

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4283222号
(P4283222)

(45) 発行日 平成21年6月24日(2009.6.24)

(24) 登録日 平成21年3月27日(2009.3.27)

(51) Int.Cl.		F I			
C 1 0 J	3/00	(2006.01)	C 1 0 J	3/00	Z A B K
B 0 9 B	3/00	(2006.01)	B 0 9 B	3/00	3 0 2 F
C 1 0 J	3/48	(2006.01)	C 1 0 J	3/48	
C 1 0 J	3/54	(2006.01)	C 1 0 J	3/54	

請求項の数 4 (全 36 頁)

(21) 出願番号	特願2004-528865 (P2004-528865)	(73) 特許権者	000000239
(86) (22) 出願日	平成15年8月12日(2003.8.12)		株式会社荏原製作所
(86) 国際出願番号	PCT/JP2003/010267		東京都大田区羽田旭町11番1号
(87) 国際公開番号	W02004/016716	(74) 代理人	100097320
(87) 国際公開日	平成16年2月26日(2004.2.26)		弁理士 官川 貞二
審査請求日	平成18年1月12日(2006.1.12)	(74) 代理人	100096611
(31) 優先権主張番号	特願2002-236997 (P2002-236997)		弁理士 官川 清
(32) 優先日	平成14年8月15日(2002.8.15)	(74) 代理人	100098040
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		弁理士 松村 博之
		(74) 代理人	100097744
			弁理士 東野 博文
		(74) 代理人	100123892
			弁理士 内藤 忠雄
		(74) 代理人	100100398
			弁理士 柴田 茂夫

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ガス化炉及びガス化方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

高温の流動媒体を内部で流動させ、第1の界面を有するガス化室流動床を形成し、前記ガス化室流動床内で被処理物をガス化するガス化室と；

高温の流動媒体を内部で流動させ、第2の界面を有するチャー燃焼室流動床を形成し、前記ガス化室でのガス化に伴い発生するチャーを前記チャー燃焼室流動床内で燃焼させ前記流動媒体を加熱するチャー燃焼室とを備えるガス化炉であって；

該ガス化炉へ流動媒体を供給する流動媒体供給装置と；

前記ガス化炉から流動媒体を抜き出す流動媒体抜出装置とを備え；

前記ガス化室と前記チャー燃焼室とは、前記それぞれの流動床の界面より鉛直方向上方においてはガスの流通がないように仕切壁により仕切られ、前記仕切壁の下部には前記ガス化室と前記チャー燃焼室とを連通する連通口であって、該連通口の上端の高さは前記第1の界面及び第2の界面以下である連通口が形成され、該連通口を挟む前記ガス化室と前記チャー燃焼室のうち一方の室の前記連通口近傍における前記流動媒体の流動化状態が、他方の室の前記連通口近傍における前記流動媒体の流動化状態よりも強く、該連通口を通じて、前記弱い流動化状態の方から強い流動化状態の方に流動媒体が循環するように構成され；

さらに、前記流動媒体供給装置により前記流動媒体の供給を行い及び前記流動媒体抜出装置により前記流動媒体の抜き出しを行うことにより、前記ガス化室及び前記チャー燃焼室の少なくとも一方の流動床の層高を変化させて流動媒体の循環量を制御する制御装置を

備える；

ガス化炉。

【請求項 2】

前記少なくとも一方の流動床中の上下の 2 点での圧力を測定する圧力測定装置が設けられ、当該 2 点での圧力の差から前記流動床の層高を求めるようにした；

請求項 1 に記載のガス化炉。

【請求項 3】

高温の流動媒体を流動させ、第 1 の界面を有するガス化流動床を形成する工程と；

前記ガス化流動床内で被処理物をガス化するガス化工程と；

高温の流動媒体を流動させ、第 2 の界面を有するチャー燃焼流動床を形成する工程と；

前記ガス化工程でのガス化に伴い発生するチャーを前記チャー燃焼流動床内で燃焼させ前記流動媒体を加熱するチャー燃焼工程と；

該ガス化流動床及び前記チャー燃焼流動床の外部から前記ガス化流動床及び前記チャー燃焼流動床の少なくとも一方へ流動媒体を供給する流動媒体供給工程と；

前記少なくとも一方から前記ガス化流動床及び前記チャー燃焼流動床の外部へ流動媒体を抜き出す流動媒体拔出工程とを備え；

前記ガス化流動床と前記チャー燃焼流動床とは、前記それぞれの流動床の界面より鉛直方向上方においてはガスの流通がないように仕切壁により仕切られ、前記仕切壁の下部には前記ガス化流動床と前記チャー燃焼流動床とを連通する連通口であって、該連通口の上端の高さは前記第 1 の界面及び第 2 の界面以下である連通口が形成され、該連通口を挟む前記ガス化流動床と前記チャー燃焼流動床のうち一方の流動床の前記連通口近傍における前記流動媒体の流動化状態が、他方の流動床の前記連通口近傍における前記流動媒体の流動化状態よりも強く、該連通口を通じて、前記弱い流動化状態の方から強い流動化状態の方に流動媒体が循環するように構成され；

さらに、前記流動媒体供給工程及び流動媒体拔出工程を行うことにより、前記少なくとも一方の層高を変化させて流動媒体の循環量を制御する制御工程を備える；

ガス化方法。

【請求項 4】

前記少なくとも一方の中の上下の 2 点での圧力を測定する圧力測定工程が行われ、当該 2 点での圧力の差から前記流動床の層高を求めるようにした；

請求項 3 に記載のガス化方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

本発明は、各種廃棄物や固体燃料等を熱分解してガス化するガス化炉に関する。

【背景技術】

各種の廃棄物や固体燃料を熱分解してガス化する流動床式のガス化炉において、反応に関わる諸因子のうち、例えばガス化炉の流動層の層温を変えるためには、ガス化炉内に供給する酸素の流量、または酸素を含むガス（例えば空気など）の流量を変えることが行われていた。

しかし、酸素の供給を増やした場合は、生成ガスに含まれる燃焼ガスの量が増加し、生成ガスの発熱量が低下する。一方、酸素の供給を減らした場合には、チャー、タール等のガス化残渣の発生量が増大し、ガス化効率が低下する。

これに対処するため、各種廃棄物や固体燃料のガス化を行うガス化ゾーンと、ガス化により発生したチャー、タール等のガス化残渣を燃焼する燃焼ゾーンとを備え、燃焼ゾーンで発生した燃焼熱をガス化ゾーンでのガス化反応熱に利用し、さらに、ガス化ゾーン及び燃焼ゾーンのそれぞれを流動層装置とし、上記のガス化残渣及び熱の移動を流動媒体を介して行う、内部循環流動床式のガス化炉を採用する方法がある。

内部循環流動床式のガス化炉では、ガス化ゾーンから燃焼ゾーンへのガス化残渣の移動、燃焼ゾーンからガス化ゾーンへの熱の移動を円滑に行うため、流動媒体粒子の移動量を精緻に制御することが重要である。しかし、この従来 of 内部循環流動床式のガス化炉では

10

20

30

40

50

、流動媒体粒子の移動量を制御するために、流動層装置に供給する流動化ガスの量を大幅に変化させる必要があり、装置の操作条件が大きく変化してしまうという問題があった。また、制御の容易さ、制御の自由度、運転の安定特性、制御の精度、制御の幅、制御の速度の向上等が望まれる状況にあった。

本発明は、上記の従来技術の問題点に鑑みてなされたもので、制御特性を大幅に向上させた内部循環流動床式のガス化炉を提供することを目的とする。

【発明の開示】

本発明は、例えば図1に示すように、高温の流動媒体cを内部で流動させ、第1の界面を有するガス化室流動床を形成し、前記ガス化室流動床内で被処理物aをガス化するガス化室1と；高温の流動媒体cを内部で流動させ、第2の界面を有するチャー燃烧室流動床を形成し、ガス化室1でのガス化に伴い発生するチャーhを前記チャー燃烧室流動床内で燃烧させ流動媒体cを加熱するチャー燃烧室2とを備え；ガス化室1とチャー燃烧室2とは、前記それぞれの流動床の界面より鉛直方向上方においてはガスの流通がないように仕切壁11、15により仕切られ、仕切壁11、15の下部にはガス化室1とチャー燃烧室2とを連通する連通口21、25であって、該連通口21、25の上端の高さは前記第1の界面および第2の界面以下である連通口21、25が形成され、該連通口21、25を挟むガス化室1とチャー燃烧室2のうち一方の室の連通口21、25近傍における流動媒体cの流動化状態が、他方の室の連通口21、25近傍における流動媒体cの流動化状態よりも強く、該連通口21、25を通じて、前記弱い流動化状態の方から強い流動化状態の方に流動媒体cが移動するように構成され；さらに、前記弱い流動化状態の流動の強弱を調節することにより、ガス化室1とチャー燃烧室2との間で流通する流動媒体cの量を制御して、ガス化室1又はチャー燃烧室2の温度を制御する制御装置6を備える；ガス化炉101を提供することを目的とする。

このように構成すると、ガス化室1と、チャー燃烧室2と、制御装置6とを備えるので、弱い流動化状態の流動の強弱を調節することにより、ガス化室1とチャー燃烧室2との間で流通する流動媒体cの量を制御して、ガス化室1又はチャー燃烧室2の温度を制御することができる。制御装置6は、強い流動化状態の強さをも併せて調節するようにしてもよい。ガス化室1の温度は典型的にはガス化流動床の温度であり、チャー燃烧室2の温度は典型的にはチャー燃烧室流動床の温度である。また、弱い流動化状態の流動の強弱を調節するので、流動媒体cの量を制御するために生じる流動化ガスg1、g2、g4の流量の変化が小さく、他の操業条件に大きな影響を与えることなくガス化室1またはチャー燃烧室2の温度を制御することができる。

流動床は典型的には炉底から吹き出す流動化ガスgにより流動化する。流動化ガスgの吹き出し速度、吹き出し量により流動化状態を調節できる。炉底には散気装置31～35を配置し、複数の区画1a、1b、2a、2b、4aに分割するとよい。流動化ガスg1、g2、g4の量を調節したい各区画毎に流動化ガスg1、g2、g4の流量を調節する調節弁61～65を設けてもよい。連通口21、25を挟むガス化室1とチャー燃烧室2のそれぞれの区画1a、1b、2a、2b、4aの調節弁61～65の開度を制御装置6により調節することにより、流動化ガスg1、g2、g4の吹き出し速度、吹き出し量を調節し流動化状態を調節できる。

ガス化炉101は、例えば、図1に示すように、被処理物aを高温の流動媒体cで熱分解してガスbとチャーhを生成するガス化室1と；ガス化室1で生成したチャーhを燃烧して流動媒体cを加熱するチャー燃烧室2とを備え；流動媒体cはガス化室1とチャー燃烧室2との間で循環するように構成され；さらに、流動媒体cの循環量を調節することにより、ガス化室1で発生するガスbの組成を制御する制御装置6を備えるものであってもよい。

このように構成すると、ガス化室1と、チャー燃烧室2と、制御装置6とを備えるので、流動媒体cの循環量を調節することにより、ガス化室1で発生するガスbの組成を制御することができる。当該制御装置6は、1種類のガス種の濃度を制御するものであってもよいし、複数のガスの濃度比を所定の設定値に制御するものであってもよい。

10

20

30

40

50

ガス化炉 101 は、例えば図 1 に示すように、高温の流動媒体 c を内部で流動させ、第 1 の界面を有するガス化室流動床を形成し、前記ガス化室流動床内で被処理物 a をガス化するガス化室 1 と；高温の流動媒体 c を内部で流動させ、第 2 の界面を有するチャー燃烧室流動床を形成し、ガス化室 1 でのガス化に伴い発生するチャー h を前記チャー燃烧室流動床内で燃烧させ流動媒体 c を加熱するチャー燃烧室 2 とを備え；ガス化室 1 とチャー燃烧室 2 とは、前記それぞれの流動床の界面より鉛直方向上方においてはガスの流通がないように仕切壁 11、15 により仕切られ、仕切壁 11、15 の下部にはガス化室 1 とチャー燃烧室 2 とを連通する連通口 21、25 であって、該連通口 21、25 の上端の高さは前記第 1 の界面および第 2 の界面以下である連通口 21、25 が形成され、該連通口 21、25 を挟むガス化室 1 とチャー燃烧室 2 のうち一方の室の連通口 21、25 近傍における流動媒体 c の流動化状態が、他方の室の連通口 21、25 近傍における流動媒体 c の流動化状態よりも強く、該連通口 21、25 を通じて、前記弱い流動化状態の方から強い流動化状態の方に流動媒体 c が移動するように構成され；さらに、前記弱い流動化状態の流動の強弱を調節することにより、ガス化室 1 とチャー燃烧室 2 の間で流通する流動媒体 c の量を制御して、前記ガス化により発生するガス b の組成を制御する制御装置 6 を備えるものであってもよい。

10

このように構成すると、ガス化室 1 と、チャー燃烧室 2 と、制御装置 6 とを備えるので、弱い流動化状態の流動の強弱を調節することにより、ガス化室 1 とチャー燃烧室 2 の間で流通する流動媒体 c の量を制御して、ガス化により発生するガス b の組成を制御することができる。また、弱い流動化状態の流動の強弱を調節するので、流動媒体 c の量を制御するために生じる流動化ガス g1、g2、g4 の流量の変化が小さく、他の操業条件に大きな影響を与えることなくガス化室 1 より発生するガス b の組成を制御することができる。

20

ガス化炉 101 は、例えば、図 1 に示すように、さらにチャー燃烧室 2 から流動媒体 c を導入する熱回収室 3 であって、チャー燃烧室 2 からの流動媒体 c から熱を回収する熱回収装置 41 を有する熱回収室 3 と；該熱回収室 3 内の流動の強弱を調節することにより、熱回収装置 41 における熱回収量を制御する制御装置 6 を備えるものであってもよい。

このように構成すると、熱回収装置 41 を有する熱回収室 3 と、制御装置 6 とを備えるので、制御装置 6 によって熱回収室 3 内の流動の強弱を調節することにより、熱回収装置 41 における熱回収量を制御することができる。熱回収室 3 は、典型的にはチャー燃烧室 2 に隣接して設けられた熱回収室 3 である。熱回収装置 41 は典型的には層内伝熱管 41 を含んで構成される。熱回収装置 41 は典型的には回収した熱により蒸気 s1 を過熱する。制御装置 6 は過熱される蒸気 s1 の量を制御するようにしてもよい。

30

ガス化炉 101 が、チャー燃烧室 2 に接して設けられた熱回収室 3 を備える場合は、チャー燃烧室 2 と熱回収室 3 との間には前記チャー燃烧室流動床の流動層部を仕切る仕切壁 12 が設けられ、仕切壁 12 の下部には開口部 22 が形成され、チャー燃烧室 2 の流動媒体 c は仕切壁 12 の上部から熱回収室 3 に流入し、開口部 22 を通じてチャー燃烧室 2 に戻る循環流が形成されるように構成するとよい。

ガス化炉 101 は、例えば、図 1 に示すように、さらに熱回収量を制御する制御装置 6 が、熱回収装置 41 における熱回収量を制御し、チャー燃烧室 2 の温度を制御するものであってもよい。

40

ガス化炉 101 は、例えば図 1 に示すように、さらにガス化室 1 の第 1 の界面より上部の第 1 の圧力と、チャー燃烧室 2 の第 2 の界面より上部の第 2 の圧力とを測定する圧力測定装置 81、82 と；ガス化室 1 から発生するガス b の、ガス化室 1 から排出する第 1 の排出線速度と、およびチャー燃烧室 2 から発生する燃烧ガス e の、チャー燃烧室 2 から排出する第 2 の排出線速度とを調節する調節装置 78、79 と；前記第 1 の圧力と前記第 2 の圧力との圧力差を所定の値とするように調節装置 78、79 を制御する制御装置 6 とを備えるものであってもよい。

このように構成すると、圧力測定装置 81、82 と、調節装置 78、79 と、制御装置 6 とを備えるので、圧力測定装置 81、82 によって第 1 圧力と、第 2 の圧力とを測定し

50

、調節装置 78、79 によって第 1 の排出線速度と、第 2 の排出線速度とを調整し、制御装置 6 によって、第 1 の圧力と第 2 の圧力との圧力差を所定の値とするように調節装置 78、79 を制御することができる。

第 1 の圧力と第 2 の圧力との圧力差を所定の値とすることができるので、ガス化室 1 とチャー燃焼室 2 の間の流動媒体粒子の移動量に与える圧力の影響を一定の値に抑えることができ、流動媒体粒子の移動量を精緻に制御することが容易となる。なお、所定の値はほぼゼロに等しくてもよく、第 1 の圧力と第 2 の圧力がほぼ等しくなるように制御装置 6 が調節装置 78、79 を制御するものであってもよい。

この出願は、日本国で 2002 年 8 月 15 日に出版された特願 2002 - 236997 号に基づいており、その内容は本出願の内容として、その一部を形成する。

10

また、本発明は以下の詳細な説明によりさらに完全に理解できるであろう。本発明のさらなる応用範囲は、以下の詳細な説明により明らかとなるであろう。しかしながら、詳細な説明及び特定に実例は、本発明の望ましい実施の形態であり、説明の目的のためにのみ記載されているものである。この詳細な説明から、種々の変更、改変が、本発明の精神の範囲内において、当業者にとって明らかであるからである。

出願人は、記載された実施の形態のいずれをも公衆に献上する意図はなく、開示された改変、代替案のうち、特許請求の範囲内に文言上含まれないかもしれないものも、均等論下での発明の一部とする。

【図面の簡単な説明】

図 1 は、統合型ガス化炉の構成を概念的に示すブロック図である。

20

図 2 は、仕切壁により仕切られた二つの室の模式的側面断面図である。仕切壁の形態により (a)、(b)、(c) に分類される。

図 3 は、流動化ガス速度とみかけの層粘性の関係を示す図である。

図 4 は、流動化ガス速度と流動媒体の移動量の関係を示す図である。

図 5 は、所定の弱流動化域と強流動化域とを所定の開口部の近傍域と遠隔域とに分離した場合のブロック図である。

図 6 は、ガス化室と沈降チャー燃焼室の間を循環する流動媒体の循環量の定義を説明するための図である。

図 7 は、ガス化室と沈降チャー燃焼室の間の流動媒体の拡散を説明するための図である。

30

図 8 は、沈降チャー燃焼室の流動化ガスの空塔速度と、沈降チャー燃焼室からガス化室への熱移動量と循環量（対流）の関係を示す図である。

図 9 は、沈降チャー燃焼室の流動化ガスの空塔速度と、沈降チャー燃焼室からガス化室への流動媒体移動量（対流 + 拡散）の関係を示す図である。

図 10 は、流動層高と循環量の関係について説明する図である。

図 11 は、ケース 1 の場合の循環比とガス化室層温の関係を示す図である。

図 12 は、ケース 2 の場合の循環比とガス化室層温の関係を示す図である。

図 13 は、循環比と生成ガス組成の関係を示す図である。

図 14 は、循環比と生成ガスの H_2 / CO 比の関係を示す図である。

図 15 は、循環比と生成ガス発熱量の関係を示す図である。

40

図 16 は、ガス化室層温とガス化室出口熱量割合の関係を示す図である。

図 17 は、ガス化室層温と冷ガス効率の関係を示す図である。

図 18 は、循環比と生成ガス発熱量の関係を示す図である。

図 19 は、ガス化室層温と、原料中の炭素がタールに移行する割合との関係を示す図である。

図 20 は、循環量と、原料中の炭素がチャー燃焼室へ移行する割合との関係を示す図である。

図 21 は、ガス化室層温と、原料中の炭素がチャー燃焼室へ移行する割合との関係を示す図である。

図 22 は、流動媒体供給装置の構成を示すブロック図である。

50

【発明を実施するための最良の形態】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して説明する。

図1は、ガス化炉としての統合型ガス化炉101の構成を概念的に示すブロック図である。

統合型ガス化炉101は、被処理物としての廃棄物または固体燃料aを熱分解ガス化するガス化室1と、ガス化室1において生成したチャー分hを燃焼するチャー燃焼室2とを含んで構成され、ガス化室1において生成した可燃性ガスであるガスとしての生成ガスbと、チャー燃焼室2において生成した燃焼ガスeとを統合型ガス化炉101の後段のガス利用装置（不図示）に分離して供給することを特徴とする。チャー燃焼室2は、チャー燃焼室本体部5と沈降チャー燃焼室（流動媒体沈降室）4とを含んで構成される。統合型ガス化炉101は、ガス化室1に接続されガス化室1で生成した生成ガスbを供給する生成ガス供給配管26と、チャー燃焼室本体部5に接続されチャー燃焼室本体部5で発生した燃焼ガスeを供給する燃焼ガス供給配管27とを備える。統合型ガス化炉101は、さらに生成ガス供給配管26に設置され、生成ガスbのガス組成を測定するガス組成測定器46を備える。

統合型ガス化炉101は、生成ガス供給配管26に設置され、生成ガス供給配管26から排出される生成ガスbの排出線速度（第1の排出線速度）を調整する調整装置としての調節弁78（例えば、ダンパ）と、燃焼ガス供給配管27に設置され、燃焼ガス供給配管27から排出される燃焼ガスeの排出線速度（第2の排出線速度）を調整する調整装置としての調節弁79（例えば、ダンパ）とを備える。

本統合型ガス化炉101は、前述の熱分解ガス化、チャー燃焼の機能をそれぞれ担当するガス化室1、チャー燃焼室2に加え、熱回収の機能を担当する熱回収室3を備え、ガス化室1、チャー燃焼室2、熱回収室3は、例えば全体が円筒形又は矩形を成した炉体内に収納されている。本統合型ガス化炉101は、後述の調節弁61、62、63、64、65、66、67（61～67）をそれぞれ制御する制御装置6を備える。制御装置6は、前述の調節弁78、79をも制御する。ガス化室1、チャー燃焼室2、熱回収室3は仕切壁11～15で分割されており、それぞれの底部に高温の流動媒体cを含む濃厚層である流動床が形成される。

ガス化室1、チャー燃焼室本体部5には、それぞれの濃厚層の層温を測定する温度測定器42、43が設置されている。本実施の形態では、ガス化室1の濃厚層の層温が、ガス化室1の温度であり、チャー燃焼室本体部5の濃厚層の層温がチャー燃焼室2の温度であるとしている。温度測定器42、43は、測定された温度に基づく温度信号i3（図中、破線で部分的に表示）を制御装置6に送る。制御装置6は、後述のように、温度信号i3に基づきガス化室1の温度チャー燃焼室2の温度が設定された値になるよう、調節弁61～67を制御するように構成することができ、この場合制御装置6は、本発明の、温度を制御する制御装置である。また、前述のガス組成測定器46は、測定されたガス組成に基づくガス組成信号i4を制御装置6に送る。制御装置6は、後述のように、ガス組成信号i4に基づき生成ガスbのガス組成が設定された値になるよう、調節弁61～67を制御するように構成することができ、この場合制御装置6は、本発明の、ガスの組成を制御する制御装置である。温度測定器42、43は、熱電対を使用している。

ガス化室1、チャー燃焼室本体部5には、それぞれのフリーボード部の圧力を測定する圧力測定器81、82が設置されている。ガス化室1のフリーボード部の圧力が本発明の第1の圧力であり、チャー燃焼室本体部5のフリーボード部の圧力が本発明の第2の圧力である。なお、フリーボード部については後述する。圧力測定装置81、82は、測定された圧力に基づく圧力信号i5（図中、破線で部分的に表示）を制御装置6に送る。制御装置6は、圧力信号i5に基づき、ガス化室1の圧力と、チャー燃焼室2の圧力を所定の値とするよう、調節弁61～67を制御するように構成することができる。

ガス組成信号i4は、 H_2 、 CO 、 CO_2 、 CH_4 、 H_2O 等のモル%とするとよい。制御装置6は、ガス組成信号i4を得て、 H_2/CO 比等を計算し、さらにガス組成信号i4と、温度測定器42により測定された生成ガスbの温度信号i3と、圧力測定器81

10

20

30

40

50

により測定された生成ガスbの圧力信号i5とにより生成ガスbのガスの発熱量を計算するように構成するとよい。

各室1～3の流動床、即ちガス化室流動床、チャー燃烧室流動床、熱回収室流動床の流動媒体cを流動させるために、各室1～3の底である炉底には、流動媒体c中に流動化ガスg1、g2、g3、g4（流動化ガスg1、g2、g3、g4の区別は後述する、以下流動化ガスを総称する場合は符号gをつける）を吹き込む散気装置31～36が設けられている。即ち、ガス化室1には散気装置31、32が、チャー燃烧室2には散気装置33、34、35が、熱回収装置3には散気装置36が設けられている。各散気装置31～36は、散気装置31～36が設置されている炉底部に敷かれた例えば多孔板を含んで構成され、該多孔板を広さ方向に区分して複数の部屋に分割されている。

統合型ガス化炉101は、散気装置31に接続された供給配管51、散気装置32に接続された供給配管52、散気装置33に接続された供給配管53、散気装置34に接続された供給配管54、散気装置35に接続された供給配管55、散気装置36に接続された供給配管56を備える。供給配管51～56は、それぞれ調節装置としての調節弁61～66と、流量測定器71～76とを備え、流動化ガスgを各散気装置31～36へ供給する。調節弁61～66は、各散気装置31～36への流動化ガスgの供給量を調節する。よって、各散気装置31～36は、各室1～3内の各部（図中、室1の1a、1bで示す箇所、室2の2a、2b、4aで示す箇所、室3の3aで示す箇所）の空塔速度を変えるために、散気装置31～36の各部屋から多孔板を通して吹き出す流動化ガスgの流速を変化させるように構成されている。流量測定器71～76は、各供給配管51～56の調節弁61～66の下流側に設置され、流動化ガスgの流量を測定する。調節弁61～66は、制御装置6から送られる別々の制御信号i1（図中、破線で部分的に表示）を受けてそれぞれ作動し開度を変える。流量測定器71～76は、測定された流量に基づく流量信号i2（図中、破線で部分的に表示）を制御装置6に送る。

また、空塔速度は、室1～3の各所で相対的に異なるので各室1～3内の流動媒体cも室1～3の各所で流動化状態が異なり、そのため内部旋回流が形成される。また室1～3の各所で流動化状態が異なることから、内部旋回流は、炉内の各室1～3を循環する。図中、散気装置31～36に示す白抜き矢印の大きさは、吹き出される流動化ガスgの流速を示している。例えば2bで示す箇所の太い矢印は、2aで示す箇所の細い矢印よりも流速が大きい。また、白抜きの矢印で示される箇所の流速は、その箇所の全体に渡り均一である。

ガス化室1とチャー燃烧室本体部5の間は仕切壁11及び仕切壁15で仕切られ、チャー燃烧室本体部5と熱回収室3の間は仕切壁12で仕切られ、ガス化室1と熱回収室3の間は仕切壁13で仕切られている（なお本図は、炉を平面的に展開して図示しているため、仕切壁11はガス化室1とチャー燃烧室本体部5の間にはないかのように、また仕切壁13はガス化室1と熱回収室3の間にはないかのように示されている）。即ち、統合型ガス化炉101は、各1～3室が別々の炉として構成されておらず、一つの炉として一体に構成されている。さらに、チャー燃烧室本体部5のガス化室1と接する面の近傍には、流動媒体cが下降するべく沈降チャー燃烧室4を設ける。即ち、前述のようにチャー燃烧室2は沈降チャー燃烧室4と沈降チャー燃烧室4以外のチャー燃烧室本体部5とに分かれる。このため、沈降チャー燃烧室4をチャー燃烧室2の他の部分（チャー燃烧室本体部5）と仕切るための仕切壁14が設けられている。また沈降チャー燃烧室4とガス化室1とは、図1に示すように、仕切壁15で仕切られている。

ここで、流動床と界面について説明する。流動床は、その鉛直方向下方部にある、流動化ガスgにより流動化状態に置かれている流動媒体c（例えば珪砂）を濃厚に含む濃厚層と、その濃厚層の鉛直方向上方部にある流動媒体cと多量のガスが共存し、流動媒体cが勢いよくはねあがっているスプラッシュゾーンとからなる。流動床の上方即ちスプラッシュゾーンの上方には流動媒体cをほとんど含まずガスを主体とするフリーボード部がある。界面は、ある厚さをもった前記スプラッシュゾーンをいうが、またスプラッシュゾーンの上と下（濃厚層の上と）との中間にある仮想的な面ととらえてもよい。

10

20

30

40

50

また「流動床の界面より鉛直方向上方においてはガスの流通がないように仕切壁により仕切られ」というとき、さらに界面より鉛直方向下方の濃厚層の上面より鉛直方向上方においてガスの流通がないようにするのが好ましい。

ガス化室 1 とチャー燃烧室本体部 5 の間の仕切壁 1 1 は、炉の天井 1 9 から炉底（散気装置 3 1 の多孔板）に向かってほぼ全面的に仕切っているが、下端は炉底に接することではなく、炉底近傍に連通口としての開口部 2 1 がある。但しこの開口部 2 1 の上端が、第 1 の界面としてのガス化室流動床界面、第 2 の界面としてのチャー燃烧室流動床界面のいずれの界面よりも上部にまで達することはない。さらに好ましくは、開口部 2 1 の上端が、ガス化室流動床の濃厚層の上面、チャー燃烧室流動床の濃厚層の上面のいずれよりも上部にまで達することはないようにする。言い換えれば、開口部 2 1 は、常に濃厚層に潜っているように構成するのが好ましい。即ち、ガス化室 1 とチャー燃烧室 2 とは、少なくともフリーボード部においては、さらに言えば界面より上方においては、さらに好ましくは濃厚層の上面より上方ではガスの流通がないように仕切壁により仕切られていることになる。

10

またチャー燃烧室 2 と熱回収室 3 の間の仕切壁 1 2 はその上端が界面近傍、即ち濃厚層の上面よりは上方であるが、スプラッシュゾーンの上面よりは下方に位置しており、仕切壁 1 2 の下端は炉底近傍までであり、仕切壁 1 1 と同様に下端が炉底に接することなく、炉底近傍に濃厚層の上面より上方に達することのない開口部 2 2 がある。言い換えれば、チャー燃烧室 2 と熱回収室 3 の間は流動層部のみ仕切壁 1 2 で仕切られており、その仕切壁 1 2 の炉床面近傍には開口部 2 2 を有し、チャー燃烧室 2 の流動媒体 c は仕切壁 1 2 の上部から熱回収室 3 に流入し、仕切壁 1 2 の炉床面近傍の開口部 2 2 を通じて再びチャー燃烧室 2 に戻る循環流を有するように構成されている。

20

ガス化室 1 と熱回収室 3 の間の仕切壁 1 3 は炉底から炉の天井にわたって完全に仕切っている。沈降チャー燃烧室 4 を設けるべくチャー燃烧室 2 内を仕切る仕切壁 1 4 の上端は流動床の界面近傍で、下端は炉底に接している。仕切壁 1 4 の上端と流動床との関係は、仕切壁 1 2 と流動床との関係と同様である。沈降チャー燃烧室 4 とガス化室 1 を仕切る仕切壁 1 5 は、仕切壁 1 1 と同様であり、炉の天井から炉底に向かってほぼ全面的に仕切っており、下端は炉底に接することなく、炉底近傍に連通口としての開口部 2 5 があり、この開口の上端が濃厚層の上面より下にある。即ち、開口部 2 5 と流動床の関係は、開口部 2 1 と流動床の関係と同様である。

30

ガス化室 1 に投入された廃棄物または固体燃料 a は流動媒体 c から熱を受け、熱分解、ガス化され、生成ガス b が生成される。典型的には、廃棄物または燃料 a はガス化室 1 では燃焼せず、いわゆる乾留される。残った乾溜チャー h は流動媒体 c と共に仕切壁 1 1 の下部にある開口部 2 1 からチャー燃烧室本体部 5 に流入する。このようにしてガス化室 1 から導入されたチャー h はチャー燃烧室本体部 5 で燃焼して流動媒体 c を加熱する。チャー燃烧室本体部 5 でチャー h の燃焼熱によって加熱された流動媒体 c は仕切壁 1 2 の上端を越えて熱回収室 3 に流入し、熱回収室 3 内で界面よりも下方にあるように配設された熱回収装置としての層内伝熱管 4 1 で収熱され、冷却された後、再び仕切壁 1 2 の下部の開口部 2 2 を通ってチャー燃烧室本体部 5 に流入する。

層内伝熱管 4 1 は、熱回収室 3 内に配置された層内伝熱管本体 4 1 A と、蒸気 s 1 を層内伝熱管本体 4 1 A に導く導入部 4 1 B と、層内伝熱管本体 4 1 A から過熱蒸気 s 2 を排出する排出部 4 1 C からなる。層内伝熱管本体 4 1 A に導入された蒸気 s 1 は過熱され過熱蒸気 s 2 となる。

40

統合型ガス化炉 1 0 1 は、温度測定器 4 4、4 5 と、調節弁 6 7 と、流量測定器 7 7 とを備える。温度測定器 4 4 は、導入部 4 1 B に設置され、蒸気 s 1 の温度を測定する。調節弁 6 7 は、導入部 4 1 B に設置され、蒸気 s 1 の流量を制御する。流量測定器 7 7 は、導入部 4 1 B に設置され、蒸気 s 1 の流量を測定する。温度測定器 4 5 は、排出部 4 1 C に設置され、過熱蒸気 s 2 の温度を測定する。調節弁 6 7 は、制御装置 6 から送られる制御信号 i 1（図中、破線で部分的に表示）を受けて作動し開度を変える。流量測定器 7 7 は、測定された流量に基づく流量信号 i 2（図中、破線で部分的に表示）を制御装置 6 に

50

送り、温度測定器 44、45 は、測定された温度に基づく温度信号 i3 (図中、破線で部分的に表示) を制御装置 6 に送る。制御装置 6 は、本発明の熱回収量を制御する制御装置である。

ここで、熱回収室 3 は本発明の実施の形態である統合型ガス化炉 101 において必須ではない。即ち、ガス化室 1 で主として揮発成分がガス化した後に残る主としてカーボンからなるチャー h の量と、チャー燃焼室 2 で流動媒体 c を加熱するのに必要とされるチャーの量がほぼ等しければ、流動媒体 c から熱を奪うことになる熱回収室 3 は不要である。また前記チャー h の量の差が小さければ、例えば、ガス化室 1 でのガス化温度が高目になり、ガス化室 1 で発生する CO ガスの量が増えるという形で、バランス状態が保たれる。

しかしながら図 1 に示すように熱回収室 3 を備える場合は、チャー h の発生量の大きい石炭から、ほとんどチャー h を発生させない都市ゴミまで、幅広く多種類の廃棄物または燃料 a に対応することができる。即ち、どのような廃棄物または燃料 a であっても、熱回収室 3 における熱回収量を加減することにより、チャー燃焼室本体部 5 の燃焼温度を適切に調節し、流動媒体 c の温度を適切に保つことができる。また、流動化ガス g3 の散気装置 36 への供給量を調節弁 66 によって調節し、弱い流動化状態に維持される弱流動化域 3a を有する熱回収室 3 内の流動化状態の強弱を調節することにより、熱回収室 3 における熱回収量を制御することができる。よって、熱回収量を制御する制御装置 6 が、層内伝熱管 41 における熱回収量を制御し、チャー燃焼室 2 の温度を制御する。

一方チャー燃焼室本体部 5 で加熱された流動媒体 c は仕切壁 14 の上端を越えて沈降チャー燃焼室 4 に流入し、次いで仕切壁 15 の下部にある開口部 25 からガス化室 1 に流入する。

ここで、図 2 (a)、(b)、(c) の模式的側面断面図を参照して、炉 F 内に形成された仕切壁 X、仕切壁 Y あるいは仕切壁 Z で仕切られた二つの室 Ra、Rb 間の流動媒体 c の流動化状態及び移動について説明する。図 2 (a) では、二つの室 Ra、Rb は、上部のみに開口部 Px を有する仕切壁 X によって仕切られる。図 2 (b) では、二つの室 Ra、Rb は、下部にのみ開口部 Qy を有する仕切壁 Y によって仕切られる。図 2 (c) では、二つの室 Ra、Rb は、上部に開口部 Pz、さらに下部に開口部 Qz を有する仕切壁 Z によって仕切られる。図 2 (a)、(b)、(c) において、共に、流動媒体 c を収納する各室 Ra、Rb の炉底には、それぞれ流動化ガス ga、gb を吹き込む散気装置 Da、Db が、設けられている。また、仕切壁 X、Z の上端は、界面の高さ近傍にあり、開口部 Qy、Qz は、濃厚層に潜った位置にあるものとする。また、図 2 (a)、(b)、(c) において、室 Ra 内の流動化状態は、室 Ra 内で均一であり、室 Rb 内の流動化状態は、室 Rb 内で均一であるとする。

仕切壁 X、仕切壁 Y あるいは仕切壁 Z により仕切られた 2 室 Ra、Rb 間の流動媒体 c の移動は、室 Ra 側と室 Rb 側との流動化状態の強弱差により引き起こされるので、室 Ra 側と室 Rb 側との流動化状態の強弱差を実用上任意に変えることにより、室 Ra と室 Rb 間の開口部 Px、Qy、Pz、Qz を介した流動媒体 c の移動量と移動方向 (室 Ra から室 Rb へ、あるいは室 Rb から室 Ra へ) を調節することができる。以下では、室 Ra と室 Rb の流動化状態をどのように変えた場合に、室 Ra と室 Rb 間の流動媒体 c の移動量をどのように調節できるかについて具体的に説明する。

なお、開口部 Qy、Qz を介して移動する、室 Ra と室 Rb 間の流動媒体 c の移動は、一般的には室 Ra 側の開口部 Qy、Qz 近傍における流動化状態と、室 Rb 側の開口部 Qy、Qz 近傍における流動化状態の強弱差に影響され、弱い流動化状態の室から強い流動化状態の室へ、流動媒体 c が移動する。図 2 (a)、(b)、(c) では、室 Ra 内の流動化状態が室 Ra 内で均一であり、また室 Rb 内の流動化状態が室 Rb 内で均一であるので、室 Ra 内、室 Rb 内の流動化ガス ga、gb のガス速度の差で論じることができ、ガス速度の遅い室から、ガス速度の速い方の室へ、流動媒体 c が移動する。

まず、図 2 (a) を参照して、2 室 Ra、Rb が、上端が界面の高さ近傍にある仕切壁 X によって仕切られる場合について説明する。2 室 Ra、Rb の流動化状態が等しい場合は、室 Ra 側からはねあがった流動媒体 c が仕切壁 X を越えて室 Rb 側に移動する量と、

10

20

30

40

50

室 R b 側からはねあがった流動媒体 c が仕切壁 X を越えて室 R a 側へ移動する量が平均的に等しくなる。よって、局所的には 2 室 R a、R b 間の流動媒体 c の移動は生じているが、全体的（室 R a、及び室 R b それぞれ全体、以下同様）には流動媒体 c の移動量は 0 となる。

例えば、室 R b の流動化状態を一定に保ったまま、室 R a の流動化状態を室 R b の流動化状態よりも強くした場合、即ち室 R b の流動化ガス速度を一定に保ったまま室 R a の流動化ガス速度を室 R b の流動化ガス速度よりも大きくした場合、室 R a 側からはねあがった流動媒体 c が仕切壁 X を越えて室 R b 側へ移動する量より、室 R b 側からはねあがった流動媒体 c が仕切壁 X を越えて室 R a 側へ移動する量が多くなるため、室 R a 側から室 R b 側への全体的な流動媒体 c の移動量は 0 とはならず、室 R a 側から室 R b 側への流動媒体 c の移動が生じる（図中、この状態を白抜き矢印で表示している）。

10

なお、ここでは室 R b の流動化ガス速度を一定に保ったまま室 R a の流動化ガス速度を大きくするように変化する場合を考えたが、逆に室 R a の流動化ガス速度を一定に保ったまま室 R b の流動化ガス速度を小さくするように変化させても、同様の効果が得られる。

いま、室 R a、室 R b において流動媒体 c の外部からの補充や、外部への抜き出しを行わないものとする、室 R a 側から室 R b 側への流動媒体 c の移動により、室 R a の流動層高は次第に低下し、室 R b の流動層高は次第に上昇することになる。

室 R a 側からはねあがり仕切壁 X を越えて室 R b 側へ移動する流動媒体 c の量は、室 R a 側の流動層界面が低くなるほど減少するから、上述の室 R a の流動層高の低下により、室 R a 側から室 R b 側への流動媒体 c の移動量は減少する。同様に、室 R b 側からはねあがり仕切壁 X を越えて室 R a 側へ移動する流動媒体 c の量は、室 R b 側の流動層界面が高くなるほど増加するから、上述の室 R b の流動層高の上昇により、室 R b 側から室 R a 側への流動媒体 c の移動量は増加する。

20

このため、室 R a と室 R b の流動化ガス g_a 、 g_b のガス速度が同じである場合を初期状態として、室 R a の流動化ガス速度が室 R b の流動化ガス速度より大きくなるように一定量の差をつけた場合、始めは室 R a 側から室 R b 側への全体的な流動媒体 c の移動が生じるが、ある程度室 R a の流動層高が低下し、室 R b の流動層高が上昇した段階において、再度室 R a 側から室 R b 側への局所的な流動媒体 c の移動量と室 R b 側から室 R a 側への局所的な流動媒体 c の移動量が全体として釣り合うことにより、2 室 R a、R b 間の流動媒体 c の全体的な移動量は再び 0 となる。

30

したがって、室 R a の流動化ガス速度が、室 R b の流動化ガス速度より大きくなるように一定量の差をつけた場合において、室 R a から室 R b への流動媒体 c の移動を連続的に行うためには、両室 R a、R b に充填されている流動媒体 c の量、即ち流動層高が一定となるように、外部から室 R a へ流動媒体 c が供給され、かつ室 R b から外部へ流動媒体 c が抜き出されるような構成とすればよいことになる。

この場合、室 R a と室 R b の流動化ガス速度の差を大きくするほど室 R a から室 R b への流動媒体 c の移動量を大きく確保することができるため、室 R b の流動化を止めた状態または最低流動化に近い状態、即ち好ましくは流動化速度が $2 U_{mf}$ 以下、さらに好ましくは $1 U_{mf}$ 以下になるようにし、室 R a の流動化速度をこれに比べて十分高い状態、好ましくは流動化速度が $4 U_{mf}$ 以上、さらに好ましくは $5 U_{mf}$ 以上に保った場合に最大の流動媒体 c の移動量を確保することができる。ここで、 U_{mf} とは最低流動化速度（流動化が開始される流動化ガスの速度）を $1 U_{mf}$ とした単位である。即ち、 $5 U_{mf}$ は最低流動化速度の 5 倍の速度である。

40

次に、図 2 (b) に示すように、2 室 R a、R b が濃厚層に潜った開口部 Q_y を有する仕切壁 Y によって仕切られている場合について考える。2 室 R a、R b の流動化状態等しい場合（室 R a の流動化ガス速度と、室 R b の流動化ガス速度とが等しい場合）は、開口部 Q_y を介しての室 R a 側から室 R b 側への、あるいは室 R a 側から室 R b 側への流動媒体 c の拡散量は釣り合うため、局所的には 2 室 R a、R b 間の流動媒体 c の移動は生じているけれども、全体的な流動媒体 c の移動量は 0 である。

室 R b の流動化状態を同一に保ったまま、室 R a の流動化状態を室 R b の流動化状態よ

50

りも強くした場合、即ち室 R b の流動化ガス速度を一定に保ったまま室 R a の流動化ガス速度を室 R b の流動化ガス速度よりも大きくした場合、室 R a の濃厚層内には室 R b の濃厚層内に比べより多量の気泡が発生するため、室 R a のみかけの層密度は室 R b のみかけの層密度に比べて低下する。このため、室 R a と室 R b の各々の流動層高が等しければ、室 R a の層下部の開口部 Q y 近傍における圧力は、室 R b の層下部の開口部 Q y 近傍における圧力より低くなる。この圧力差を駆動力とする誘引作用により、室 R b 側から室 R a 側へと流動媒体 c の移動が開口部 Q y 全体に渡って生じる（図中、この状態を白抜き矢印で表示している）。

逆に、室 R a の流動化ガス速度を一定に保ったまま室 R b の流動化ガス速度を小さくした場合は、若干状況が異なる。ここで考えている流動媒体 c の移動は、濃厚層内に設けられた仕切壁 Y の開口部 Q y を介して生じており、室 R a と室 R b の層下部の開口部 Q y 近傍における圧力差がその駆動力となっている。言い換えれば、室 R a と室 R b の層下部の開口部 Q y 近傍における圧力差が、流動媒体 c が開口部 Q y を通過して移動するのに必要な抵抗力と釣り合っていることになるが、この抵抗力は、粒子層のみかけの層粘性と密接な関係がある。

次に、図 2 (b)、図 3、図 4 を参照して説明する。

図 3 に、流動媒体 c の流動化状態と粒子層のみかけの層粘性との関係を示す。室 R b の流動化ガス g b のガス速度を、図 3 に示す範囲で変化させ、一方、室 R a の流動化ガス g a のガス速度は、一定に保った場合を示している。単純バブリング流動層（沈降流なし）の場合、流動化ガス速度が 1 U m f 以下の固定層では流動層の粘性が無限大にほぼ等しくなる。流動化ガス速度が 1 U m f 以上で流動層の粘性が急激に減少する。室 R b（沈降室）の場合、沈降する流動媒体と上昇する流動化ガスの相対速度が生じるので、流動化ガス速度が、 1 U m f 以下でも、流動化ガス相対速度が、 1 U m f 以上の流動層となるので、粘性が変化し、移動量（循環量）が制御できる。よって、流動媒体 c の移動量（循環量）を制御するための流動化ガス量の変化量を最小にすることができる。すなわち、循環量を制御するためのプロセス因子（ここでは流動化ガス量）の変化が、他のプロセス因子に及ぼす影響を最小にすることができる。

したがって、室 R a の流動化ガス速度を一定に保ったまま室 R b の流動化ガス速度を小さくした場合、室 R b の流動化ガス速度の絶対値に応じて、流動媒体 c の移動量の変化の挙動が異なる。初期状態において、室 R a 及び室 R b の双方が十分強流動化した状態、即ち流動化ガス速度が 5 U m f を超える状態にあつたとする。この状態から、室 R b の流動化ガス速度を減じてゆくと、室 R b の流動化ガス相対速度（流動媒体の沈降速度と流動化ガスの上昇速度との相対速度）が 2 U m f 程度を超える範囲では、室 R b の流動化ガス速度を小さくするほど、室 R a と室 R b の層下部の開口部 P y 近傍における圧力差が大きくなるため、室 R b から室 R a への流動媒体 c の移動量が大きくなる。しかし、室 R b の流動化ガス相対速度（流動媒体の沈降速度と流動化ガスの上昇速度との相対速度）が 2 U m f 程度より小さい範囲では、室 R b の流動化ガス速度が小さいほど、層粘性が急激に大きくなり、流動媒体 c が仕切壁 Y の開口部 Q y を通過するための抵抗力が大きくなるため、室 R b から室 R a への流動媒体 c の移動量は逆に小さくなる。

図 4 に、室 R a の流動化ガス g a のガス相対速度（流動媒体の沈降速度と流動化ガスの上昇速度との相対速度）を、一定に保った場合（ 4 U m f 、 5 U m f 、 6 U m f の 3 つのケースをそれぞれ示す）に、室 R b の流動化ガス g b のガス速度を変化させた場合に、室 R a から室 R b への流動媒体 c の移動量がどのように変化するかを示す。図 4 に示すように、室 R b の流動化ガス相対速度（流動媒体の沈降速度と流動化ガスとの相対速度）が 2 U m f 程度より小さい範囲において、流動化ガス相対速度（流動媒体の沈降速度と流動化ガスの上昇速度との相対速度）に対して、ほぼ線形的に流動媒体 c の移動量が変化することがわかる。即ち、この範囲を積極的に利用することにより、少ない流動化ガス量のもとで、流動化ガス量のわずかな変化により大きな流動媒体 c の移動量の変化を引き起こすことができる。また、図 4 では室 R a の流動化状態が一定に保たれている場合を示しているが、本図のように室 R a の流動化状態は十分強い流動化の状態に保たれていることが特に

10

20

30

40

50

好ましい。

発明者らの知見によれば、図4における室R aから室R bへの流動媒体cの移動量の最大値を与える流動化ガスg bのガス相対速度（流動媒体の沈降速度と流動化ガスとの相対速度）は約 $1.7 U m f$ である。以上の観点からは、室R bの流動化ガス相対速度（流動媒体の沈降速度と流動化ガスとの相対速度）は好ましくは $1 U m f \sim 2 U m f$ の範囲、さらに好ましくは $1 U m f \sim 1.7 U m f$ の範囲で調整するのがよく、また室R aの流動化ガス速度は、好ましくは $4 U m f$ 以上、さらに好ましくは $5 U m f$ 以上に保つのがよい。

なお、室R bの流動化ガスg bのガス速度を一定に保ったまま室R aの流動化ガスg aのガス速度を大きくした場合でも、あるいは室R aの流動化ガスg aのガス速度を一定に保ったまま室R bの流動化ガスg bのガス速度を小さくした場合でも、流動媒体cの外部からの補充や、外部への抜き出しを行わないものとする、室R b側から室R a側への流動媒体cの移動により、室R bの流動層高は低下し、室R aの流動層高は上昇することになる。

10

即ち、室R aと室R bの流動化ガス速度が同じである場合を初期状態として、室R a側の流動化ガス速度が室R b側の流動化ガス速度より大きくなるように、一定量の差をつけた場合、差をつけた直後は室R b側から室R a側への流動媒体cの移動が生じるが、ある程度室R aの流動層高が上昇し、室R bの流動層高が低下すると、室R aの層下部の開口部Q y近傍における圧力が高くなり、室R bの層下部の開口部Q y近傍における圧力が低くなるため、流動媒体cの移動の駆動力であった室R aと室R bの層下部の開口部Q y近傍における圧力差が小さくなる。この圧力差が0となった段階において、2室R a、R b間の流動媒体cの全体的な移動量は再び0となる。

20

したがって、室R aの流動化ガス速度が、室R bの流動化ガス相対速度（流動媒体の沈降速度と流動化ガスの上昇速度との相対速度）より大きくなるように一定量の差をつけた場合において、室R bから室R aへの流動媒体cの移動を連続的に行うためには、両室R a、R bに充填されている流動媒体cの量、即ち流動層高が一定となるように、外部から室R bへ流動媒体cが供給され、かつ室R aから外部へ流動媒体cが抜き出されるような構成とすればよいことになる。

次に、図2(c)を参照して説明する。図2(c)では、上部に開口部P zを、下部に開口部Q zを有するので、上部の開口部P zでは、図2(a)に関し前述した現象が生じ、下部の開口部Q zでは、図2(b)に関し前述した現象が生じる。

30

したがって、例えば、室R bの流動化状態を一定に保ったまま、室R aの流動化状態を室R bの流動化状態よりも強くした場合、逆に室R aの流動化ガス速度を一定に保ったまま室R bの流動化ガス相対速度（流動媒体の沈降速度と流動化ガスとの相対速度）を小さくするように変化させた場合、開口部P zでは、室R a側から室R b側への流動媒体cの移動が生じ、開口部Q zでは、室R a側から室R b側への流動媒体cの移動が生じる。よって、室R aと室R b間で流動媒体cの循環が生じる。

この場合、開口部Q zを介する流動媒体cの移動量と、開口部P zを介する流動媒体cの移動量は、室R aの流動化状態を室R bの流動化状態よりも強くした初期の状態では、必ずしも等しくはない。しかし、ある過渡状態を経た後には、流動媒体cの移動量の相違に起因する流動層高の変化により、各々の開口部Q z、P zを介する流動媒体cの移動量が等しくなり、ある定常的な流動媒体cの循環状態が得られる。

40

例えば、開口部Q zを介する流動媒体cの室R bから室R aへの移動量が、開口部P zを介する流動媒体cの室R aから室R bへの移動量よりも大きい場合について考える。この場合、室R bの流動層高は次第に低くなり、同時に室R aの流動層高は次第に高くなる。室R bの流動層高の低下は室R bの炉床近傍の圧力を低下させ、一方で室R aの流動層高の上昇は室R aの炉床近傍の圧力を上昇させる。これにより、開口部Q zを挟んだ室R aと室R bの圧力差が小さくなり、すなわち開口部Q zを介した室R bから室R aへの流動媒体cの移動量は減少する。また、室R aの流動層高が上昇することにより、仕切壁Zの上端を超えて室R aから室R bへ流動媒体cが飛び込みやすくなる。即ち、開口部P zを介する流動媒体cの室R aから室R bへの移動量は増加する。以上の効果により、開口

50

部 Q z を介する流動媒体 c の室 R b から室 R a への移動量は減少し、開口部 P z を介する流動媒体 c の室 R a から室 R b への移動量は増加するため、室 R a と室 R b の流動層高はさらに変化し、流動媒体 c の室 R b から室 R a への移動量と室 R a から室 R b への移動量が等しくなるところでバランスする。

以上において、最終的にバランスして得られた流動媒体 c の移動量（循環量）は、開口部 Q z の幅、高さ、面積及び形状と、仕切壁 Z の高さなどの炉 F の形状の条件と、各室に供給する流動化ガス量によって決まる。したがって、所望の循環量が得られるようにするためには、流動化ガス量の供給量を考慮して、開口部 Q z の幅、高さ、面積及び形状と、仕切壁 Z の高さなどの炉 F の形状を決定すれば良い。

ここで、図 6 を参照して、ガス化室 1 と沈降チャー燃焼室 4 との間を開口部 2 5 を通って循環する流動媒体 c の循環量の定義について以下説明する。図中、ガス化炉 1 0 1 は、図 1 に記載されたものと同じ構成であるが、説明をわかりやすくするため、ガス化室 1 の強流動化域 1 b と、弱流動化域 4 a である沈降チャー燃焼室 4 と、開口部 2 5 が形成された仕切壁 1 5 とで構成されるように記載され、他の構成要素は省略してある。

ガス化室 1 の強流動化域 1 b の流動化ガス g 1（図 1）の空塔速度を V_{1b} とし、弱流動化域 4 a である沈降チャー燃焼室 4 の流動化ガス g 4（図 1）の空塔速度を V_{4a} とする。空塔速度 V_{1b} は、空塔速度 V_{4a} より大きいので（ $V_{1b} > V_{4a}$ ）、ガス化室 1 の流動化状態は、沈降チャー燃焼室 4 の流動化状態より強く、沈降チャー燃焼室 4 の炉底部 B 4 a とガス化室 1 の強流動化域 1 b の炉底部 B 1 b とにおいて圧力差がつき、両流動化域の間に存在する仕切壁 1 5 の下部の開口部 2 5 を通り流動媒体 c が循環し移動する。炉底部圧力（炉底部における流動層圧力）を P_m [Pa]、流動層のかさ密度を D_f [kg/m^3]、重力加速度を g_a [kg/s^2]、流動層の高さ（層高）を H_f [m] とすれば、

$$P_m = D_f \times g_a \times H_f \cdots (1) \quad \text{の関係が成立する。}$$

沈降チャー燃焼室 4 は弱流動化域 4 a であり、気泡が少ないため、流動層かさ密度 D_{f4a} が大きい（空隙が少なく、粒子濃度が濃い）。一方、ガス化室 1 の強流動化域 1 b では、気泡が多いため、流動層かさ密度 D_{f1b} が小さい（空隙が多く、粒子密度が薄い）。よって、沈降チャー燃焼室 4（弱流動化域 4 a）の流動層かさ密度 D_{f4a} は、ガス化室 1 の強流動化域 1 b の流動層かさ密度 D_{f1b} よりも大きくなり（ $D_{f4a} > D_{f1b}$ ）、圧力差が生じて、チャー燃焼室 4（弱流動化域 4 a）からガス化室 1 の強流動化域 1 b の方へ流動媒体 c が移動する。

これに対して、図 7 に示すように、ガス化室 1 の強流動化域 1 b の空塔速度 V_{1b} が、沈降チャー燃焼室 4 の空塔速度 V_{4a} に等しいとき（ $V_{1b} = V_{4a}$ ）は、ガス化室 1 の強流動化域 1 b の炉底部 B 1 b における炉底部圧力 P_{m1b} は、沈降チャー燃焼室 4 の炉底部 B 4 a における炉底部圧力 P_{m4a} に等しくなる（ $P_{m1b} = P_{m4a}$ ）ので、仕切壁 1 5 の下部の開口部 2 5 では、マクロ的にみると沈降チャー燃焼室 4 からガス化室 1 の強流動化域 1 b への流動媒体 c の移動も、ガス化室 1 から沈降チャー燃焼室 4 への流動媒体 c の移動も生じない。

しかし、流動層内のすべての流動化域で同じ空塔速度である流動層において、ミクロ的に 1 個 1 個の粒子に着目すると、粒子は任意の方向に絶えず移動しているので、ガス化室 1 と沈降チャー燃焼室 4 の間の仕切壁 1 5 の下部の開口部 2 5 にて、ガス化室 1 と沈降チャー燃焼室 4 との間を流動媒体粒子 c の双方向の流れが生じ、流動媒体粒子 c の交換が生じている。

図 6 のようなガス化室 1 と沈降チャー燃焼室 4 との間を流動媒体 c のマクロな一方向の移動を対流と称することにする。図 7 のような流動媒体 c のガス化室 1 と沈降チャー燃焼室 4 との間を双方向の粒子の移動を拡散と称することにする。図 6 の対流が生じている領域でも、ミクロな領域での 1 個 1 個の粒子に着目すると、図 7 のような拡散が生じている。

これに対し、図 6 によるようなマクロな一方向流れの質量流量 [kg/s] を循環量と定義する。この循環量は、流動層の炉底部の圧力差と、上流側の流動層の粘性と下流側の流動

10

20

30

40

50

層の粘性によって定まる（特に、上流側の流動層の粘性が支配的である）。図6において、沈降チャー燃焼室4の炉底部B4aの炉底部圧力 P_{m4a} と、ガス化室1の炉底部B1bの炉底部圧力 P_{m1b} との差が大きいほど、仕切壁15の下部の開口部25を通じて、沈降チャー燃焼室4からガス化室1への流動媒体cの移動量（循環量）は、増加する。また、仕切壁15の下部の開口部25は、流動媒体cの流れに対して絞り抵抗になる。したがって、沈降チャー燃焼室4の流動層のみかけの粘性が小さいほど、開口部25での絞り抵抗を流動媒体cが流れやすくなり、循環量が増加する。流動層のみかけの粘性は、流動層の流動化状態、すなわち流動化ガスの空塔速度 V_{1b} 、 V_{4a} に依存して決まる。したがって、ガス化室1の強流動化域1bの流動化ガス速度 V_{1b} を変化させ、あるいは沈降チャー燃焼室4の流動化ガスの空塔速度 V_{4a} を変化させて、みかけの粘性を変化させる

10

ことで、循環量を制御することができる。

例えば、ガス化室1の全領域の流動化状態と、沈降チャー燃焼室4の全領域の流動化状態とを同じにすれば、循環量は0になる。しかし、このようにして、循環量を0にしても、仕切壁15の下部の開口部25では拡散による2室1、4間の流動媒体cの交換が行われるので、この流動媒体cの交換に伴って、ガス化室1の強流動化域1bの熱分解残渣（流動化しない大型の残渣は除く）は沈降チャー燃焼室4へ移動して、燃焼する。

したがって、吸熱反応である原料の熱分解が行われるガス化室1よりも、残渣燃焼が行われる沈降チャー燃焼室4の方が流動層温度が高くなる。仕切壁15の下部の開口部25では拡散による2室1、4間の流動媒体cの交換が行われるので、この流動媒体cの交換により、流動媒体cのもつ顕熱も、2室1、4間で交換される。したがって、温度の高い

20

沈降チャー燃焼室4から、温度の低いガス化室1へ流動媒体cの顕熱が移動する。

以上のことから、沈降チャー燃焼室4の流動化ガス速度（流動化ガスの空塔速度）と、循環量（対流）および熱移動量とは、図8のような関係がある。すなわち、沈降チャー燃焼室4の流動媒体cの空塔速度が0になると、循環量（対流）は0になるが、熱移動量は0にはならない。これは、ガス化室1とチャー燃焼室本体部5の仕切壁11の下部の開口部21にて、ガス化室1とチャー燃焼室本体部5間の拡散による、流動媒体cの交換が生じ、それとともに、残渣移動と熱移動が存在するからである。

図9に、流動媒体cが沈降する弱流動化域4aである沈降チャー燃焼室4の流動化ガスの空塔速度（単位を U_{mf} とする）を $0 U_{mf}$ から約 $1.7 U_{mf}$ まで変化させたときの沈降チャー燃焼室4からガス化室1への流動媒体移動量（対流+拡散）（単位 kg/s ）

の変化を示す。図に示すように、空塔速度の増加により流動媒体移動量がほぼ直線的に増加する。 $1 U_{mf}$ 以下でも、流動媒体移動量が変化し制御範囲内である。ここで、 U_{mf} とは最低流動化速度（流動化が開始される流動化ガスの空塔速度）を $1 U_{mf}$ とした単位である。また、図中、沈降チャー燃焼室4の流動化速度を0にしたときに、沈降チャー燃焼室4から、ガス化室1への流動媒体移動量が0になっていない。これは、ガス化室1と沈降チャー燃焼室4の間の仕切壁15に形成された開口部25間の拡散による流動媒体移動が生じているためである。よって、沈降チャー燃焼室4の流動化状態を停止して、対流による熱移動量を0にして、ガス化室1と沈降チャー燃焼室4の開口部25周辺の流動化状態を変える（流動化ガス量を変える）ことにより、ガス化室1と沈降チャー燃焼室4の開口部25周辺での拡散による熱移動量を変化させることで、熱移動量をより小さい範囲

30

40

で制御することが可能になる。

したがって、ガス化室1の弱流動化域1aで開口部21に近い領域と、チャー燃焼室本体5の強流動化域2bで開口部21に近い領域に供給する流動化ガス量 g_1 、 g_2 を測定する流量測定装置71、74と、その流量を変化させる流量制御装置（例えば流量制御弁61、64）を設けることで、ガス化室1とチャー燃焼室本体5の開口部周辺での拡散による熱移動量を制御することが可能になる。

例えば、熱移動量を小さい値に制御したい場合、熱移動量制御装置としての制御装置6は、沈降チャー燃焼室4の流動化ガス流量制御装置（例えば流量制御弁65）に流量を0にする信号を送る。その結果、沈降チャー燃焼室4の流動化は停止して、ガス化室1とチャー燃焼室2の間の対流による流動媒体の移動は起こらなくなる。さらに、熱移動量制御

50

装置としての制御装置 6 は、ガス化室 1 の弱流動化域 1 a で開口部 2 1 に近い領域に供給する流動化ガス g_1 を制御する流動化ガス量制御装置（例えば流量制御弁 6 1）と、チャー燃烧室本体 5 の強流動化域 2 b で開口部 2 1 に近い領域に供給する流動化ガス g_2 を制御する流動化ガス量制御装置（例えば流量制御弁 6 3）に、流量を下げる信号を送る。その結果、ガス化室 1 の弱流動化域 1 a で開口部 2 1 に近い領域と、チャー燃烧室本体 5 の強流動化域 2 b で開口部 2 1 に近い領域の流動化ガス量が減少し、開口部 2 1 周辺での拡散が弱くなり、熱移動量が減少する。

図 10 を参照して、流動層高と循環量の関係について記述する。図中、炉 102 は、仕切壁 W に仕切られた二つの室 R_p と室 R_q を含んで構成される。室 R_p と室 R_q は流動媒体 c を収納する。仕切壁 W には上部に開口部 P_w が、下部に開口部 Q_w が形成されている。室 R_p の炉底には流動化ガスを吹き込む散気装置 $D_{p a}$ 、散気装置 $D_{p b}$ が設けられ、室 R_q の炉底には流動化ガスを吹き込む散気装置 $D_{q a}$ が設けられている。仕切壁 W の上端は界面の高さの近傍にあり、開口部 Q_w は濃厚層に潜った位置にあるものとする。室 R_p は散気装置 $D_{p a}$ の真上の流動化の状態の弱い弱流動化域 $p a$ と、散気装置 $D_{p b}$ の真上の流動化状態の強い強流動化域 $p b$ との二つの区画に区分される。室 R_q は流動化状態の弱い弱流動化域 $q a$ である。また、流動化状態は、室 R_p の弱流動化域 $p a$ 内、室 R_p の強流動化域 $p b$ 内、室 R_q 内でそれぞれ均一であるとする。室 R_p の強流動化域 $p b$ は炉底部 $B_{p b}$ を有し、室 R_q は炉底部 $B_{q a}$ を有するとする。

以下に示す 2 つの理由により、流動層高が高いほど、循環量は多くなる。前述したとおり、弱流動化域 $q a$ である室 R_q の炉底部 $B_{q a}$ における炉底部圧力 $P_{m q a}$ と、室 R_p の強流動化域 $p b$ の炉底部 $B_{p b}$ の炉底部圧力 $P_{m p b}$ との圧力差がつくことで、両領域の間の仕切壁 W の下部の開口部 Q_w から流動媒体が移動する。炉底部での圧力は前述のように、 $P_m = D_f \times g_a \times H_f \cdots (1)$ から求められる。ここで、 $P_m [Pa]$ が炉底部圧力、 $D_f [kg/m^3]$ が流動層のかさ弱流動化域 $q a$ である室 R_q では、気泡が少ないため、流動層かさ密度 $D_{f q a}$ が大きい（空隙が少なく、粒子濃度が濃い）。室 R_p の強流動化域 $p b$ では、気泡が多いため、流動層かさ密度 $D_{f p b}$ が小さい（空隙が多く、粒子密度が薄い）。よって、弱流動化域 $q a$ である室 R_q の流動層かさ密度 $D_{f q a}$ は、室 R_p の強流動化域 $p b$ の流動層かさ密度 $D_{f p b}$ よりも大きくなり（ $D_{f q a} > D_{f p b}$ ）、よって室 R_q の炉底部 $B_{q a}$ の炉底部圧力 $P_{m q a}$ が、室 R_p の強流動化域 $p b$ の炉底部 $B_{p b}$ の炉底部圧力 $P_{m p b}$ よりも大きくなり（ $P_{m q a} > P_{m p b}$ ）、圧力差が生じて、弱流動化域 $q a$ である室 R_q から室 R_p の強流動化域 $p b$ へ開口部 Q_w を通って流動媒体が c 移動する。

(1) 式により、流動層高が高いほど、それに比例して、室 R_q の弱流動化域 $q a$ の炉底部 $B_{q a}$ の圧力 $P_{m q a}$ と、室 R_p の強流動化域 $p b$ の炉底部 $B_{p b}$ の圧力 $P_{m p b}$ との圧力差が大きくなるので、流動層高が高いほうが移動量が多くなる。室 R_q から室 R_p へ移動する流動媒体 c の移動量が多いほど、循環量は多くなる（流動層高が高いほど、循環量が多くなる第一の理由）。

図 10 に示すように、室 R_p の強流動化域 $p b$ の上部で気泡の破裂が起こり、この気泡の破裂によって流動媒体 c が周囲に飛散し、室 R_p から室 R_q へ開口部 P_w を通って流動媒体 c の移動が生じる。流動層高が高いほど、室 R_q と室 R_p の間の仕切壁 W の上端から流動層上面までの距離（図の H ）が高くなり、室 R_p の上部での気泡の破裂に伴う流動媒体 c の粒子の移動により、室 R_q へ移動する流動媒体 c の量が多くなるので、循環量が多くなる（層高が高いほど、循環量が多くなる第二の理由）。室 R_p の上部での気泡の破裂により、流動媒体 c が室 R_q へ移動する現象は、気泡の破裂する流動層上方付近のある限られた範囲で起こるので、ある値以上に、流動層高を高くしても、流動媒体 c の移動は増加しなくなる。

したがって、ある範囲内であれば流動層高を高くすることで、循環量を増加させることが可能である。運転中に、循環量を調整したいときに、室 R_q 、室 R_p 内に流動媒体 c を供給して、流動層高を高くして、循環量を増加させたり、流動媒体 c を室 R_q 、室 R_p から抜き出して、流動層高を低くして、循環量を低下させたりすることが可能である。

次に、図6を参照して、流動層高の測定の方法について説明する。図に示すように、沈降チャー燃焼室4には二つの圧力測定装置91、92が、沈降チャー燃焼室4の流動層中の上下2点(水平位置は同じが望ましい)の流動層圧力を測定するよう設置されている。圧力測定装置91、92によって圧力を測定することにより、流動層高を算出し、循環量の制御を行うことができる。ただし、流動層高算出のための圧力測定の箇所は沈降チャー燃焼室4でなく、ガス化室1であってもよい。まず、流動層圧力と流動層高の関係について述べる。流動層圧力 P_f と流動層高 H_f には以下に述べる関係にある。

$$P_f = D_f \times g_a \times H_f \times + P_0 \dots (2)$$

ここに、 P_f は流動層圧力[Pa]、 D_f は流動層かさ密度[kg/m³]、 g_a は重力加速度[kg/s²]、 $H_f \times$ は上方に存在する流動層高[m]、 P_0 はフリーボードにおける圧力[Pa]である。

10

(2)式から、炉底部B4aに近い測定点における流動層圧力を P_{f1} 、上方の流動層高を $H_{f \times 1}$ とすれば、

$$P_{f1} = D_{f4a} \times g_a \times H_{f \times 1} + P_0 \dots (2)'$$

炉底部B4aから遠い測定点における流動層圧力を P_{f2} 、上方の流動層高を $H_{f \times 2}$ とすれば、

$$P_{f2} = D_{f4a} \times g_a \times H_{f \times 2} + P_0 \dots (2)''$$

となる。ここで、測定点間距離を H_f (既知)とすると、 $H_f = H_{f \times 1} - H_{f \times 2}$ である。流動層圧力を表す両式(2)'、(2)''の差を取ると、

$$P_{f1} - P_{f2} = D_{f4a} \times g_a \times H_f \dots (3)$$

20

以下のステップにより、流動層高を算出することができる。まず、流動層中の上下2点(水平位置は同じが望ましい)での各々の流動層圧力 P_{f1} 、 P_{f2} を測定し、各流動層圧力の圧力差 $P (= P_{f1} - P_{f2})$ を計算する。次に、(3)式から流動層かさ密度 D_{f4a} を計算する(上下2点間の高さ H_f は既知)。どちらかの測定点の流動層圧力(測定層高さは既知であり、また炉底部B4aに近いほうを選択することが望ましい)の値と、フリーボードでの圧力はほとんど0であるので、 $P_0 = 0$ から、(2)'式を用いて、流動層圧力測定点から流動層上面までの高さ $H_{f \times 1}$ を計算する。流動層高を H_f 、炉底部B4aに近い測定点の高さを H_{f1} (既知)とすれば、 $H_f = H_{f1} + H_{f \times 1}$ となり、この式から流動層高 H_f を計算する。

圧力測定装置91、92を設け、流動層圧力 P_{f1} 、 P_{f2} を測定し、圧力測定装置91、92から測定値に基づく圧力信号を演算器としての制御装置6に送り、制御装置6によって流動層高 H_f を演算することができる。このように演算した流動層高 H_f を制御装置6でコントロールすることで、循環量の制御を行うことができる。制御装置6は、演算した流動層高 H_f を表す流動層高信号を出力するようにしてもよい。

30

圧力測定装置91、92は、流動化が緩慢で、圧力変動が小さい、沈降チャー燃焼室4、ガス化室1の弱流動化域1a、チャー燃焼室本体部5の弱流動化域2aに設置することが望ましいが、ガス化室1の強流動化域1b、チャー燃焼室本体部5の強流動化域2bに設置してもよい。流動層高を変化させることで、循環量を制御できる。流動層高を変化させるためには、流動層高を増加させる場合は流動媒体を供給し、流動層高を減少させる場合は流動媒体を抜き出す。よって、流動層高を変化させるためには、流動媒体を供給する流動媒体供給装置を設け流動媒体を供給し、流動媒体を抜き出す流動媒体抜出装置を設け流動媒体を抜き出せばよい。

40

図22に示すように、流動媒体供給装置111は、流動媒体cを貯留する流動媒体貯留装置112と、流動媒体cの流動媒体貯留装置112からの流動媒体cの供給量を測定し、当該供給量を表す流動媒体供給量信号i21を出力する流動媒体供給量測定装置113と、流動媒体cの流動媒体貯留装置112内の流動媒体貯留槽からの供給量を制御する流動媒体供給量制御装置114とを含んで構成される。

流動媒体供給量制御装置114は、例えば流動媒体貯留装置112から流動媒体を自由落下させて例えばガス化室1に搬送するライン115に設置されると共に流動媒体cの供給量を制御する制御弁である。流動媒体供給量測定装置113は、例えば流動媒体貯留装

50

置 1 1 2 内の流動媒体貯留槽の重量の経時変化を測定し、測定した経時変化から流動媒体供給量を求めるものである。

流動媒体供給量制御装置 1 1 4 (例えば前述の制御弁)は、流動媒体供給量測定装置 1 1 3 からの流動媒体供給量信号 i 2 1 と制御装置 6 (図 1)からの後述の流動媒体循環量信号を受け、流動媒体供給量を制御する。

流動媒体取出装置 1 1 6 は、例えばガス化室 1 の炉底に設けられた流動媒体取出管 1 1 7 と流動媒体搬送装置 1 1 8 (スクリュコンベヤ、エプロンコンベヤなど)とを含んで構成される。流動媒体取出装置 1 1 6 により抜き出され搬送された流動媒体 c は、前述の流動媒体貯留装置 1 1 2 に供給され貯留される。流動媒体取出量制御装置 1 1 9 (例えばスクリュコンベヤのオンオフスイッチ、あるいは、スクリュコンベヤの回転数制御装置)は、流動媒体取出量測定装置 1 2 0 からの流動媒体取出信号 i 2 2 と制御装置 6 (図 1)からの後述の循環量信号を受け、流動媒体取出装置 1 1 6 へ流動媒体取出装置駆動信号 i 2 3 を送り流動媒体取出量を制御する。ここで、本実施の形態では、流動媒体供給量測定装置 1 1 3 と流動媒体取出量測定装置 1 2 0 は同一物であり、例えば流動媒体貯留装置 1 1 2 内の流動媒体貯留槽の重量の経時変化を測定し、測定した経時変化から流動媒体取出量を求めるものである。流動媒体取出量測定装置 1 2 0 を、流動媒体供給量測定装置 1 1 3 と別のものとし、流動媒体搬送装置 1 1 8 によって搬送される流動媒体 c の搬送量を取出量として直接計測するものであってもよい。

10

次に図 6 を参照して循環量の測定方法について、説明する。

沈降チャー燃焼室 4 のように、流動媒体 c の沈降流がある流動層における流動化ガスの圧力損失は、沈降流のない流動層における流動化ガスの圧力損失に比べて、大きくなる。この理由は、流動化ガスは上昇流であるため、流動媒体の沈降流と逆行することから、流動化ガスの抵抗が大きくなるためである。流動層中の高さの異なる上下二点(水平位置は同じが望ましい)間において、流動化ガスの圧力損失を考える。流動媒体の沈降流がない場合の流動化ガスの抵抗を P n とし、流動媒体の沈降流がある場合の流動化ガスの抵抗を P d とすると、両者の差 P d - P n は、流動媒体の沈降流が速いほど、大きくなる。この現象を利用することで、流動媒体の沈降流の速度を測定することができ、その結果から、流動媒体 c の循環量を測定することができる。

20

すなわち、以下の現象を利用して循環量を測定することができる。(1)循環量が大きいほど、流動媒体沈降流の速度は速くなる。(2)流動媒体沈降流の速度が早いほど、流動化ガスの圧力損失は大きくなる。(3)流動化ガス速度 V g が速いほど、流動化ガスの圧力損失は大きくなる。

30

例えば、沈降チャー燃焼室 4 においては、以下の式を用いて、循環量を測定することができる。

$$(\text{循環量}) [k g / s] = (\text{流動層かさ密度}) [k g / m^3] \times (\text{流動媒体沈降速度}) [m / s] \times (\text{沈降チャー燃焼室断面積}) [m^2] \dots 1$$

$$(\text{流動媒体沈降速度}) = \dots \times F 1 (P d - P n) \times F 2 (V g) \dots 2$$

(P d - P n) の関数である F 1、V g の関数である F 2 については、例えば、以下のよう表すことができる。

$$F 1 (P d - P n) = a 0 + a 1 \times (P d - P n) + a 2 \times (P d - P n)^2 + a 3 \times (P d - P n)^3 + \dots 3$$

40

あるいは、

$$F 1 (P d - P n) = (P d - P n) \dots 4 \quad F 2 (V g) = b 0 + b 1 \times V g + b 2 \times V g^2 + b 3 \times V g^3 + \dots 5$$

あるいは、

$$F 2 (V g) = V g \dots 6$$

ここで、 a_0 、 a_1 、 a_2 、 a_3 、...、 b_0 、 b_1 、 b_2 、 b_3 、... はガス化炉 1 0 1 の形状により決まる定数である。式 3 および 5 式において、3 次近似の式としているが、それぞれ 1 次近似、2 次近似としてもよい。

ここで、沈降流がない場合の上下二点間の圧力差 P f 1 - P f 2 は、P f 1 - P f 2 =

50

P_n 、沈降流がある場合の上下二点間の圧力差 $P_{f1} - P_{f2}$ は、 $P_{f1} - P_{f2} = P_d$ 、である。沈降流がない状態を例えば試運転段階で各種条件下で発生させ、上下二点間の圧力を測定し、測定したデータを制御装置 6 (図 1) に送り、沈降流がない場合の上下二点間の圧力差 P_n を制御装置 6 に計算させて記憶させておく。ガス化炉 101 の実際の生成ガスの製造運転時に沈降流がある場合の上下二点間の圧力を測定し、測定したデータを制御装置 6 に送り、沈降流がある場合の上下二点間の圧力差 P_d を制御装置 6 に計算させて、さらに $(P_d - P_n)$ を制御装置 6 に計算させる。

沈降チャー燃烧室 4 (図 1) へ供給する流動化ガス g_4 (図 1) の流量は、流量測定器 75 (図 1) によって側定され、流量信号 i_2 (図 1) が制御装置 6 に送られるので、制御装置 6 は、沈降チャー燃烧室 4 の流動化ガス速度 V_g (V_{g4}) を計算することができる。

10

よって、制御装置 6 に、式 5 (または式 6) に V_g を代入し F_2 を求め、式 3 (または式 4) に $(P_d - P_n)$ を代入し F_1 を求め、式 2 に F_1 、 F_2 を代入して流動媒体沈降速度を求める。このように求めた流動媒体沈降速度と、前述の (3) 式から求めた流動層かさ密度を、式 1 に代入し、 ρ は既知 (試運転時等に経験的に求めておくことができる) であることから、循環量を求めることができる。このようにして求められた循環量を用いて、循環量の制御を行うことができる。すなわち、求めた循環量が適切な値になるように、沈降チャー燃烧室 4 の流動化ガス量を制御することで、ガス化室層温、および、ガス化室出口ガス組成をコントロールすることができる。制御装置 6 は、流動媒体の循環量を表す流動媒体循環量信号を出力するようにしてもよい。

20

以上説明したように、沈降チャー燃烧室 4 の流動層中の上下 2 点の流動層圧力を測定するための圧力測定装置 91、92 と、沈降チャー燃烧室 4 の流動化ガス g_4 の流量測定装置 (流量測定器) 75 (図 1) と、上下 2 点の流動層圧力の差と流動化ガス量から循環量を計算するための演算装置としての制御装置 6 を設けるので、循環量を測定することができる。

前述の原理により、沈降チャー燃烧室 4 の流動化ガス量は、循環量制御の操作因子である。したがって、循環量を制御するために、沈降チャー燃烧室 4 の流動化ガス流量を変化させるための流量制御弁 (調節弁) 65 (図 1) を設けているので、循環量制御を行うことができる。

これまでに述べた流動層高の測定と循環量の測定とを組み合わせると、循環量の制御をおこなうことができる。

30

循環量の制御は以下のように行う。まず流動層高の測定を行う (ステップ 1)。流動層高の測定を行うためには、流動層中の 2 点間に設置された各圧力測定装置 91、92 によって各点の流動層圧力を測定する。流動層圧力の測定値が流動層高を計算するための演算装置としての制御装置 6 に入力され、そこで、流動層高が計算される。計算された流動層高は、循環量制御のための制御装置 6 に入力される (制御装置 6 内でデータのやりとりを行う)。

次に循環量の測定を行う (ステップ 2)。

沈降チャー燃烧室 4 の流動層中の 2 点間に設置された圧力測定装置 91、92 による測定値と、沈降チャー燃烧室 4 の流動化ガス流量測定のために設置された流量測定装置 75 の測定値が、循環量を計算するための演算装置としての制御装置 6 に入力され、制御装置 6 で、循環量が計算される。計算された循環量は、循環量制御のための制御装置 6 に入力される (制御装置 6 内でデータのやりとりを行う)。

40

次に循環量の制御を行う (ステップ 3)。

例えばある時点で、 W_p の循環量であるものを W_s の循環量に制御する場合、ステップ 2 で計算された循環量の測定値 W_p に対応する信号と、設定したい循環量である W_s に対応する信号が制御装置 6 に送られる。もし、 $W_s < W_p$ ならば、制御装置 6 は、流動層高を上げる信号を、流動媒体供給量制御装置 114 (図 22) に送り、 $W_s > W_p$ ならば、制御装置 6 は、流動層高を下げる信号を、流動媒体抜出装置 118 (図 22) に送る。

流動媒体供給量制御装置 114 (図 22) が、流動層高を上げる信号を受け取ったとき

50

、流動媒体供給量制御装置 114 は、流動媒体供給量を増やすために、例えば制御弁開度を開ける信号を制御弁に送る。その結果、制御弁の開度が開くことにより、流動媒体が炉内に供給されて、流動層高が増加し、循環量が増加する。また、流動媒体供給量制御装置 114 は、流動媒体供給量測定装置 113 (図 22) から信号を受け取り、急激に流動媒体が炉内に供給されないように、流動媒体供給量を定める動作も行う(流動媒体貯留装置 112 (図 22) の流動媒体貯留層に貯留された流動媒体は、炉内温度より低いため、流動媒体の急激な供給により炉内温度が下がり過ぎないようにする)。

流動媒体排出量制御装置 119 (図 22) が、流動層高を下げる信号を受け取ったら、流動媒体供給量を減らすために、例えば流動媒体抽出のためのスクリュコンベヤ 118 (図 22) にスイッチオンの信号を送るか、あるいは、スクリュコンベヤの回転数をあげる信号を送る。その結果、スクリュコンベヤが作動するか、あるいは、スクリュコンベヤの回転数が増加するなどして、その結果、流動媒体排出管 117 (図 22) を介して、流動媒体が炉内から抽出されて、流動層高が減少し、循環量が減少する。

上記の構成によって、流動層高を変化させて循環量を制御することが可能になる。

次に、図 1 を参照して説明する。本発明における統合型ガス化炉 101 では、上部に開口部を有する仕切壁 14 によって仕切られたチャー燃焼室本体部 5 と沈降チャー燃焼室 4 (上部に開口部 P x を有する仕切壁 X で仕切られた室 A と室 B に相当(図 2 (a) 参照)) との間の流動媒体 c の移動と、下部に開口部 21 を有する仕切壁 11 によって仕切られたガス化室 1 とチャー燃焼室本体部 5 (下部に開口部 Q y を有する仕切壁 Y で仕切られた室 A と室 B に相当(図 2 (b) 参照)) 間の流動媒体 c の移動、下部に開口部 25 を有する仕切壁 15 によって仕切られた沈降チャー燃焼室 4 とガス化室 1 (下部に開口部 Q y を有する仕切壁 Y で仕切られた室 A と室 B に相当(図 2 (b) 参照)) 間の流動媒体 c の移動、上部の開口部と下部の開口部 22 とを有する仕切壁 12 によって仕切られた熱回収室 3 とチャー燃焼室本体部 5 (上部の開口部 P z と下部の開口部 Q z を有する仕切壁 Z で仕切られた室 A と室 B に相当(図 2 (c) 参照)) 間との流動媒体 c の移動を適宜組み合わせることによって、隣接する室間の流動媒体 c の移動を連続的に行い、かつその移動量を調節することが可能なように構成されている。

ガス化室 1 の内部で沈降チャー燃焼室 4 との間の仕切壁 15 に接する面寄りには、沈降チャー燃焼室 4 の弱い流動化状態が維持される弱流動化域 4 a の流動化状態と比べて強い流動化状態が維持される区画としての強流動化域 1 b が配置されている。全体としては投入された燃料と流動媒体 c の混合拡散が促進されるように、場所によって流動化ガスの空塔速度を変化させるのが良く、一例として図 2 に示したように、強流動化域 1 b の他に弱い流動化状態が維持される区画としての弱流動化域 1 a を設けて旋回流を形成させるようにする。強流動化域 1 b、と弱流動化領域 1 a では、流動化ガス g 1 はそれぞれ領域の全体に渡って均一の流動化速度を有する。

チャー燃焼室本体部 5 は中央部に弱い流動化状態が維持される区画としての弱流動化域 2 a、周辺部に強い流動化状態が維持される区画としての強流動化域 2 b を有し、流動媒体 c およびチャー h が内部旋回流を形成している。強流動化域 2 b、と弱流動化領域 2 a では、流動化ガス g 2 はそれぞれ領域の全体に渡って均一の流動化速度を有する。ガス化室 1、チャー燃焼室本体部 5 内の強流動化域 2 b の流動化速度は $5 U m f$ 以上、弱流動化域 2 a の流動化速度は $5 U m f$ 以下とするのが好適であるが、弱流動化域 2 a と強流動化域 2 b に相対的な明確な流動化速度の差を設ければ、この範囲を超えても特に差し支えない。チャー燃焼室本体部 5 内の熱回収室 3、および沈降チャー燃焼室 4 に接する部分には強流動化域 2 b を配するようになるのがよい。また、熱回収室 3 内には弱流動化域 3 a、沈降チャー燃焼室 4 内には弱流動化域 4 a を配する。弱流動化域 3 a、と弱流動化領域 4 a では、流動化ガス g 3、g 4 は、それぞれ領域の全体に渡って均一の流動化速度を有する。また必要に応じて炉底には弱流動化域側から強流動化域側に下るような勾配を設けるのがよい(不図示)。

このように、チャー燃焼室本体部 5 と熱回収室 3 との仕切壁 12 近傍のチャー燃焼室本体部 5 側の流動化状態を熱回収室 3 側の流動化状態よりも相対的に強い流動化状態に保つ

10

20

30

40

50

ことによって、流動媒体 c は仕切壁 1 2 の流動床の界面近傍にある上端を越えてチャー燃烧室本体部 5 側から熱回収室 3 側に流入し、流入した流動媒体 c は熱回収室 3 内の相対的に弱い流動化状態即ち高密度状態のために下方（炉底方向）に移動し、仕切壁 1 2 の炉底近傍にある下端（の開口部 2 2）をくぐって熱回収室 3 側からチャー燃烧室本体部 5 側に移動する。流動媒体 c が開口部 2 2 をくぐって熱回収室 3 側からチャー燃烧室本体部 5 側に移動するのは、チャー燃烧室本体部 5 の強流動化域 2 b の開口部 2 2 近傍の流動媒体 c の流動化状態と、熱回収室 3 の弱流動化域 3 a の開口部 2 2 近傍の流動媒体 c の流動化状態とを比較すると、前者の方が後者よりも強いからである。

同様に、チャー燃烧室本体部 5 と沈降チャー燃烧室 4 との仕切壁 1 4 近傍のチャー燃烧室本体部 5 側の流動化状態を沈降チャー燃烧室 4 側の流動化状態よりも相対的に強い流動化状態に保つことによって、流動媒体 c は仕切壁 1 4 の流動床の界面近傍にある上端を越えてチャー燃烧室本体部 5 の側から沈降チャー燃烧室 4 の側に移動流入する。沈降チャー燃烧室 4 の側に流入した流動媒体 c は、沈降チャー燃烧室 4 内の相対的に弱い流動化状態即ち高密度状態のために下方（炉底方向）に移動し、仕切壁 1 5 の炉底近傍にある下端（の開口部 2 5）をくぐって沈降チャー燃烧室 4 側からガス化室 1 側に移動する。なおここで、ガス化室 1 の強流動化域 1 b の開口部 2 5 近傍の流動媒体 c の流動化状態と、沈降チャー燃烧室 4 の弱流動化域 4 a の開口部 2 5 近傍の流動媒体 c の流動化状態とを比較すると、前者の方が後者よりも強い。これにより流動媒体 c の沈降チャー燃烧室 4 からガス化室 1 への移動を誘引作用により助ける。

同様に、ガス化室 1 とチャー燃烧室本体部 5 との間の仕切壁 1 1 近傍のチャー燃烧室本体部 5 側の流動化状態はガス化室 1 側の流動化状態よりも相対的に強い流動化状態に保たれている。したがって、流動媒体 c は仕切壁 1 1 の流動床の界面より下方、好ましくは濃厚層の上面よりも下方にある（濃厚層に潜った）開口部 2 1 を通してチャー燃烧室本体部 5 の側に流入する。流動媒体 c が開口部 2 1 を通ってガス化室 1 側からチャー燃烧室本体部 5 側に移動するのは、チャー燃烧室本体部 5 の強流動化域 2 b の開口部 2 1 近傍の流動媒体 c の流動化状態と、ガス化室 1 の弱流動化域 1 a の開口部 2 1 近傍の流動媒体 c の流動化状態とを比較すると、前者の方が後者よりも強いからである。

前述のように熱回収室 3 は全体が均等に流動化され、通常は最大でも熱回収室 3 に接したチャー燃烧室本体部 5 の流動化状態より弱い流動化状態となるように維持される。したがって、熱回収室 3 の流動化ガス g 3 の空塔速度は 0 ~ 3 U m f の間で制御され、流動媒体 c は緩やかに流動しながら沈降流動層を形成する。なおここで 0 U m f とは、流動化ガス g 3 が止まった状態である。このような状態にすれば、熱回収室 3 での熱回収を最小にすることができる。即ち、熱回収室 3 は流動媒体 c の流動化状態を変化させることによって回収熱量を最大から最小の範囲で任意に調節することができる。また、熱回収室 3 では、流動化を室全体で一様に発停あるいは強弱を調節してもよいが、その一部の領域の流動化を停止し他を流動化状態に置くこともできるし、その一部の領域の流動化状態の流動の強弱を調節してもよい。

さらに図 1 を参照し、ガス化室 1 とチャー燃烧室本体部 5 の間の流動媒体 c の循環量を調節する方法について、以下において具体的に説明する。

ガス化室 1 とチャー燃烧室本体部 5 とを仕切る仕切壁 1 1 の下端に設けられた開口部 2 1 のガス化室 1 側に配置された弱流動化域 1 a の流動化ガス速度を変化させることにより、開口部 2 1 を介したガス化室 1 からチャー燃烧室本体部 5 への流動媒体 c の移動量を増加させた場合を考える。この場合、開口部 2 1 を介したガス化室 1 からチャー燃烧室本体部 5 への流動媒体 c の移動量がまず増加することにより、チャー燃烧室本体部 5 の流動層高の上昇と、ガス化室 1 の流動層高の低下が一時的に起こる。

前述したように、このような流動層高の変化により、開口部 2 1 を介した流動媒体 c の移動は抑えられる方向に作用し、ある状態でバランスすることになる。一方では、チャー燃烧室本体部 5 の流動層高の上昇は、チャー燃烧室本体部 5 から沈降チャー燃烧室 4 へ仕切壁 1 4 を越えて飛び込む流動媒体 c の飛び込み量の増加をもたらす。これにより、沈降チャー燃烧室 4 の炉底部の圧力は上昇し、一方ではガス化室 1 の流動層高の低下により、

10

20

30

40

50

ガス化室 1 の炉底部の圧力は低下する。

このため、ガス化室 1 と沈降チャー燃烧室 4 とを仕切る仕切壁 1 5 の下端に設けられた開口部 2 5 に注目すると、沈降チャー燃烧室 4 側の圧力は上昇し、ガス化室 1 側の圧力は低下するから、その圧力差を駆動力として、開口部 2 5 を介した沈降チャー燃烧室 4 からガス化室 1 への流動媒体 c の移動量が増加する。

このように、最初に与えたガス化室 1 からチャー燃烧室本体部 5 への流動媒体 c の移動量の増加により、流動層高の変化が生じて、そのためにガス化室 1 からチャー燃烧室本体部 5 への流動媒体 c の移動量増加が若干打ち消され、またチャー燃烧室本体部 5 から沈降チャー燃烧室 4 を経由してガス化室 1 に至る流動媒体 c の移動量が増加するような作用がもたらされる。この機構により、最終的にはガス化室 1 とチャー燃烧室本体部 5 との間の流動媒体 c の粒子移動量が釣り合うようにガス化室 1 とチャー燃烧室本体部 5 との流動層高が変化して安定するが、安定した状態での粒子移動量は、最初の状態より増加した状態に保たれることになる。

即ち、ガス化室 1 とチャー燃烧室本体部 5 との間の流動媒体 c の循環量を調節するためには、ガス化室 1 からチャー燃烧室本体部 5 への流動媒体 c の移動量を変化させてもよい。また、チャー燃烧室本体部 5 からガス化室 1 への流動媒体 c の移動量を変化させてもよいし、あるいはその両者を変化させるようにしてもよいが、実際上は各室の流動層高が変化することにより、どちらか一方の移動量を変化させる操作を行うだけで、ガス化室 1 からチャー燃烧室本体部 5 への流動媒体 c の移動量と、チャー燃烧室本体部 5 からガス化室 1 への流動媒体 c の移動量が釣り合うような状態で安定させることが可能である。

したがって、ガス化室 1 とチャー燃烧室本体部 5 との間の流動媒体 c の移動量を調節するためには、前述のように開口部 2 1 を介したガス化室 1 からチャー燃烧室本体部 5 への流動媒体 c の移動量を調節してもよいし、または仕切壁 1 4 の上端を超えてのチャー燃烧室本体部 5 から沈降チャー燃烧室 4 への流動媒体 c の移動量を調節してもよいし、あるいは開口部 2 5 を介した沈降チャー燃烧室 4 からガス化室 1 への流動媒体 c の移動量を調節してもよい。

ここで、いずれの方法の場合においても、流動媒体 c の移動量の調節は、炉底部から供給される流動化ガス g の量を変化させることによって行われるが、ガス化炉 1 0 1 の機能を確保するためには、流動化ガス g の供給量を変化させたことにより、ガス化室 1 で行われる燃料のガス化反応、チャー燃烧室本体部 5 で行われるチャーの燃烧反応が影響を受けないようにすることが望ましい。即ち、ガス化室 1 に供給される流動化ガス g 1 の総量、あるいはチャー燃烧室本体部 5 に供給される流動化ガス g 2 の総量が増加しないようにすることが望ましい。

例えば、ガス化室 1 の開口部 2 1 の近く弱流動化域 1 a の流動化ガス g 1 の供給量を減少させ、チャー燃烧室本体部 5 の開口部 2 1 の近傍の強流動化域 2 b の流動化ガス g 2 の供給量を増加させることで、開口部 2 1 を介したガス化室 1 からチャー燃烧室本体部 5 への流動媒体 c の移動量を増加させるように調節する場合、ガス化室 1 の開口部 2 1 の強流動化域 1 b への流動化ガス g 1 の供給量を増加させ、チャー燃烧室本体部 5 の開口部 2 1 の弱流動化域 2 a の流動化ガス g 2 の供給量を減少させることで、ガス化室 1 とチャー燃烧室本体部 5 の各々に供給される各々の流動化ガス g 1、g 2 の供給量を加えた総量が増加しないような操作を行うことが望ましい。

また、チャー燃烧室本体部 5 の仕切壁 1 4 の近くの強流動化域 2 b の流動化ガス g 2 の供給量を増加させ、チャー燃烧室本体部 5 から沈降チャー燃烧室 4 へ仕切壁 1 4 を越えて飛び込む流動媒体 c の飛び込み量を増加させることで、チャー燃烧室本体部 5 から沈降チャー燃烧室 4 への流動媒体 c の移動量を増加させるように調節する場合、チャー燃烧室本体部 5 の仕切壁 1 4 から離れた弱流動化域 2 a への流動化ガス g 2 の供給量を減少させることで、チャー燃烧室本体部 5 に供給される流動化ガス g 2 の総量が増加しないような操作を行うことが望ましい。

これに対して、開口部 2 5 を介した、沈降チャー燃烧室 4 からガス化室 1 への流動媒体 c の移動量を調節する場合は、ガス化室 1 あるいはチャー燃烧室本体部 5 への流動化ガス

10

20

30

40

50

g 1、g 2の供給量を変化させることなく、沈降チャー燃烧室4への流動化ガスg 4の供給量を変化させるのみで流動媒体cの移動量を調節することができるので、特に好適である。

この場合、ガス化室1側の開口部25寄りには強流動化域1bであるので強流動化状態に保たれ、沈降チャー燃烧室4側は区画としての弱流動化域4aであるので弱流動化状態に保たれているから、ガス化室1側の強流動化域1bの強流動化状態を一定に保ったまま、沈降チャー燃烧室4側の弱流動化状態の強弱を変化させることによって、効果的に沈降チャー燃烧室4からガス化室1への流動媒体cの移動量を調節することができる。

既に説明したように、開口部25のガス化室1側の近傍の強流動化域1bは、強流動化状態に保たれていることが望ましく、流動化ガス速度が好ましくは 4 U m f 以上、さらに好ましくは 5 U m f 以上に保たれているのがよい。この場合、沈降チャー燃烧室4の流動化ガス速度を、 4 U m f 以下の範囲（強流動化域1bの流動化ガスの流速が 4 U m f 以上の場合）または 5 U m f 以下の範囲（強流動化域1bの流動化ガスの流速が 5 U m f 以上の場合）で変化させることにより、沈降チャー燃烧室4からガス化室1への流動媒体cの移動量を、図4によって示される特性に従って調節することができる。

なお図4によれば、特に沈降チャー燃烧室4側の流動化ガス速度を、好ましくは $1 \text{ U m f} \sim 2 \text{ U m f}$ の範囲、さらに好ましくは $1 \text{ U m f} \sim 1.7 \text{ U m f}$ の範囲で変化させた場合に、流動媒体cの移動量がほぼ線形的に大きく変化することがわかる。この場合、沈降チャー燃烧室4に供給される流動化ガスg 4の量を少なくして、かつ流動媒体cの移動量を細かく調節することができるため、特に好適である。

もちろんこれとは逆に、沈降チャー燃烧室4の弱流動化の状態を一定として、ガス化室1の強流動化の状態を変化させて、沈降チャー燃烧室4からガス化室1への流動媒体cの移動量を変化させることも可能ではある。しかし、その場合には流動媒体cの移動量を変化させるための流動化ガスg 1の流量の変化が大きくなり、ガス化室1におけるガス化反応の条件も変わってしまうため好適ではない。すなわち、後で述べるように、実用上はガス化室1の層温を変化させることが生成ガスbの性状を制御する上で非常に重要であるが、ガス化室1の強流動化の状態を変化させる場合は、層温の変化に付随してガス化室1の反応条件も変わってしまい、ガス化室1の層温だけを独立に制御することが難しくなる。これに対して、上記で説明した沈降チャー燃烧室4の弱流動化の状態を変化させることによる流動媒体cの移動量の制御の場合は、流動化ガスg 4の流量の変化が非常に少なくても流動媒体cの移動量の大きな変化を実現することができるため（図4参照）、制御性が良い、プロセス全体の効率に与える影響が少ないなどの利点に加えて、ガス化室1に供給する流動化ガスg 1の流量を変えずにガス化室1の層温を制御することができるという大きな利点がある。

次に図1を参照して流動化ガスgのガス速度の制御について説明する。まず、ガス化室1に供給される流動化ガスg 1のガス速度の制御について説明する。前述のように、ガス化室1の弱流動化域1aに対応する炉底に配置された散気装置31に接続された供給配管51に設置された調節弁61は、制御装置6からの制御信号i 1を受けて弁開度を設定する。弁開度に対応した流量の流動化ガスg 1が調節弁61を介して散気装置31に供給される。供給される流動化ガスの流量によって決まる流動化ガス速度で弱流動化域1aに流動化ガスg 1が供給される。流動化ガスg 1の流量は、供給配管51上の調節弁61の下流側に設置された流量測定器71によって測定され、測定された流量は流量信号i 2として流量測定器71から制御装置6に送られる。制御装置6は、測定された流量信号i 2と内部に記憶された弱流動化域1aの目標流量と比較し、流量信号i 2が目標値に近づくように調節弁61への制御信号i 1の値を変更し、変更された制御信号i 1が制御装置6から調節弁61に送られる。

以上、ガス化室1の弱流動化域1aの流動化ガスg 1のガス速度の制御について説明したが、ガス化室1の強流動化域1b、チャー燃烧室2の弱流動化域2a、強流動化域2b、弱流動化域4a、熱回収室3の弱流動化域3aについても同様である。

ガス化室1の弱流動化域1aに供給される流動化ガスg 1の流量の目標値、強流動化域

10

20

30

40

50

1 b に供給される流動化ガス g 1 の流量の目標値は、目標とするガス化室 1 内部での流動化状態の強さ、ガス化室 1 の弱流動化域 1 a から開口部 2 1 を介してチャー燃焼室本体部 5 の弱流動化域 1 a へ移動する流動媒体 c の移動量、沈降チャー燃焼室 4 からガス化室 1 の強流動化域 1 b へ移動する流動媒体 c の移動量、温度測定器 4 2 によって測定されたガス化室 1 の層温、ガス組成測定器 4 6 により測定された生成ガス b のガス組成を総合的に勘案し、ガス化室 1 の層温が所定の値（例えば、600 ~ 800）になるように、あるいはガス組成が所定の内容（例えば、H₂ / CO モル比が 2.6 ~ 5.8）になるように決めるとよい。

チャー燃焼室 2 の弱流動化域 2 a に供給される流動化ガス g 2 の流量の目標値、強流動化域 2 b に供給される流動化ガス g 2 の流量の目標値は、沈降チャー燃焼室 4 に供給される流動化ガス g 4 の流量の目標値は、目標とするチャー燃焼室本体部 5 内部での流動化状態の強さ、目標とする沈降チャー燃焼室 4 での流動化状態の強さ、チャー燃焼室本体部 5 の強流動化域 2 b から仕切壁 1 4 の上端を越えて沈降チャー燃焼室 4 に移動する流動媒体 c の移動量、沈降チャー燃焼室 4 から開口部 2 5 を介してガス化室 1 の強流動化域 2 b へ移動する流動媒体 c の移動量、熱回収室 3 から開口部 2 2 を介してチャー燃焼室本体部 5 の強流動化域 2 b へ移動する流動媒体 c の移動量、チャー燃焼室本体部 5 の強流動化域 2 b から仕切壁 1 2 の上端を越えて熱回収室 3 に移動する流動媒体 c の移動量、温度測定器 4 3 によって測定されたチャー燃焼室本体部 5 の層温を総合的に勘案し、チャー燃焼室本体部 5 の層温が所定の値（例えば、850 ~ 950）になり、かつガス化室 1 から供給されるガス化残渣（チャー、タール等）が完全燃焼されるように決めるとよい。

熱回収室 3 を有する場合、チャー燃焼室本体部 5 の層温は、熱回収室 3 で回収される熱回収量の影響を受け、熱回収量が増えればチャー燃焼室本体部 5 の層温は低下し、熱回収量が減ればチャー燃焼室本体部 5 の層温は増加する。

次に熱回収室 3 で、熱回収量を増減するための制御の方法について説明する。熱回収室 3 における熱回収量は、流動媒体 c と層内伝熱管 4 1 A との間の熱伝達係数によって決まる。この熱伝達係数は、熱回収室 3 における流動化の強弱に密接な関係があり、流動化が強いほど熱伝達係数が大きくなり、層内伝熱管が流動媒体から熱を奪う量が増加する。したがって、チャー燃焼室本体部 5 の層温を一定に保つためには、熱回収室 3 の流動層に供給される流動化ガス g 3 の流量を制御することにより、熱回収室 3 における流動化の強弱を変化させればよい。

熱回収室 3 に供給される流動化ガス g 3 を導入する供給配管 5 6 に設置された調節弁 6 6 は、制御装置 6 からの制御信号 i 1 を受けて弁開度を設定する。弁開度に対応した流量の流動化ガス g 3 が調節弁 6 6 を介して熱回収室 3 の流動層に供給される。流動化ガス g 3 の流量は調節弁 6 6 の下流に設置された流量測定器 7 6 によって測定され、測定された流量は制御信号 i 2 として制御装置 6 に送られる。前述のように、流動化ガス g 3 の流量が大きいほど熱回収室 3 の流動化が強くなり、熱回収量が増加するから、チャー燃焼室本体部 5 の層温が目標値より高い場合には、制御装置 6 はチャー燃焼室本体部 5 の層温が目標値に近づくように調節弁 6 6 への制御信号 i 1 の値を変更し、流動化ガス g 3 の流量を増加させるように構成すればよい。またチャー燃焼室本体部 5 の層温が目標値より低い場合には、制御装置 6 はチャー燃焼室本体部 5 の層温が目標値に近づくように調節弁 6 6 への制御信号 i 1 の値を変更し、流動化ガス g 3 の流量を減少させるように構成すればよい。

一方、蒸気については、層内伝熱管 4 1 の導入部 4 1 B に設置された調節弁 6 7 が、制御装置 6 からの制御信号 i 1 を受けて弁開度を設定する。弁開度に対応した流量の蒸気 s 1 が調節弁 6 7 を介して層内伝熱管本体 4 1 A に供給される。層内伝熱管本体 4 1 A に導入された蒸気 s 1 は熱回収室 3 の流動化状態によって決まる熱伝達係数に応じた熱量を流動媒体 c から受けて加熱され過熱蒸気 s 2 となり、排出部 4 1 C から排出される。蒸気 s 1 の流量は、導入部 4 1 B 上の調節弁 6 7 の下流側に設置された流量測定器 7 7 によって測定され、測定された流量は流量信号 i 2 として、流量測定器 7 7 から制御装置 6 に送られる。過熱前の蒸気 s 1 の温度は、導入部 4 1 B に設置された温度測定器 4 4 によって測

10

20

30

40

50

定され、測定された温度は温度信号 i 3 として制御装置 6 に送られる。過熱後の蒸気 s 2 の温度は、排出部 4 1 C に設置された温度測定器 4 5 によって測定され、測定された温度は温度信号 i 3 として制御装置 6 に送られる。

例えば熱回収室 3 の流動化の強弱を強めて熱回収量を増加させた場合、層内伝熱管 4 1 に供給される蒸気 s 1 の流量が一定に保たれているとすると、得られる過熱蒸気 s 2 の温度が上昇する。過熱蒸気 s 2 の利用形態上、温度が上昇することが好ましくない場合には、供給する蒸気 s 1 の流量を増加させることで、熱回収量の増加を回収される過熱蒸気 s 2 の流量の増加に反映させることができる。この場合、制御装置 6 は、過熱後の蒸気 s 2 の温度信号 i 3 が蒸気 s 2 の目標温度より高い場合には、調節弁 6 7 への制御信号 i 1 の値を変更して蒸気 s 1 の流量を増加させるように構成すればよい。逆に過熱後の蒸気 s 2 の温度信号 i 3 が蒸気 s 2 の目標温度より低い場合には、調節弁 6 7 への制御信号 i 1 の値を変更して蒸気 s 1 の流量を減少させるように構成すればよい。

10

廃棄物または燃料 a 中に含まれる比較的大きな不燃物はガス化室 1 の炉底に設けた不燃物排出口（不図示）から排出する。また、各室の炉底面は水平でもよいが、流動媒体 c の流れの滞留部を作らないようにするために、炉底近傍の流動媒体 c の流れに従って、炉底を傾斜させてもよい。なお、不燃物排出口（不図示）は、ガス化室 1 の炉底だけでなく、チャー燃焼室本体部 5、沈降チャー燃焼室 4 あるいは熱回収室 3 の炉底に設けてもよい。

ガス化室 1 の流動化ガス g 1 として最も好ましいのは生成ガス b を昇圧してリサイクル使用することである。このようにすればガス化室 1 から出る生成ガス b は純粋に燃料から発生した生成ガス b のみとなり、非常に高品質の生成ガス b を得ることができる。それが不可能な場合は水蒸気、炭酸ガス（CO₂）あるいはチャー燃焼室 2 から得られる燃焼排ガス等、できるだけ酸素を含まないガス（無酸素ガス）を流動化ガス g 1 として用いるのがよい。ガス化の際の吸熱反応によって流動媒体 c の層温が低下する場合は、必要に応じて熱分解温度より温度の高い燃焼排ガスを供給するか、あるいは無酸素ガスに加えて、酸素もしくは酸素を含むガス、例えば空気を供給して生成ガス b の一部を燃焼させるようにしてもよい。チャー燃焼室 2 に供給する流動化ガス g 2、g 4 は、チャー燃焼に必要な酸素を含むガス、例えば空気、酸素と蒸気の混合ガスを供給する。燃料 a の発熱量（カロリー）が低い場合は、酸素量を多くする方が好ましく、酸素をそのまま供給する。また熱回収室 3 に供給する流動化ガス g 3 は、空気、水蒸気、燃焼排ガス等を用いる。

20

ガス化室 1 とチャー燃焼室 2 の流動床の上面（スプラッシュゾーンの上面）より上方の部分即ちフリーボード部は完全に仕切壁 1 1、1 5 で仕切られている。さらに言えば、流動床の濃厚層の上面より上方の部分即ちスプラッシュゾーン及びフリーボード部は完全に仕切壁で仕切られているので、チャー燃焼室 2 とガス化室 1 のそれぞれのフリーボード部の圧力のバランスが多少乱れても、双方の流動層の界面の位置の差、あるいは濃厚層の上面の位置の差、即ち流動層高差が多少変化するだけで乱れを吸収することができる。即ち、ガス化室 1 とチャー燃焼室 2 とは、仕切壁 1 1、1 5 で仕切られているので、それぞれの室の圧力が変動しても、この圧力差は流動層高差で吸収でき、どちらかの層が開口部 2 1、2 5 の上端に下降するまで吸収可能である。したがって、流動層高差で吸収できるチャー燃焼室 2 とガス化室 1 のフリーボードの圧力差の上限値は、互いを仕切る仕切壁 1 1、1 5 の下部の開口 2 1、2 5 の上端からの、ガス化室流動床のヘッドと、チャー燃焼室流動床のヘッドとのヘッド差にほぼ等しい。

30

ただし、上記において、圧力バランスの多少の乱れを、流動層高差で吸収する場合、流動層高の変化に応じて、流動媒体 c の各室間の移動量に変化が生じる。したがって、流動媒体 c の各室間の移動量を一定に保つためには、圧力バランスの乱れを最小限に抑える制御機構を付加することが重要となる。

図 1 を参照して、圧力バランスの乱れを抑えるための制御の方法について、以下で説明する。ガス化室 1 から排出される生成ガス b と、チャー燃焼室 2 から排出されるチャー燃焼ガス e は、それぞれ後段に設置された圧力制御用の調節弁 7 8 または調節弁 7 9 を経由して排出され利用される。

40

ここで、図 1 ではガス化室 1 から、あるいはチャー燃焼室 2 からガスが排出された直後

50

に調節弁 78 及び調節弁 79 が設置されている様に描かれているが、その他の機器を通過した後に調節弁 78 あるいは調節弁 79 が設置されていても、調節弁 78 あるいは調節弁 79 の開度を調節することにより対応するガス化室 1 あるいはチャー燃烧室 2 からのガスの排出の抵抗を変化させ、ガス化室 1 あるいはチャー燃烧室 2 の圧力を変化させることができるのであれば構わない。ガス化室 1 のフリーボード部と、チャー燃烧室 2 のフリーボード部には、それぞれ圧力測定装置としての圧力測定器 81、82 が設置されており、各々の室 1、2 の圧力が検出されて圧力信号 i5 として制御装置 6 に送られる。制御装置 6 は、ガス化室 1 のフリーボード部の圧力信号 i5 と、チャー燃烧室 2 のフリーボード部の圧力信号 i5 を比較して、その差が流動媒体 c の各室間の移動量に影響を及ぼさない一定の範囲内、好ましくは両室 1、2 の圧力差がガス化室 1 またはチャー燃烧室 2 の流動層の圧力損失の $\pm 10\%$ 以下、さらに好ましくは $\pm 5\%$ 以下、さらに好ましくは両室 1、2 の圧力が等しくなるように、制御信号 i1 を調節弁 78 あるいは調節弁 79 に送り、調節弁 78 あるいは調節弁 79 の開度を変化させる。

10

以上説明した統合型ガス化炉 101 では、一つの流動床炉の内部に、ガス化室、1、チャー燃烧室 2、熱回収室の 3 つを、それぞれ隔壁を介して設け、さらにチャー燃烧室 2 とガス化室 1、チャー燃烧室 2 と熱回収室 3 はそれぞれ隣接して設けられている。この統合型ガス化炉 101 は、チャー燃烧室 2 とガス化室 1 間に大量の流動媒体 c の循環を可能にしているので、流動媒体 c の顕熱だけでガス化のための熱量を十分に供給できる。

さらに以上の統合型ガス化炉 101 では、チャー燃烧ガス e と生成ガス b の間のシールが完全にされるので、ガス化室 1 とチャー燃烧室 2 の圧力バランス制御がうまくなされ、

20

燃烧ガス e と生成ガス b が混ざることがなく、生成ガス b の性状を低下させることもない。

また、熱媒体としての流動媒体 c とチャー h はガス化室 1 側からチャー燃烧室 2 側に流入するようになっており、さらに同量の流動媒体 c がチャー燃烧室 2 側からガス化室 1 側に戻るよう構成されているので、自然にマスバランスがとれ、流動媒体 c をチャー燃烧室 2 側からガス化室 1 側に戻すために、コンベヤ等を用いて機械的に搬送する必要もなく、高温粒子のハンドリングの困難さ、顕熱ロスが多いといった問題もない。

次に、図 1 を参照して統合型ガス化炉 101 の生成ガス b のガス組成の制御について説明する。

本発明では、前述のようにガス化室 1 とチャー燃烧室 2 の間の流動媒体 c の移動量、即ち内部循環量を調節することにより、ガス化室 1 及びチャー燃烧室 2 の流動層温度をそれぞれ実用上任意に制御し、あるいはガス化室 1 から発生する生成ガス b の組成を変化させることを目的としている。このため、統合型ガス化炉 101 の運転上は、制御装置 6 に流動化ガス量に変化を与える指令を出させることになる。即ち、制御装置 6 から調節弁 61 ~ 67 に流量を制御する制御信号 i1 が送られ調節弁 61 ~ 67 が流動化ガス流量を調節する。流動化ガス流量が調整されることは流動化ガス速度が調節されることである。流動化ガス速度が調節されると内部循環量がどのように調節され、それによってガス化室 1 及びチャー燃烧室 2 の流動層温度、さらにはガス化室 1 から発生する生成ガス b の組成がどのように変化するかを計測し、その結果をもとに流動化ガス量を調節するような、制御ロジックを制御装置 6 に構成することが好ましい。

30

40

例えば、ガス化室 1 の流動層温度を変化させることを目的として内部循環量を調節する場合について、以下説明する。

具体的に、沈降チャー燃烧室 4 の流動化ガス速度が $1 \text{ U m f} \sim 2 \text{ U m f}$ 程度の範囲の弱流動化状態にあって、ガス化室 1 の流動層温度の温度測定器 42 の測定値が、目標とするガス化室 1 の流動層温度よりも低い場合を考える。この場合、既に説明したように、沈降チャー燃烧室 4 の流動化ガス量を $1 \text{ U m f} \sim 2 \text{ U m f}$ の範囲内で増加させることによって沈降チャー燃烧室 4 の流動層粘性を低下させ（図 3 参照）、沈降チャー燃烧室 4 からガス化室 1 への流動媒体 c の移動量を増やすことができる（図 4 参照）。

先に述べたように、このとき沈降チャー燃烧室 4 からガス化室 1 への流動媒体 c の移動量が増えると、ガス化室 1 の層高が一時的に上昇することにより、ガス化室 1 からチャー

50

燃焼室 2 への流動媒体 c の移動量が増加し、チャー燃焼室 2 の層高も若干上昇する。すると、チャー燃焼室 2 から沈降チャー燃焼室 4 への流動媒体 c の飛び込み量も増加し、結果としてガス化室 1 からチャー燃焼室 2、チャー燃焼室 2 から沈降チャー燃焼室 4、沈降チャー燃焼室 4 からガス化室 1 への全ての流動媒体 c の移動量が初期の状態よりも増加した状態で安定することになる。このとき、ガス化室 1 とチャー燃焼室 2 の相互間の流動媒体 c の移動量の増加により、ガス化室 1 とチャー燃焼室 2 の温度差は小さくなる。即ちガス化室 1 の流動層温度は上昇し、チャー燃焼室 2 の流動層温度は低下することになる。なお以下では、ガス化室 1 からチャー燃焼室 2、チャー燃焼室 2 から沈降チャー燃焼室 4、沈降チャー燃焼室 4 からガス化室 1 への全ての流動媒体 c の移動量が同じ値に安定した状態での、ガス化室 1 とチャー燃焼室 2 の相互間の流動媒体 c の移動量を「内部循環量」と呼ぶ。

10

ある一定時間が経過して、ガス化室 1 の流動層温度が安定した段階において、その安定した温度が目標とする流動層温度よりもまだ低ければ、沈降チャー燃焼室 4 の流動化ガス量をさらに増加させればよい。また、その安定した温度が目標とする流動層温度よりも高ければ、沈降チャー燃焼室 4 の流動化ガス量をいくらか減少させればよい。

以上のような操作は、図 1 に示したような構成により、演算装置を内包する制御装置 6 に対してガス化室 1 の流動層温度の測定値と目標値とを入力し、その差分の大小に基づいて沈降チャー燃焼室 4 への流動化ガス g 4 の供給量を変化させるように調節弁 6 5 への制御信号 i 1 が変化し調節弁 6 5 の開度を変化させるよう構成することで、容易に実現することができる。

20

前述において、弱流動化域 1 a、2 a、3 a、4 a、強流動化域 1 b、2 b は、それぞれ一つの調節弁 6 1 ~ 6 6 が接続された散気装置 3 1 ~ 3 6 を有するとして説明した。

しかし、図 5 (統合型ガス化炉 1 0 1 の一部を省略) に示すように、例えば、開口部 2 1 を挟む弱流動化域 1 a、強流動化域 2 b を、それぞれ開口部 2 1 に直接隣接する近傍域 1 a x、2 b x と、近傍域 1 a x、2 b x 以外の遠隔域 1 a y、2 b y とに分離し、散気装置 3 1、3 4 を、それぞれ近傍域 1 a x、2 b x に対応する近傍部分 3 1 x、3 4 x と、遠隔域 1 a y、2 b y に対応する遠隔部 3 1 y、3 4 y に分離するように構成してもよい。

散気装置 3 1、3 4 の遠隔部 3 1 y、3 4 y に前述の供給配管 5 1、5 4 をそれぞれ接続し、散気装置 3 1、3 4 の近傍部 3 1 x、3 4 x に、流量測定器 7 1 x、7 4 x 及び調節弁 6 1 x、6 4 x が設置された供給配管 5 1 x、5 4 x を接続するようにしてもよい。開口部 2 1 を介して流動媒体 c が移動する移動量を制御するために供給される流動化ガス g 1、g 2 の速度をそれぞれ弱流動化域 1 a、強流動化域 2 b 全域に渡って制御する代わりに、近傍域 1 a x、2 b x から供給される流動化ガス g 1、g 2 のガス流速をそれぞれ制御するようにしてもよい。この制御は、前述のように制御装置 6 (図 1 参照) により調節弁 6 1 x、6 4 x を制御することにより行う。

30

開口部 2 5 を挟む弱流動化域 4 a、強流動化域 1 b、開口部 2 2 を挟む弱流動化域 3 a、強流動化域 2 b も同様に、開口部 2 5、2 2 に直接隣接する不図示の近傍域と近傍域以外の不図示の遠隔域に分離し、開口部 2 5、2 2 を介して流動媒体 c が移動する移動量を制御するために供給される流動化ガスの速度をそれぞれ弱流動化域 4 a、3 a、強流動化域 1 b、2 b 全域に渡って制御する代わりに、近傍域から供給される流動化ガスのガス流速をそれぞれ制御するようにしてもよい。

40

統合型ガス化炉 1 0 1 のある一つの安定した運転状態から内部循環量を変化させた場合に発生する現象、得られる効果について以下で述べる。まず、内部循環量の変化に対応してガス化室 1 あるいはチャー燃焼室 2 の層温の変化が生じる。内部循環量を増加させた場合は、ガス化室 1 の層温は上昇し、チャー燃焼室 2 の層温は低下する。逆に内部循環量を減少させた場合、ガス化室 1 の層温は低下し、チャー燃焼室 2 の層温は上昇する。

また、ガス化室 1、チャー燃焼室 2 とともに、室 1、2 内の流動媒体 c の滞留時間が変化する。例えば、内部循環量を 1 / 2 に減らした場合、各室 1、2 内の流動媒体 c の滞留時間は 2 倍となる。逆に、内部循環量を 2 倍に増やした場合、各室 1、2 内の流動媒体 c の

50

型的には、ガス化室1の層温が一定になるように、内部循環量を制御する。

図13に内部循環量(循環比)と生成ガス組成の関係を示す。本図は、ガス化室1でのガス滞留時間が十分長いと仮定した場合、あるいは、触媒等によって反応が平衡組成に近い状態まで進行した場合の計算結果である。

図に示すように、内部循環量(循環比)を減少させるほど、ガス化室1の層温が低下するため、生成ガスbの組成は、 H_2 、 CO が減り、 CO_2 、 H_2O が増える。特に内部循環量(循環比)が少なく、ガス化室1の層温が低い場合は、 CH_4 の量が顕著に増加し、 H_2 、 CO がこれに対応して大きく減少する。内部循環量(循環比)を変化させることにより、所望の図に示すガス組成を得るよう制御することができる。

図14に内部循環量(循環比)と生成ガスの H_2/CO 比の関係を示す。本図は、ガス化室1でのガス滞留時間が十分長いと仮定した場合、あるいは、触媒等によって反応が平衡組成に近い状態まで進行した場合の計算結果である。

図に示すように、生成ガス組成の変化に対応して、内部循環量(循環比)を減少させるほど、 H_2/CO 比が大きくなる。したがって、内部循環量(循環比)の制御により H_2/CO を比2.6から5.7の間の所望の値に制御することが可能である。

図15に内部循環量(循環比)と生成ガス発熱量の関係を示す。本図は、ガス化室1(図1)でのガス滞留時間が十分長いと仮定した場合、あるいは、触媒等によって反応が平衡組成に近い状態まで進行した場合の計算結果である。

図に示すように、全体としては、生成ガス組成の変化に対応して、内部循環量(循環比)を減少させるほど、 CO 濃度が低下するため、生成ガス発熱量が減少する傾向にある。特に、内部循環量(循環比)が少なく、ガス化室1の層温が低い場合は、 CH_4 濃度が増加するため、発熱量が上昇する。内部循環量(循環比)を変えることにより、約10,600から約10,900($HHV_{D.B.}$) $kJ/m^3 - NTP$ の間で所望の値に制御することができる。

ガス化室1でのガス滞留時間が短く、ガス組成が平衡組成と異なる場合には、以下のような現象となる。

ガス化炉101(図1)のガス性状の第1の制御について説明する。図16は、ガス化原料aをバイオマスとしたときの、ガス化室層温(単位)とガス化室(GC)出口ガス熱量割合(タールを発熱量にカウントする)(単位%)の関係を示す。ガス化室層温が低温の場合は、顕熱ロスが少ないので、ガス化室出口ガス発熱量は高くなり、ガス化室層温が高温の場合は、顕熱ロスが多いので、ガス化室出口ガス発熱量は低くなる。ガス化室層温と循環量に依存関係があることから、循環量を小さくすることによってガス化室出口ガス発熱量を高くすることができる。ガス化室出口熱量割合とは、ガス化室出口における単位重量のガス化原料から発生するガス(タールを含む)の発熱量を、単位重量のガス化原料の燃焼による発熱量で割ったパーセントをいう。

図17に、ガス化原料aをバイオマスとしたときの、ガス化室層温(単位)と冷ガス効率(単位%) (ガス化室出口のタールを除く可燃ガス発熱量を基に求める)の関係を示す。ガス化室層温が低温の場合は、タール発生が多くなるので、冷ガス効率が下がり、ガス化室層温が高温の場合は、タール発生が少なくなるので、冷ガス効率が上がる。冷ガス効率とは、ガス化室出口における単位重量のガス化原料から発生するガス(タールを含まず)の発熱量を、単位重量のガス化原料の燃焼による発熱量で割ったパーセントをいう。

図18に、ガス化原料aをバイオマスとしたときの、内部循環量(循環比)とガス化室出口の生成ガス発熱量(タールを除く)($HHV_{D.B.}$)(単位 $kJ/m^3 - NTP$)の関係を示す。内部循環量(循環比)が小さいとガス化室層温が低温になり、タール発生が多くなるので、発熱量が下がり、内部循環量(循環比)が大きいとガス化室層温が高温になり、タール発生が少なくなるので、発熱量が上がる。

図19に、ガス化原料aをバイオマスとしたときの、ガス化室層温(単位)と、原料a中の炭素(C)がタールに移行した割合(単位%)との関係を示す。図は、ガス化室層温が低いほど、タール発生量が多いことを示し、ガス化室層温が高いほど、タール発生量が少ないことを示す。

10

20

30

40

50

したがって、バイオマスのようなタール発生量が多く、発熱量の低い原料 a において、冷ガス効率を高くするためには、(1) ガス化室層温を低温として顕熱ロスを低くして、かつ、その際に発生したタールを分解(低分子化)するか、(2) 循環量を増加して、ガス化室層温を高くしてタール発生量を抑える方法がある。

次に、ガス化炉 101 (図 1) のガス性状の第 2 の制御について説明する。

循環量を制御することにより、ガス化原料 a の揮発分放出量を制御し、原料 a 中の炭素の、チャー燃焼室 2 へ移動させる量をコントロールすることができる。

図 20 に、ガス化原料 a をバイオマスとしたときの、循環量(単位 kg/h)と、ガス化室 1 に供給された原料 a 中の炭素のチャー燃焼室 2 への移行割合(単位%)との関係を示す。図は、循環量が大きくなると、揮発分として未放出状態の炭素がチャー燃焼室 2 へ移行する割合が大きくなり、循環量が小さくなると、揮発分として未放出状態の炭素がチャー燃焼室 2 へ移行する割合が小さくなることを示している。

10

図 21 に、ガス化原料 a をバイオマスとしたときの、ガス化室層温(単位)と、ガス化室 1 に供給されたガス化原料 a 中の炭素のチャー燃焼室 2 へ移行する割合(単位%)との関係を示す。層温が高い場合は、揮発分放出量が多く(揮発量残存量が少ない)、かつ、揮発分放出速度も速いので、原料 a 中の炭素がチャー燃焼室 2 へ移行する割合は小さくなると考えられるが、図ではその逆の現象となっている。すなわち、ガス化室層温が高い場合は、原料 a 中の炭素がチャー燃焼室 2 へ移行する割合は大きくなり、ガス化室層温が低い場合は、原料 a 中の炭素がチャー燃焼室 2 へ移行する割合は、小さくなる。これは、ガス化室層温が高いということは、すなわち、循環量が大きいことを意味するので、流動媒体に同伴して、揮発分未放出のガス化原料 a (ここではバイオマス) がチャー燃焼室 2 へ移行することが支配的であることが示されている。

20

以上のことから、循環量を制御することによって、チャー燃焼室 2 での燃焼量をコントロールすることが可能であるため、ガス化原料 a の変動に応じて、チャー燃焼室 2 での燃焼量を最適にコントロールすることができる。

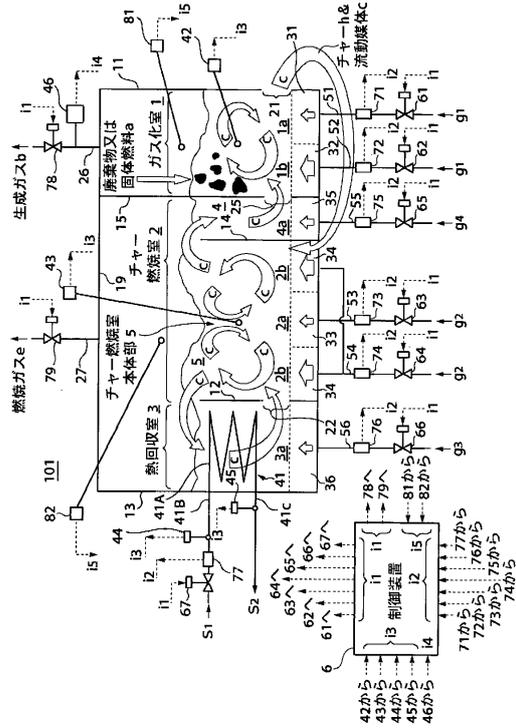
なお、図示の実施の形態はあくまでも例示であり、本発明の技術的範囲を限定する趣旨の記述ではない。

【産業上の利用可能性】

本発明に係るガス化炉は、ガス化室と、チャー燃焼室と、制御装置とを備えるので、弱い流動化状態の流動の強弱を調節することにより、ガス化室とチャー燃焼室の間で流通する流動媒体の量を制御して、ガス化室より発生するガスの組成を制御することができ、制御特性をさらに向上させることができる。

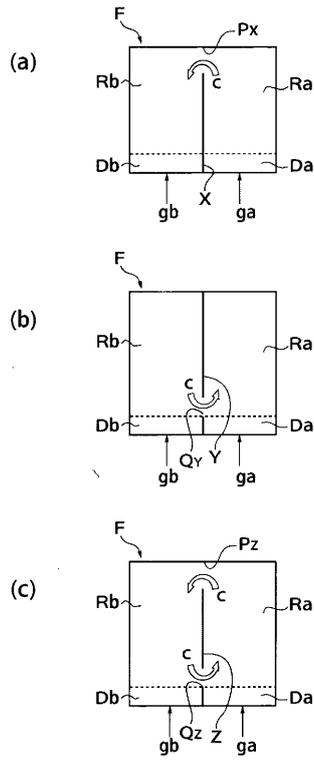
30

【 図 1 】



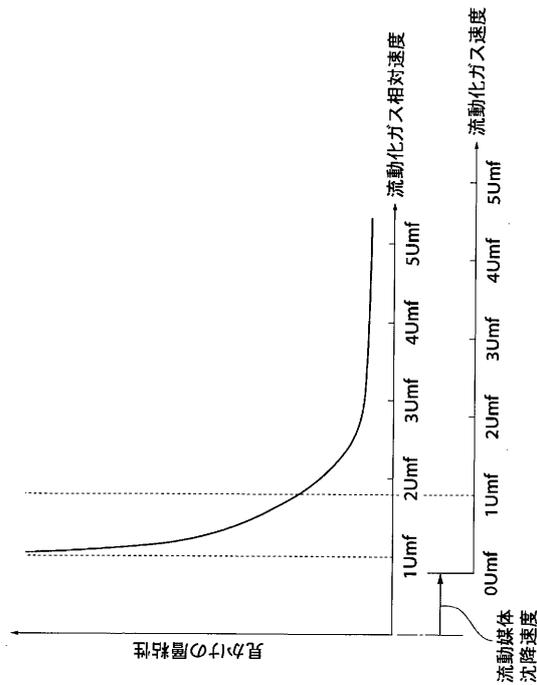
【 図 2 】

図 2



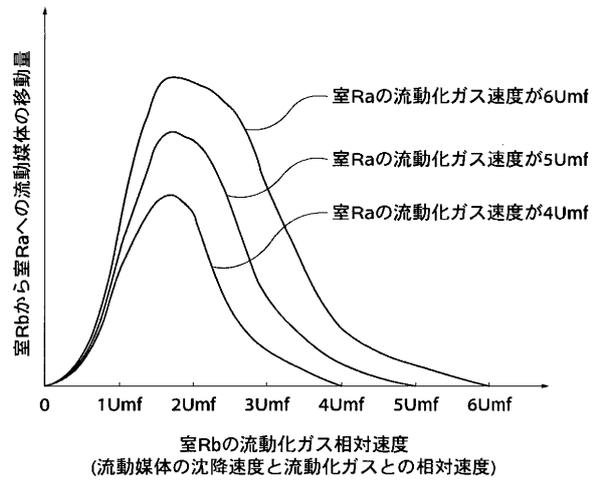
【 図 3 】

図 3



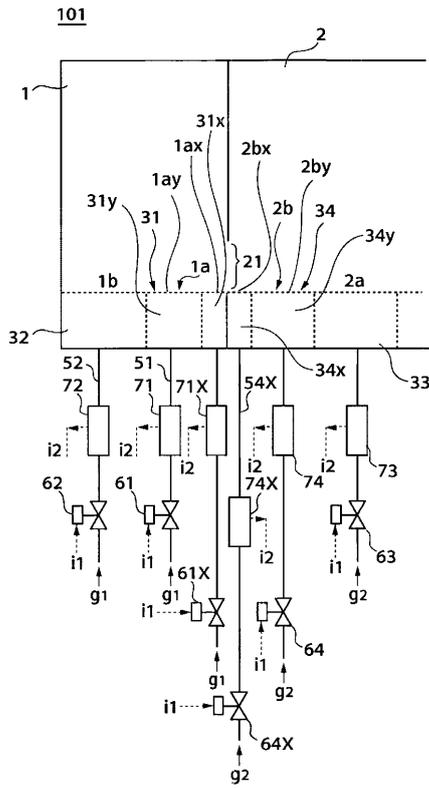
【 図 4 】

図 4



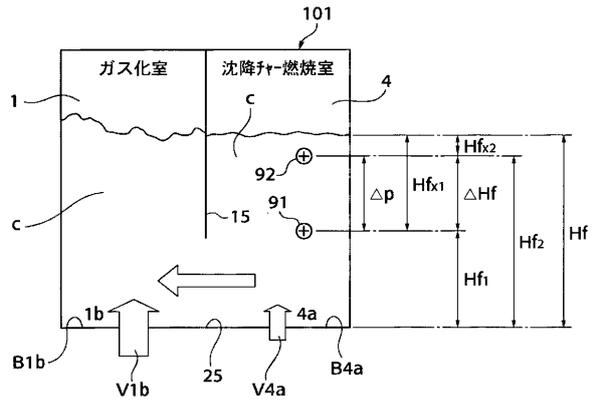
【 図 5 】

図 5



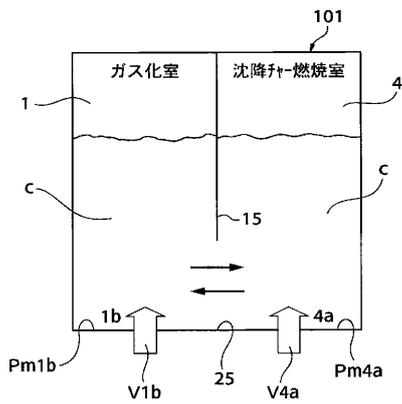
【 図 6 】

図 6



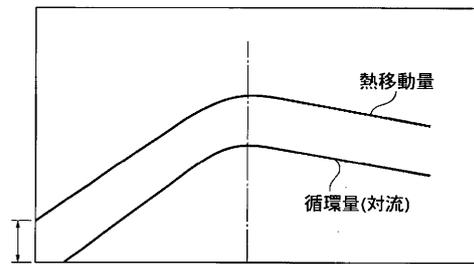
【 図 7 】

図 7



【 図 8 】

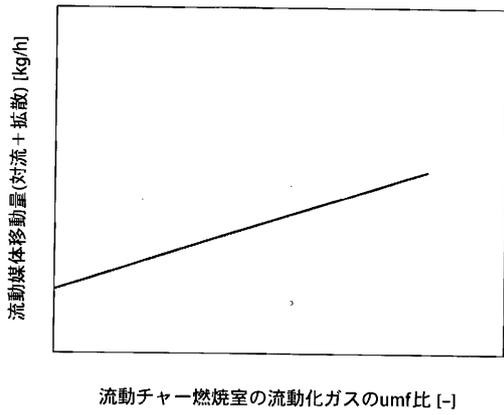
図 8



沈降チャ-燃焼室空塔速度

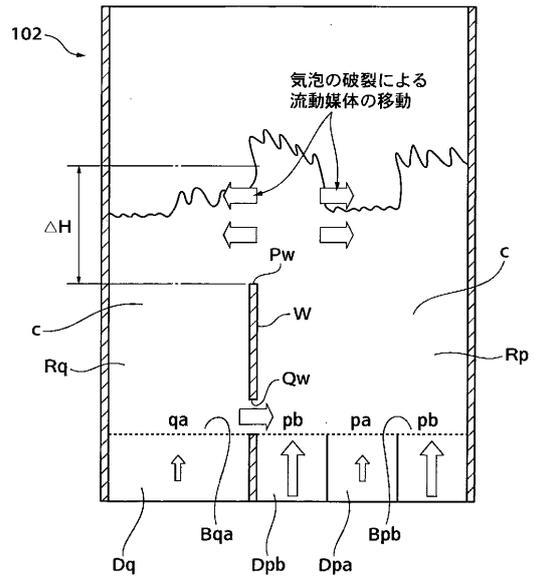
【 図 9 】

図 9



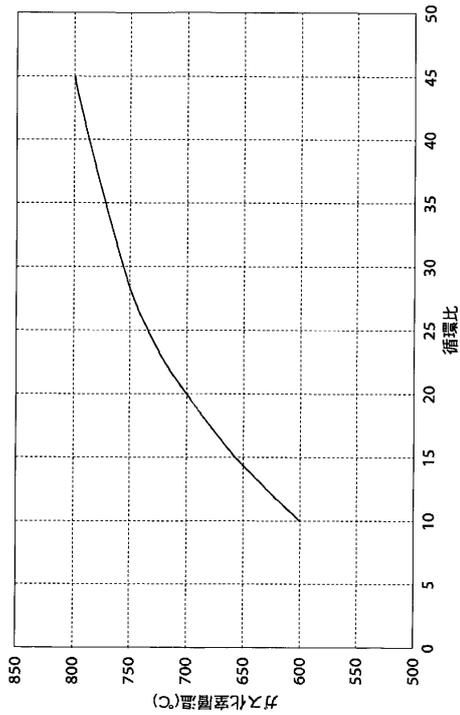
【 図 10 】

図 10



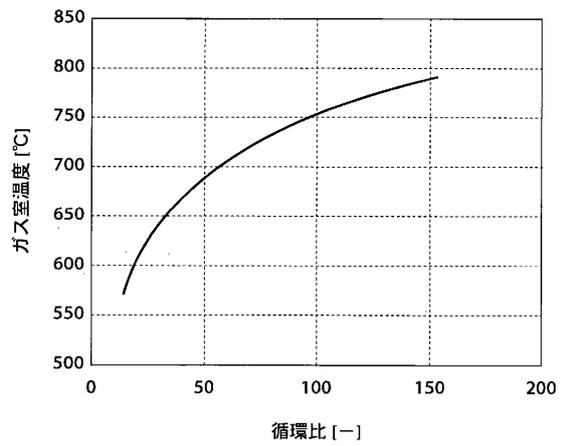
【 図 11 】

図 11



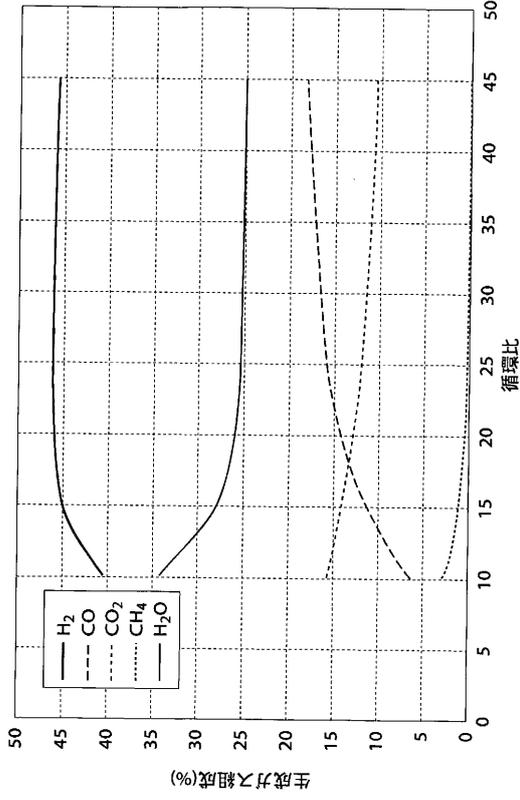
【 図 12 】

図 12



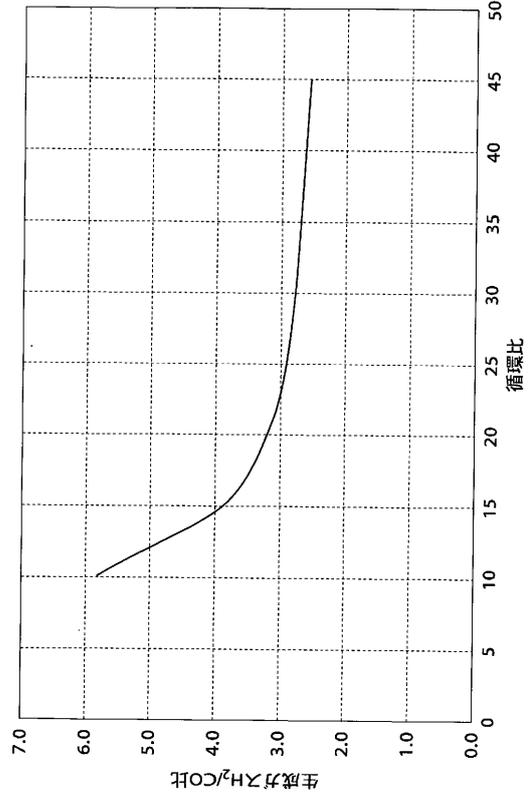
【 図 1 3 】

図 1 3



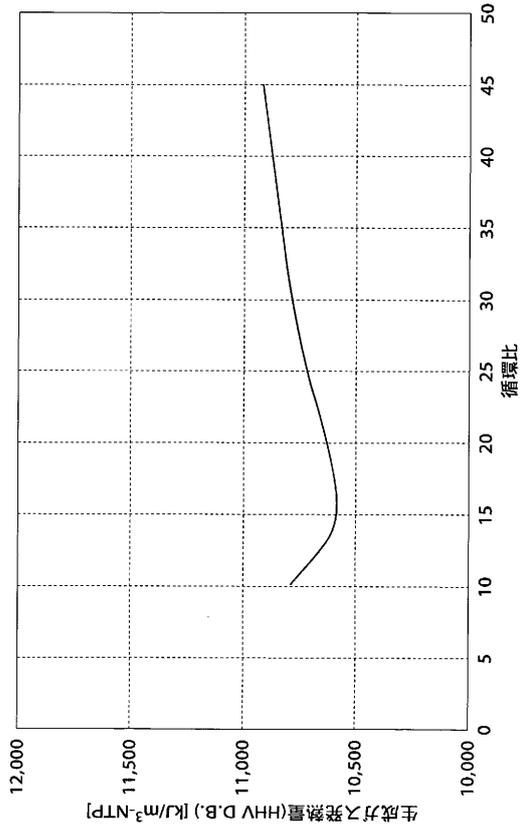
【 図 1 4 】

図 1 4



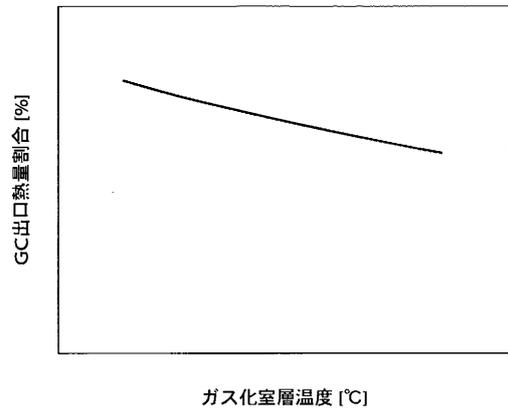
【 図 1 5 】

図 1 5



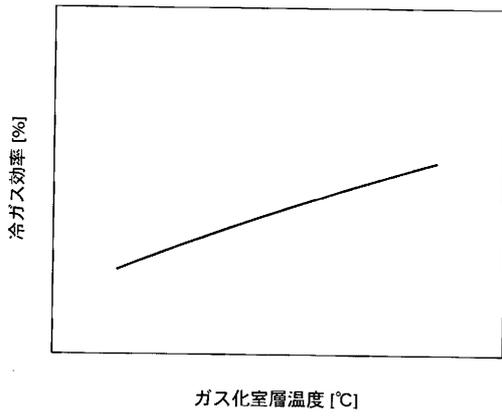
【 図 1 6 】

図 1 6



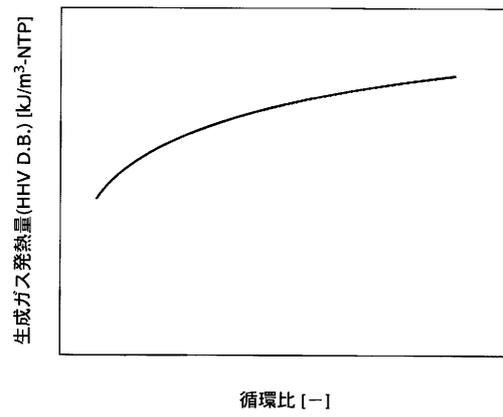
【図17】

図17



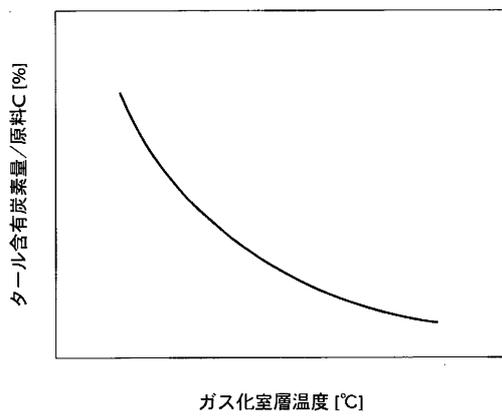
【図18】

図18



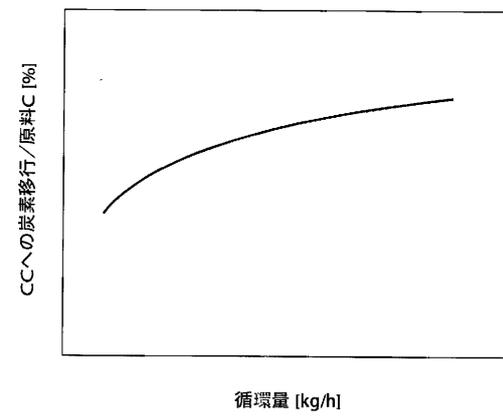
【図19】

図19



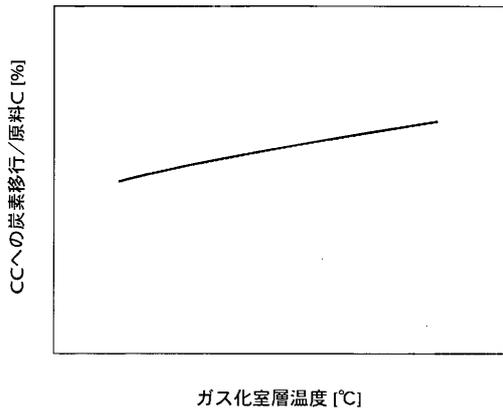
【図20】

図20



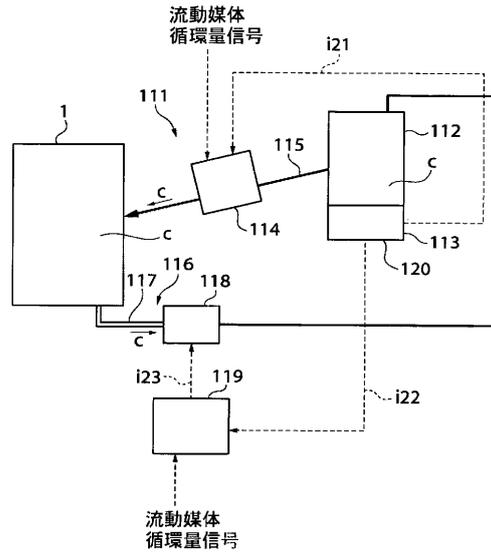
【図 2 1】

図 2 1



【図 2 2】

図 2 2



フロントページの続き

- (72)発明者 松岡 慶
東京都大田区羽田旭町 1 1 1 株式会社荏原製作所内
- (72)発明者 徳留 達夫
東京都大田区羽田旭町 1 1 1 株式会社荏原製作所内
- (72)発明者 細田 修吾
東京都大田区羽田旭町 1 1 1 株式会社荏原製作所内
- (72)発明者 豊田 誠一郎
東京都大田区羽田旭町 1 1 1 株式会社荏原製作所内

審査官 森 健一

(56)参考文献 国際公開第 9 9 / 0 3 1 2 0 2 (WO , A 1)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
C10J 3/00