に示す高い発電効率が可能となる。さらに、圧縮機 1 1 の吸い込み空気量の 1 w t % 程度の水を吸気噴霧器 2 6 より噴霧することにより、発電量及びプロセス蒸気量にかかわらず発電効率が図 6 に示した値よりさらに約 1 . 6 % ( 相対値 ) 向上する効果がある。

## 【 0 0 5 2 】

( 実施の形態 3 )

図 7 は、本発明の実施の形態 3 によるガスタービンコージェネレーションシステムの全体構成図である。実施の形態 1 では、圧縮機出口空気配管 1 8 に設けられた圧縮機出口加湿器 2 0 に蒸気発生器 1 7 からの蒸気を注入していた。これに対し本実施の形態では、図 7 に示すように、圧縮機出口空気配管 1 8 に圧縮機出口加湿器 5 0 を設けるとともに、温水配管 2 4 から分岐した分岐温水配管 5 1 を圧縮機出口加湿器 5 0 に接続し、蒸気発生器 1 7 の節炭器から取り出した温水を温水配管 2 4 及び分岐温水配管 5 1 を介して圧縮機出口加湿器 5 0 に供給し、圧縮機 1 1 からの圧縮空気を加湿・減温している。なお、バルブ 3 0 は分岐温水配管 5 1 の途中に設けられている。他の構成は実施の形態 1 と同様である。

40

## 【 0 0 5 3 】

次に、本実施の形態に係るガスタービンコージェネレーションシステムの運用とその特性について、図 8 及び図 9 を用いて説明する。図 8 は圧縮機出口への加湿と再生器出口への加湿を操作した時の発電量とプロセス蒸気量の関係を示し、図 9 はそのときの発電効率と

50

プロセス蒸気量の関係を示している。図 8 及び図 9 の中の記号 A ~ D はシステムの運転状態を示しており、その運転状態は下記の通りである。なお、図 8 及び図 9 は圧縮機入口空気量の 2 wt % の水を吸気噴霧器 26 から噴霧しているときの特性を示している。

【0054】

A は本実施の形態の設計点であり、必要なプロセス蒸気量が少なく、かつ高い発電効率で大きな発電量を必要とする運転状態である。すなわち、燃焼ガスの膨張タービン 13 の入口温度 (GT 入口温度) を定格温度とし、圧縮機出口加湿器 50 の出口空気の相対湿度がほぼ 100 % となるように蒸気発生器 17 の節炭器から温水を圧縮機出口加湿器 31 に供給している。このとき、水噴霧器 22 からは微細水滴を噴霧しない運転状態である。

【0055】

B は、上記 A の状態よりさらに大きな発電量とプロセス蒸気量を必要とする場合の運転状態である。本運転状態では、燃焼ガスの膨張タービン 13 の入口温度 (GT 入口温度) を定格温度とし、圧縮機出口加湿器 50 の出口空気の相対湿度がほぼ 100 % となるように蒸気発生器 17 の節炭器から温水を圧縮機出口加湿器 50 に供給するとともに、ガスタービンの許容範囲内で水噴霧器 22 から微細水滴を噴霧する。

【0056】

C は、できるだけ多くのプロセス蒸気量を出力する運転状態である。本運転状態では、燃焼ガスの膨張タービン 13 の入口温度 (GT 入口温度) を定格温度として運転している。圧縮機出口加湿器 50 へは温水を供給せず、再生器 16 での回収熱量を減少さ、蒸気発生器 17 での発生蒸気量を増加させる。これと同時に、水噴霧器 22 からガスタービン許容範囲内で最大量の微細水滴を噴霧する。

【0057】

D は、必要な発電量とプロセス蒸気量が比較的少ない場合の代表的運転状態である。本運転状態では、燃焼ガスの膨張タービン 13 の入口温度 (GT 入口温度) は定格温度で運転しているが、圧縮機出口加湿器 50 へは温水を供給せず、かつ、水噴霧器 22 からも微細水滴を噴霧しない運転状態である。

【0058】

上記の A ~ D は代表的運転条件であり、必要とする発電量とプロセス蒸気量に応じて、圧縮機出口加湿器 50 と水噴霧器 22 の運転条件を選ぶことにより、図 8 の A - B - C - D で囲まれる領域の発電量とプロセス蒸気量を、図 9 に示す高い発電効率で供給することができる。

【0059】

特に本実施の形態では、圧縮機出口加湿器 50 へ温水を供給して圧縮空気を加湿するとともに、空気を水の蒸発潜熱で減温して再生器 16 に供給しているため、再生器 16 での回収熱量が大きくなる。そのため、上記 A のように圧縮機出口加湿器 50 を運転している時の発電効率が高くなるという効果がある。

【0060】

なお、再生器 16 又は蒸気発生器 17 の排ガス上流側に追い炊きバーナを設けることにより、図 8 に示した運転状態 C よりさらに大量のプロセス蒸気を供給することも可能である。

【0061】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、発電効率を高く維持したまま、広範囲のプロセス蒸気量範囲での運用が可能なガスタービンコージェネレーションシステムの実現を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の実施の形態 1 によるガスタービンコージェネレーションシステムの全体構成図である。

【図 2】図 1 のシステムの運用法とその特性 (発電量 - プロセス蒸気量) 示す説明図である。

10

20

30

40

50

【図 3】図 1 のシステムの運用法とその特性（発電効率 - プロセス蒸気量）を示す説明図である。

【図 4】本発明の実施の形態 2 によるガスタービンコージェネレーションシステムの全体構成図である。

【図 5】図 4 のシステムの運用法とその特性（発電量 - プロセス蒸気量）を示す説明図である。

【図 6】図 4 のシステムの運用法とその特性（発電効率 - プロセス蒸気量）を示す説明図である。

【図 7】本発明の実施の形態 3 によるガスタービンコージェネレーションシステムの全体構成図である。

10

【図 8】図 7 のシステムの運用法とその特性（発電量 - プロセス蒸気量）を示す説明図である。

【図 9】図 7 のシステムの運用法とその特性（発電効率 - プロセス蒸気量）を示す説明図である。

【図 10】従来技術によるガスタービンコージェネレーションシステムの構成図である。

【図 11】図 10 のシステムの特性（発電量 - プロセス蒸気量）を示す説明図である。

【図 12】図 10 のシステムの特性（発電効率 - プロセス蒸気量）を示す説明図である。

【図 13】他の従来技術によるガスタービンコージェネレーションシステムの構成図である。

【図 14】図 13 のシステムの特性（発電量 - プロセス蒸気量）を示す説明図である。

20

【図 15】図 13 のシステムの特性（発電効率 - プロセス蒸気量）を示す説明図である。

【符号の説明】

1 1 圧縮機

1 2 燃焼器

1 3 膨張タービン

1 4 ガスタービン

1 5 発電機

1 6 再生器

1 7 蒸気発生器

2 0 , 5 0 圧縮機出口加湿器

2 2 水噴霧器

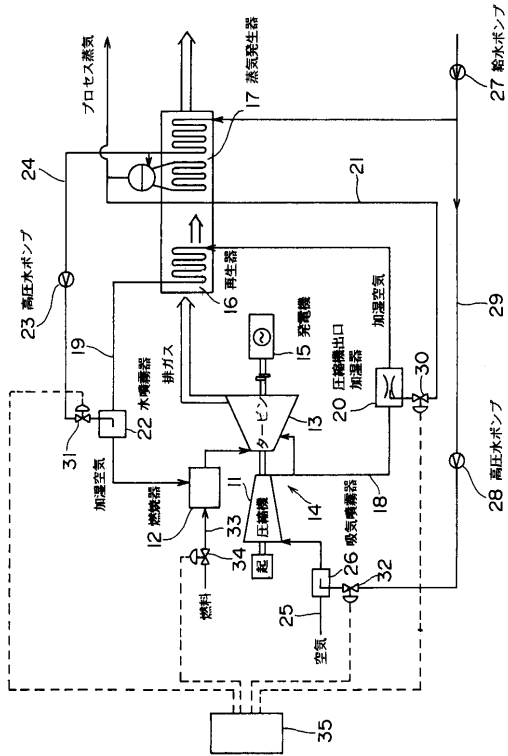
2 6 吸気噴霧器

3 5 制御装置

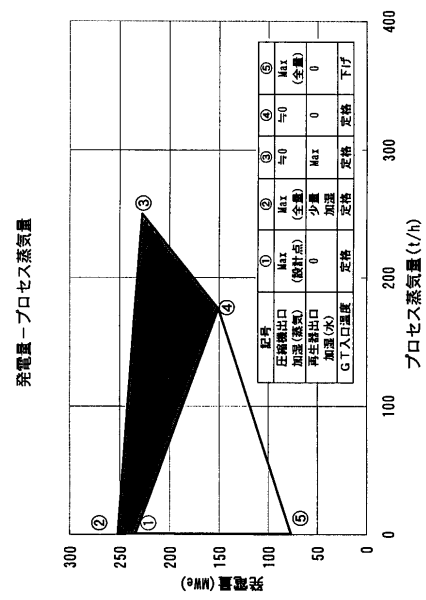
4 0 排ガス分流器

30

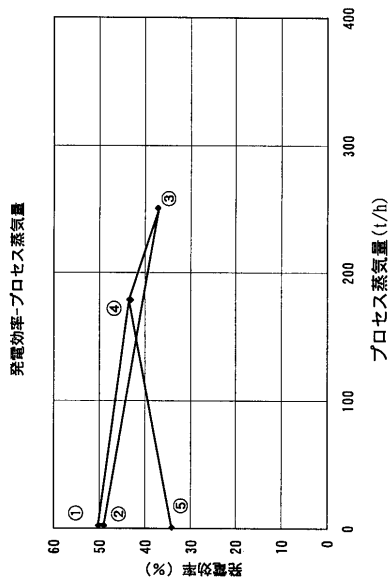
【図 1】



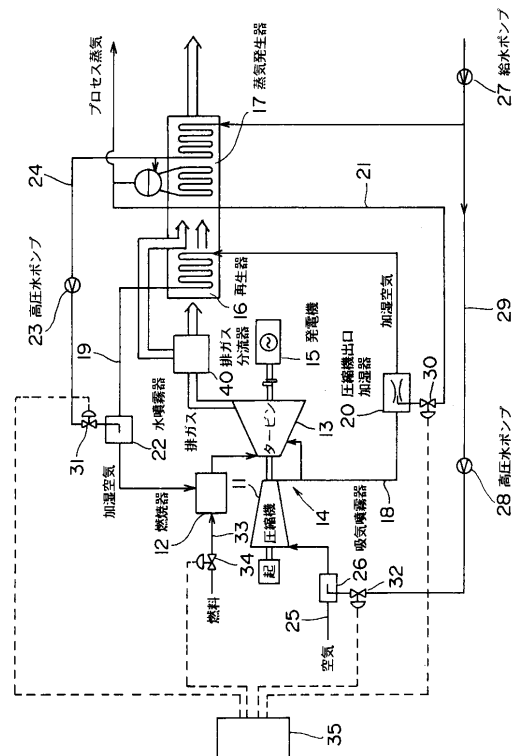
【図 2】



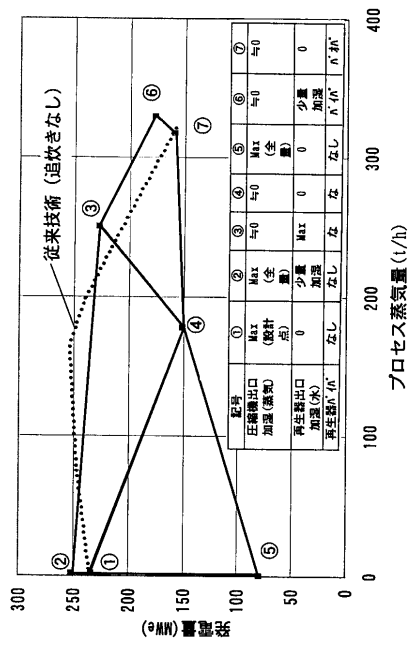
【図 3】



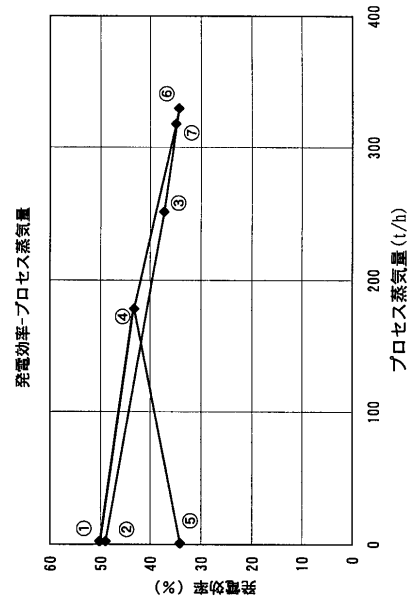
【図 4】



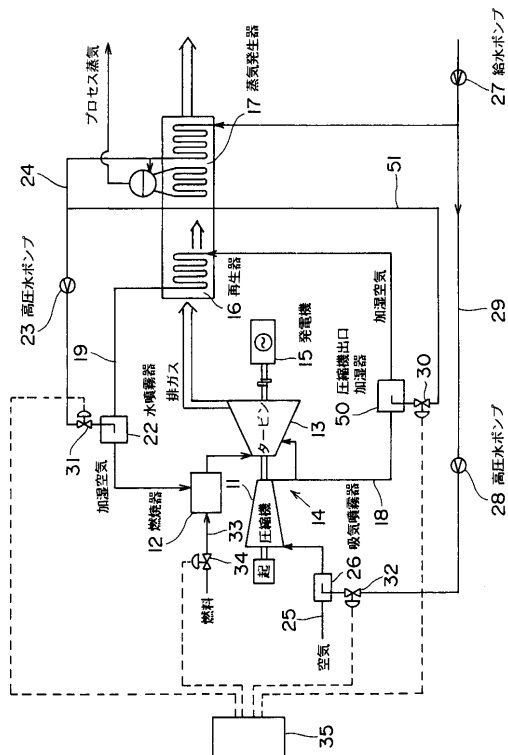
【図 5】



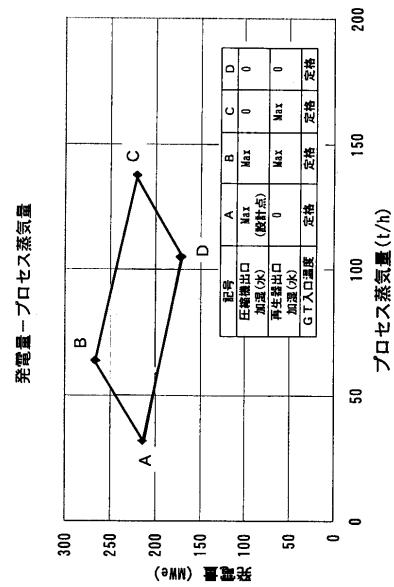
【図 6】



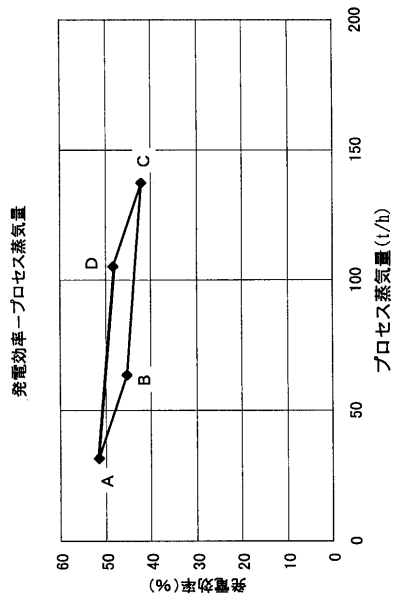
【図 7】



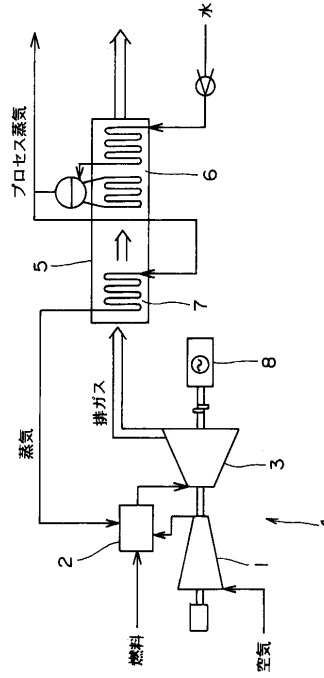
【図 8】



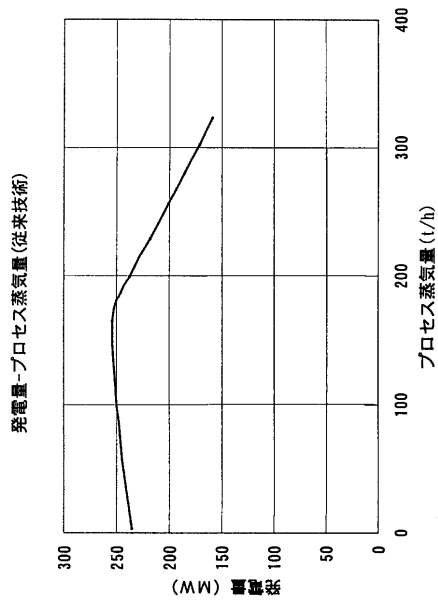
【図 9】



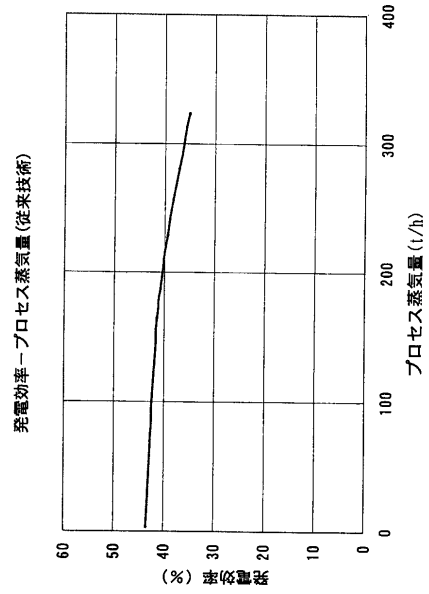
【図 10】



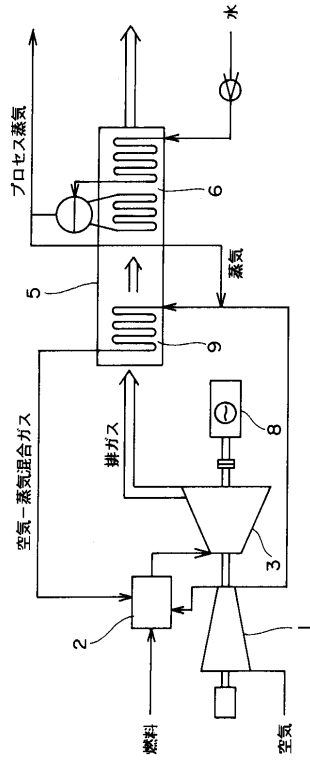
【図 11】



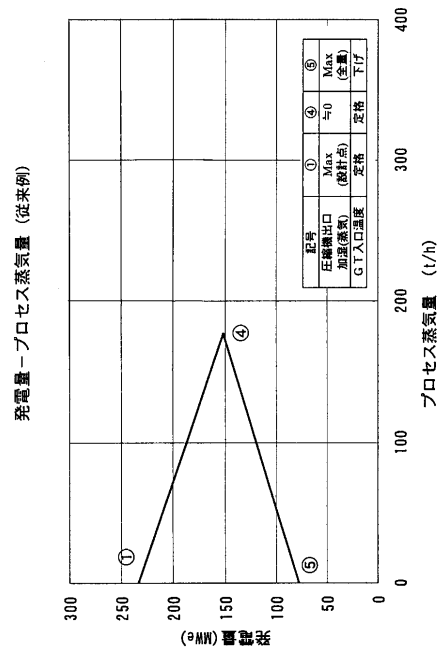
【図 12】



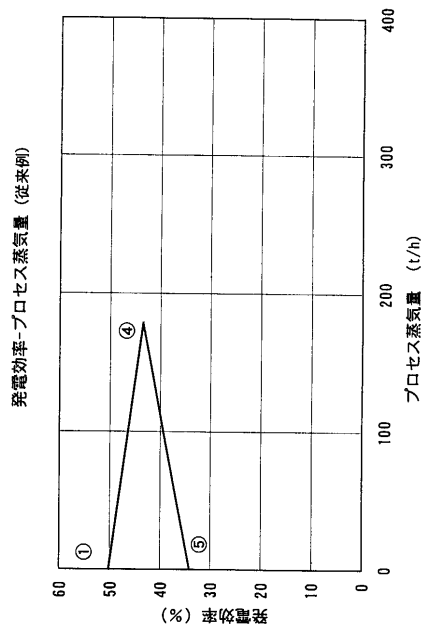
【図 13】



【図 14】



【図 15】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開昭51-031316(JP,A)  
特開2000-104562(JP,A)  
特開平11-050811(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F02C 3/30、7/141-143  
F23R 3/00  
F01K 21/04