

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4905941号  
(P4905941)

(45) 発行日 平成24年3月28日 (2012. 3. 28)

(24) 登録日 平成24年1月20日 (2012. 1. 20)

(51) Int. Cl.

F 1

F 2 2 B 37/42 (2006. 01)

F 2 2 B 37/42

A

F 2 2 B 1/18 (2006. 01)

F 2 2 B 1/18

R

F 2 2 B 1/18

C

請求項の数 4 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2006-257917 (P2006-257917)  
 (22) 出願日 平成18年9月22日 (2006. 9. 22)  
 (65) 公開番号 特開2008-75996 (P2008-75996A)  
 (43) 公開日 平成20年4月3日 (2008. 4. 3)  
 審査請求日 平成21年9月1日 (2009. 9. 1)

(73) 特許権者 000005441  
 バブコック日立株式会社  
 東京都千代田区外神田四丁目14番1号  
 (74) 代理人 100096541  
 弁理士 松永 孝義  
 (74) 代理人 100133318  
 弁理士 飯塚 向日子  
 (72) 発明者 古林 肇  
 広島県呉市宝町6番9号  
 バブコック日立株式  
 会社 呉事業所内  
 審査官 黒石 孝志

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 排熱回収ボイラとその蒸気圧力制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ガスタービンからの排ガスが導入される排ガス流路内に、高圧、中圧および低圧の3つの蒸気圧の蒸気、または高圧および低圧の2つの蒸気圧の蒸気を発生する複数の蒸気発生システムを設け、

前記各蒸気発生システムで発生した各圧力の蒸気をそれぞれ蒸気ドラムを介して各蒸気タービンに供給する各蒸気供給システムと、

前記各蒸気供給システムから各圧力の蒸気を、それぞれ対応する蒸気バイパス弁を介して分岐させた後に、前記各蒸気タービンで仕事をした後の蒸気を前記蒸気発生システムに供給する復水にするための復水器へバイパスして流す各蒸気バイパスシステムを設け、

前記各蒸気発生システムのうち、より高圧側の蒸気発生システムに対応する蒸気ドラム又は蒸気供給システムにのみ、前記蒸気発生システムからの蒸気を大気に放出する蒸気大気放散弁を設け、

より高圧側の蒸気発生システムに対応する蒸気ドラムの蒸気圧力が設定値以上とならないように前記蒸気大気放散弁の開度を調整すると共に、さらに、より低圧側の蒸気圧力が設定値以上に上昇した場合、その圧力上昇分に応じて、より高圧側の蒸気大気放散弁の圧力設定値を下げる蒸気圧力制御装置を設けた

ことを特徴とする排熱回収ボイラ。

【請求項 2】

前記蒸気発生システムが高圧及び低圧からなる場合には、前記蒸気大気放散弁は高圧蒸気ドラム又は高圧蒸気タービンへの高圧蒸気供給システムのみ設けられ、

10

20

前記蒸気発生系統が高圧、中圧及び低圧からなる場合には、前記蒸気大気放散弁は高圧蒸気ドラム又は高圧蒸気タービンへの高圧蒸気供給系統のみ設けられるか又は高圧蒸気ドラム又は高圧蒸気タービンへの高圧蒸気供給系統と中圧蒸気ドラム又は中圧蒸気タービンへの中圧蒸気供給系統とに設けられることを特徴とする請求項 1 記載の排熱回収ボイラ。

【請求項 3】

請求項 1 記載の排熱回収ボイラの蒸気圧力制御方法において、

より高圧側の蒸気供給系統の蒸気圧力の実測値と設定値の偏差に基づき得られる出力値と、より低圧側の蒸気供給系統の蒸気圧力の実測値と設定値の偏差に基づき得られる出力値とを比較して、より高い方の出力値に基づき、より高圧側の蒸気大気放散弁の開度を調整することを特徴とする排熱回収ボイラの蒸気圧力制御方法。

10

【請求項 4】

排熱回収ボイラの起動時に作動させることを特徴とする請求項 3 記載の排熱回収ボイラの蒸気圧力制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はガスタービン等の排熱を利用し、高圧蒸気ドラムと低圧蒸気ドラムで蒸気を発生する排熱回収ボイラに係わり、低圧蒸気大気放散弁を必要とせずに低圧蒸気圧力の異常上昇を防止するのに好適な、さらに安全弁が動作することを防止するのに好適な排熱回収ボイラの制御装置及びその運用方法に関する。

20

【背景技術】

【0002】

本発明が対象とする排熱回収ボイラの系統を図 4 に示す。

ガスタービン等からの高温の排ガスは煙道 18 を流れるが、煙道 18 には低圧節炭器 2、低圧蒸発器 5、高圧節炭器 11 及び高圧蒸発器 14 などが下流側から順に設置されている。

【0003】

復水ポンプ 1 から供給された給水は低圧給水調節弁 3 で流量調節された後、低圧蒸気ドラム 4 と低圧蒸発器 5 へ順次供給される。

30

低圧蒸気ドラム 4 で分離された低圧蒸気は低圧蒸気管 6 を経て、低圧蒸気タービン（図示せず）に送られる。なお、ボイラ起動時は発生蒸気を低圧蒸気大気放散弁 8 を経由して大気に逃がす系統と低圧蒸気タービンバイパス弁 7 を経由し復水器 19 に回収する系統から成る。

【0004】

また、給水は低圧節炭器 2 の出口から連絡管 9 を通り、高圧給水ポンプ 10 で昇圧され、高圧節炭器 11 を通り、高圧給水調節弁 12 で流量調節された後、高圧蒸気ドラム 13 と高圧蒸発器 14 へ順次供給される。高圧蒸気ドラム 13 で分離された高圧蒸気は高圧蒸気管 15 を経て高圧蒸気タービンに送られる。なお起動時は発生蒸気を高圧蒸気大気放散弁 17 を経由して大気に逃がす系統と高圧蒸気タービンバイパス弁 16 を経由して復水器 19 に回収する系統から成る。

40

【0005】

従来技術の排熱回収ボイラの制御方法を図 3 に基づき説明する。

図 3 (a) に示す高圧蒸気大気放散弁 17 (図 4) の制御は、高圧蒸気ドラム圧力発信器 30 からの実際の圧力信号と信号発生器 32 で与えられた高圧蒸気圧力設定値を減算器 31 で比較し、その差を比例積分器 33 で比例積分して得られた信号で弁開度を制御することで行われる。なお、信号発生器 32 で与えられた放散弁 17 の高圧蒸気圧力設定値は復水器 19 (図 4) の真空上昇後、高圧蒸気タービンバイパス弁 16 と切替わるために、バイパス弁 16 の圧力設定値と同じ値とし、固定値である。

また復水器 19 の真空上昇は復水器 19 に設けられた真空ポンプで、ボイラ起動前にし

50

完了させている。

【0006】

また、図3(b)に示す低圧蒸気大気放散弁8の制御も前記高圧蒸気大気放散弁17と同様、低圧蒸気ドラム圧力発信器34からの実際の圧力信号と信号発生器40で与えられた低圧蒸気圧力設定値を減算器39で比較し、その差を比例積分器41で比例積分して得られた信号で弁開度を制御する。なお、信号発生器40で与える設定値は復水器19の前記真空上昇後、低圧蒸気タービンバイパス弁7と切替るために、その圧力設定値と同じ値とし、固定値である。

【0007】

また、特開平6-117279号公報には、図5に示されるように本発明と同様蒸気大気放散弁を設置した排熱回収ボイラの制御方法に関する発明が開示されており、蒸気が大気放散され始めると、ガスタービンの燃料を絞ることに係る発明が記載されているが、1台の蒸気大気放散弁で複数の系統の蒸気圧力制御を行うことに係る説明はない。

10

【0008】

さらに、特開2001-263004号公報には、ボイラからタービンに蒸気を供給する主蒸気管に通常閉じている大気放出弁を設けておき、タービンがトリップしたときにはタービンの復水量に相当する流量を主蒸気管から放出するように大気放出弁の弁開度を設定しておく構成が開示されている。

【0009】

また、特開2001-108201号公報には、高圧ドラムと低圧ドラムを高圧ボイラ蒸気と低圧ボイラ蒸気を合流させる構成の多重圧排熱回収ボイラにおいて、高圧ボイラ側の蒸気量の変化により低圧ボイラのドラム内の圧力が変動しないように低圧ボイラの出口配管に圧力調整弁又は復水器へのバイパス弁を設けた構成が開示されている。

20

【0010】

そこで低圧ボイラ側の蒸気を圧力調整弁を介して高圧ボイラ側の蒸気に合流させることにより低圧ドラム内の圧力の変動が検出されると、圧力変動を抑えるように低圧ボイラの出口圧力調整弁の開度を制御し、また復水器へのバイパス弁からの圧力変動が検知されると、バイパス弁の開度を制御することが開示されている。また主に圧力調整弁で圧力を一定に保ち、更に低圧ドラム内の圧力が上昇すると、バイパスより蒸気を復水器に排出して圧力を一定に保つことが記載されている。

30

【特許文献1】特開平6-117279号公報

【特許文献2】特開2001-263004号公報

【特許文献3】特開2001-108201号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

上記特許文献1の従来技術では高圧蒸気大気放散弁と低圧蒸気大気放散弁を設け、高圧蒸気圧力が設定値以上に上昇した時は高圧蒸気大気放散弁で、低圧蒸気圧力が設定値以上に上昇した時は低圧蒸気大気放散弁の開度をそれぞれ調節し、蒸気を大気放散することによって圧力制御を行っていたため、2台の大気放散弁を設置する必要があり不経済な設計となっていた。

40

【0012】

上記特許文献2の従来技術では、タービンがトリップしたときには大気放出弁を開放してタービンの復水量に相当する流量を主蒸気管から外部に放出することが開示されているが、このボイラには単一の汽水分離ドラムしか設置されていない。

【0013】

上記特許文献3の従来技術では、高圧ドラムと低圧ドラムを最適なサイズにし、高圧ドラム側の蒸気量の変動により低圧ドラム内の圧力変動を防止することを目的とし、そのために低圧ボイラの出口配管に圧力調整弁又は復水器へのバイパス弁を設けた構成が開示されているが、高圧蒸気と低圧蒸気を合流させる構成の多重圧排熱回収ボイラであり、そも

50

そも高压タービン蒸気供給系統と低压タービン蒸気供給系統にそれぞれ大気放散弁を設置する必要がないボイラ構成に関する発明である。

【0014】

本発明の課題は、より高压側の蒸気大気放散弁でより高压側の蒸気圧力を制御するとともに、より低压側の蒸気圧力が設定値以上に上昇した場合も同じ高压側の蒸気大気放散弁の開度を調節して、より低压側の蒸気大気放散弁を設置しなくても、より低压側の蒸気圧力の上昇を防止できる蒸気圧力制御装置を備えた排熱回収ボイラとその蒸気圧力制御方法とその運用方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0015】

本発明は上記課題を解決するために、次の解決手段を採用した。

請求項1記載の発明は、ガスタービンからの排ガスが導入される排ガス流路内に、高压、中压および低压の3つの蒸気圧の蒸気、または高压および低压の2つの蒸気圧の蒸気を発生する複数の蒸気発生系統を設け、前記各蒸気発生系統で発生した各圧力の蒸気をそれぞれ蒸気ドラムを介して各蒸気タービンに供給する各蒸気供給系統と、前記各蒸気供給系統から各圧力の蒸気を、それぞれ対応する蒸気バイパス弁を介して分岐させた後に、前記各蒸気タービンで仕事をした後の蒸気を前記蒸気発生系統に供給する復水にするための復水器へバイパスして流す各蒸気バイパス系統を設け、前記各蒸気発生系統のうち、より高压側の蒸気発生系統に対応する蒸気ドラム又は蒸気供給系統にのみ、前記蒸気発生系統からの蒸気を大気に放出する蒸気大気放散弁を設け、より高压側の蒸気発生系統に対応する蒸気ドラムの蒸気圧力が設定値以上とならないように前記蒸気大気放散弁の開度を調整すると共に、さらに、より低压側の蒸気圧力が設定値以上に上昇した場合、その圧力上昇分に応じて、より高压側の蒸気大気放散弁の圧力設定値を下げる蒸気圧力制御装置を設けた排熱回収ボイラである。

【0016】

請求項2記載の発明は、前記蒸気発生系統が高压及び低压からなる場合には、前記蒸気大気放散弁は高压蒸気ドラム又は高压蒸気タービンへの高压蒸気供給系統のみ設けられ、前記蒸気発生系統が高压、中压及び低压からなる場合には、前記蒸気大気放散弁は高压蒸気ドラム又は高压蒸気タービンへの高压蒸気供給系統のみ設けられるか又は高压蒸気ドラム又は高压蒸気タービンへの高压蒸気供給系統と中压蒸気ドラム又は中压蒸気タービンへの中压蒸気供給系統とに設けられる請求項1記載の排熱回収ボイラである。

【0017】

請求項3記載の発明は、請求項1記載の排熱回収ボイラの蒸気圧力制御方法において、より高压側の蒸気供給系統の蒸気圧力の実測値と設定値の偏差に基づき得られる出力値と、より低压側の蒸気供給系統の蒸気圧力の実測値と設定値の偏差に基づき得られる出力値とを比較して、より高い方の出力値に基づき、より高压側の蒸気大気放散弁の開度を調整する排熱回収ボイラの蒸気圧力制御方法である。

【0018】

(作用)

請求項1～4記載の発明によれば、より低压側の蒸気ドラムからの蒸気圧力が設定値以下の時は、より高压側の蒸気ドラムからの蒸気圧力だけを設定値以下となるように、より高压側の蒸気大気放散弁の開度を調節するが、低压蒸気圧力が設定値以上に上昇した場合のみ、その圧力上昇分に応じ、より高压側の蒸気大気放散弁の開度を上げる方向に作用するため、より高压側のタービン蒸気からの大気放散量も増加する。その結果、例えば、図4に示す煙道18の中で高压蒸発器14と高压節炭器11での給水と排ガスの熱交換量が増加し、そのガス流れの後流に設置された低压蒸発器5での熱交換量とその分減少するため低压蒸気圧力もそれに見合って低下する。

【0019】

このように、本発明は、より高压側の蒸気圧力が設定値以上とならないようにより高压側の蒸気大気放散弁の開度を調節すると共に、より低压側の蒸気圧力が規定値以上に上昇

した場合、その圧力上昇分に応じてより高圧側の蒸気大気放散弁の圧力設定値を下げて、より高圧側の蒸気大気放散量を増やし、より低圧側の蒸気圧力の上昇を防ぐようにより高圧側の蒸気大気放散弁の開度を調整するものである。

【発明の効果】

【0020】

本発明によれば、たとえば、プラント起動時に復水器の真空度を上昇させるための補助蒸気源が無く、排熱回収ボイラから発生した蒸気をタービンバイパス系統経由で復水器へ回収出来ず、排熱回収ボイラ出口で大気へ放散する運用を行う場合においても、高圧蒸気大気放散弁1台で、より高圧側のタービン蒸気圧力とより低圧側のタービン蒸気圧力の両方の上昇を防止することが可能となり、従来技術のように高圧側のタービン蒸気供給系統と、低圧側のタービン蒸気供給系統にそれぞれに大気放散弁を設置する必要がなくなるため経済的な設計が可能となる。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0021】

本発明の実施例を図1および図2により説明する。

図1に示す構成の高圧側タービン蒸気系と低圧側タービン蒸気系を備えたタービン蒸気系統において、高圧蒸気大気放散弁17の制御は、高圧蒸気圧力発信器30からの実際の圧力信号と信号発生器32で与えられた高圧蒸気圧力設定値を減算器31で比較し、その差を比例積分器33で比例積分して得られた信号で高圧蒸気大気放散弁17の開度を調節する。

20

【0022】

一方、低圧蒸気圧力発信器34からの実際の圧力信号と信号発生器36で与えられた低圧蒸気圧力設定値を減算器35で比較し、その差を比例積分器37で比例積分して得られた信号を高圧蒸気圧力制御側の比例積分器33からの出力信号と高値選択器38で比較し、これら2つの出力信号の内の高い方の出力信号を選択して出力し、高圧蒸気大気放散弁17の開度を調節する。

【0023】

ここで実際の低圧蒸気圧力34が圧力設定値36よりも低いときは、高値選択器38は高い方の信号として比例積分器33の出力信号を選択するため、高圧蒸気大気放散弁17は、高圧蒸気圧力だけのフィードバック制御により高圧蒸気大気放散弁17の開度調節を行う。

30

【0024】

実際の低圧蒸気圧力34が設定値36を超えて上昇すると比例積分器37の出力信号が増加し、比例積分器33側の出力よりも高くなり、高値選択器38で高値として選択され、低圧蒸気圧力の上昇分だけ高圧蒸気大気放散弁17の開度を大きくする方向に動作し、その結果高圧蒸気大気放散量が増加する。

【0025】

前記したように高圧蒸気大気放散量が増加すると図4に示す煙道18の中で高圧蒸発器14と高圧節炭器11の中を通過する給水とガスタービン等からの排ガスとの熱交換量が増加するため、高圧蒸発器14出口の排ガス温度が低下する。そのためガス流れの後流に設置された低圧蒸発器5入口排ガス温度も低くなり、低圧蒸発器5での熱交換量が、その分減少するため低圧蒸気圧力もそれに見合って低下する。

40

【0026】

前記の高圧蒸気大気放散量が増加することにより低圧蒸気圧力が低下するメカニズムを図5により説明する。

図5の横軸は煙道18内に設置された図4の高圧蒸発器14から低圧節炭器2とガス流れの上流から下流に向かって配置の通り示したものであり、縦軸は排ガス温度と流体温度を示す。

【0027】

ここで実線で示した排ガス温度と流体温度は実際の低圧蒸気圧力が低圧蒸気圧力設定値

50

よりも低い場合を示す。ガスタービン等からの排ガスは高圧蒸発器 1 4、高圧節炭器 1 1、低圧蒸発器 5 及び低圧節炭器 2 の各バンクで給水（流体）と熱交換されるためガス流れの後流になるほど排ガス温度は順次低下している。一方、高圧蒸発器 1 4 と低圧蒸発器 5 の内部の流体温度は蒸気圧力の飽和時の温度であり、この排ガス温度と流体温度の差（ $\Delta T$ ）が各バンクにおける熱吸収量となる。

#### 【0028】

点線で示した線は高圧蒸気大気放散量が増加した場合の排ガス温度と流体温度をそれぞれ示す。

高圧蒸気大気放散弁 1 7 の開度が増加し、大気放散量が増加すると高圧蒸気圧力が低下することで高圧蒸発器 1 4 の内部流体温度も高圧蒸気圧力の低下分に対応した温度に低下する。高圧蒸発器 1 4 の内部流体温度が低下すると排ガスとの熱交換が増加するため高圧蒸発器 1 4 を通過した排ガス温度の低下は大きくなり、そのガス流れ後流に設置された低圧蒸発器 5 の入口の排ガス温度も低下するため低圧蒸発器 5 の内部での排ガスとの熱交換量が低下するため低圧蒸気圧力もそれに見合って低下するものである。

#### 【0029】

上記実施例では、高圧蒸気ドラム 1 3 と低圧蒸気ドラム 4 からなる複圧式排熱回収ボイラを例に説明しているが、高圧、中圧、低圧蒸気ドラムからなる 3 重圧式排熱回収ボイラにおいても中圧又は低圧蒸気ドラム圧力が規定値以上に異常上昇した場合、本発明と同様の方法で、それらの圧力上昇分に応じ高圧蒸気大気放散弁 1 7 の開度を上げる方向に作用するため、高圧蒸気大気放散弁 1 7 の 1 台で高圧、中圧、低圧蒸気圧力が異常に上昇することを防ぐことが可能である。つまり中圧、低圧大気放散弁を不設置とすることが可能となる。また、高圧用の大気放散弁 1 7 の容量によっては、中圧用の大気放散弁を設けることができる。

#### 【0030】

なお、三重圧のタービン蒸気供給系統の場合には、高圧用の大気放散弁 1 7 のみとすることもできるが、この場合は、経済性は高いが制御の余裕代が小さくなる。

#### 【産業上の利用可能性】

#### 【0031】

発電プラントの場合は通常排熱回収ボイラが複数台設置されかつ補助ボイラを有するためプラント起動時は補助ボイラ又は他の運転中の排熱回収ボイラから必ず補助蒸気の供給が可能な設計となっているが、イニシャルコストを抑える目的で補助ボイラの容量低減等でプラント起動時、補助蒸気の供給が行えない状態でプラント起動を要求されるケースがあるが、本発明はこのような場合にも対応でき、産業上の利用可能性が高い。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0032】

【図 1】本発明の実施例の排熱回収ボイラの蒸気供給系統図である。

【図 2】本発明の実施例の排熱回収ボイラ蒸気圧力制御装置を示す図である。

【図 3】従来技術の排熱回収ボイラ制御装置を示す図である。

【図 4】従来技術の排熱回収ボイラの蒸気供給系統図である。

【図 5】排熱回収ボイラの煙道内での排ガス温度と流体温度の変化を示す図である。

#### 【符号の説明】

#### 【0033】

|    |               |    |               |
|----|---------------|----|---------------|
| 1  | 復水ポンプ         | 2  | 低圧節炭器         |
| 3  | 低圧給水調節弁       | 4  | 低圧蒸気ドラム       |
| 5  | 低圧蒸発器         | 6  | 低圧蒸気管         |
| 7  | 低圧蒸気タービンバイパス弁 | 8  | 低圧蒸気大気放散弁     |
| 9  | 連絡管           | 10 | 高圧給水ポンプ       |
| 11 | 高圧節炭器         | 12 | 高圧給水調節弁       |
| 13 | 高圧蒸気ドラム       | 14 | 高圧蒸発器         |
| 15 | 高圧蒸気管         | 16 | 高圧蒸気タービンバイパス弁 |

10

20

30

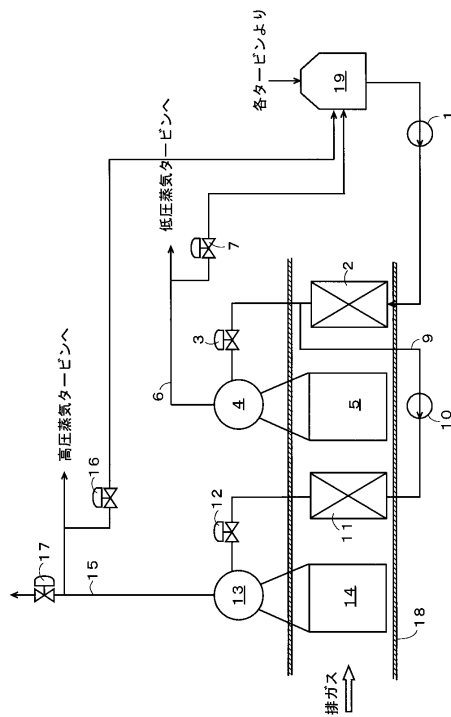
40

50

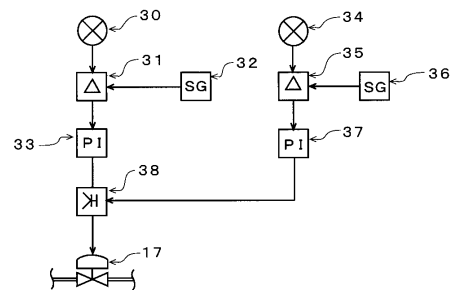
- 17 高圧蒸気大気放散弁  
 19 復水器  
 31, 35, 39 減算器  
 33, 37, 41 比例積分器  
 38 高値選択器

- 18 煙道  
 30 高圧蒸気圧力発信器  
 32, 36, 40 信号発生器  
 34 低圧蒸気圧力発信器

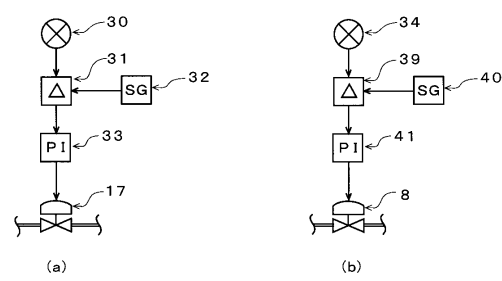
【図 1】



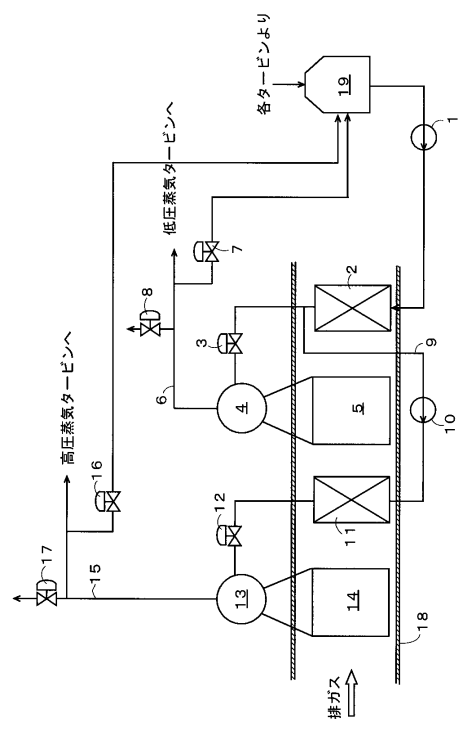
【図 2】



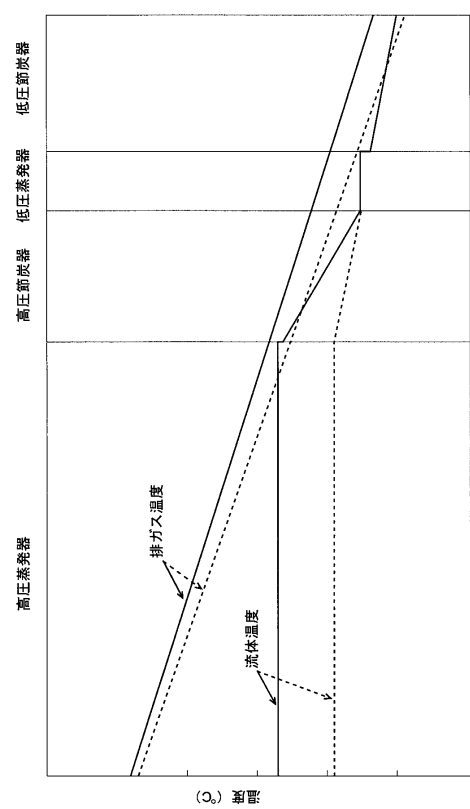
【図 3】



【図 4】



【図 5】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開昭61-197901 (JP, A)  
特開2007-092721 (JP, A)  
特開昭62-276302 (JP, A)  
特開平10-184393 (JP, A)  
特開平09-210301 (JP, A)  
特開2001-263004 (JP, A)  
特開2001-108201 (JP, A)  
特開平06-117279 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- |         |           |
|---------|-----------|
| F 2 2 B | 1 / 1 8   |
| F 2 2 B | 3 5 / 0 0 |
| F 2 2 B | 3 7 / 4 2 |
| F 0 1 K | 2 3 / 1 0 |
| F 0 2 C | 6 / 1 8   |