

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5020575号
(P5020575)

(45) 発行日 平成24年9月5日 (2012.9.5)

(24) 登録日 平成24年6月22日 (2012.6.22)

(51) Int. Cl.

F I

C 1 O L 3/10 (2006.01)
C O 2 F 11/04 (2006.01)

C 1 O L 3/00 B
C O 2 F 11/04 Z A B A

請求項の数 3 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2006-240584 (P2006-240584)
(22) 出願日 平成18年9月5日 (2006.9.5)
(65) 公開番号 特開2008-62138 (P2008-62138A)
(43) 公開日 平成20年3月21日 (2008.3.21)
審査請求日 平成21年7月31日 (2009.7.31)

(73) 特許権者 594087274
神戸市
兵庫県神戸市中央区加納町 6 丁目 5 番 1 号
(73) 特許権者 301031392
独立行政法人土木研究所
茨城県つくば市南原 1 番地 6
(73) 特許権者 000192590
株式会社神鋼環境ソリューション
兵庫県神戸市中央区脇浜町 1 丁目 4 番 7 8
号
(74) 代理人 100089196
弁理士 梶 良之
(72) 発明者 竹中 恭三
兵庫県神戸市中央区加納町 6 丁目 5 番 1 号
神戸市役所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 バイオガスの精製方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

有機性廃棄物を嫌気性発酵させる嫌気性発酵槽からのバイオガスをガス圧縮機によって昇圧して吸収塔へ送り込み、前記吸収塔内においてバイオガスと水とを高圧状態で接触させることにより、バイオガスに含まれる二酸化炭素及び硫黄系不純物を高圧水に溶解させて該バイオガスから分離して、メタンを高濃度化した精製ガスを得るバイオガスの精製方法であって、前記ガス圧縮機に精製ガスを導く精製ガス循環ラインを設け、前記ガス圧縮機を予め設定された一定の負荷にて運転して、前記ガス圧縮機に導かれる前記嫌気性発酵槽からのバイオガス及び前記精製ガス循環ラインからの精製ガスの合計量を一定又は略一定に維持するとともに、前記嫌気性発酵槽のガス圧力を測定し、その測定結果に基づいて前記嫌気性発酵槽のガス圧力が予め設定された目標値に維持されるように前記ガス圧縮機に導くバイオガス量を増減制御することの特徴とするバイオガスの精製方法。

【請求項 2】

請求項 1 記載のバイオガスの精製方法において、前記ガス圧縮機に導かれるバイオガス及び精製ガスからなるガスの精製ガス混合比率の上限値及び / 又は下限値を設定しておき、精製ガス混合比率がその上限値以上となった場合には前記ガス増減制御に代えて前記ガス圧縮機の負荷を減少させる制御を行い、精製ガス混合比率がその下限値以下となった場合には前記ガス増減制御に代えて前記ガス圧縮機の負荷を増加させる制御を行うことを特徴とするバイオガスの精製方法。

【請求項 3】

前記吸収塔内においてバイオガスと水とを、 $0.55 \sim 2.0 \text{ MPaG}$ の範囲を満たす高圧状態で接触させることにより、前記二酸化炭素及び前記硫黄系不純物を分離除去するとともに、バイオガスが含有するシロキサン化合物を凝縮させて該バイオガスから分離して、メタンを高濃度化した精製ガスを得ることを特徴とする請求項1又は2記載のバイオガスの精製方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、下水処理場で発生する下水汚泥などの有機性廃棄物を嫌気性発酵させることでバイオガスを発生させ、このバイオガスを精製して二酸化炭素、硫黄不純物などを除去し、メタンを高濃度化した精製ガスを得るバイオガスの精製方法に関するものである。

10

【背景技術】

【0002】

地球温暖化防止や循環型社会（持続的社會）の構築のため、バイオマス資源の活用が期待されており、生ゴミなどの食品廃棄物、家畜糞尿、有機性廃水、下水処理場で発生する下水汚泥などの有機性廃棄物を嫌気性発酵させることでバイオガスを発生させて、このバイオガスをエネルギーとして利用する技術の開発が進められている。とりわけ、平成14年12月にわが国において閣議決定されたバイオマス総合戦略によれば、下水処理場において最初沈殿池及び最終沈殿池で発生する下水汚泥を嫌気性発酵させて生成させるバイオガス（消化ガス）の利用が期待されている。この消化ガス（下水汚泥消化ガス）は、メタン（ CH_4 ）及び二酸化炭素（ CO_2 ）を主成分とし（メタン：約60容量%前後、二酸化炭素：約40容量%前後）、微量の不純物として硫黄系不純物（ H_2S 等）などを含むガスである。なお、都市部の下水汚泥の消化ガスには、シャンプー等に由来するシロキサン化合物が含まれていることが知られている。

20

【0003】

図5は、従来技術（特許文献1）を説明するための図であって、消化ガスを精製して精製メタンガスを得る消化ガス精製設備（バイオガス精製設備）の構成を示すフロー図である。

【0004】

図5に示すように、従来の消化ガス精製設備は、図示しない嫌気性発酵槽としての消化タンクと、脱硫塔51と、ガスホルダー52と、バイオガス精製装置としての消化ガス精製装置とを備えている。消化ガス精製装置は、コンプレッサー53、吸収塔54、放散塔56、ポンプ55及び除湿機57により構成されている。

30

【0005】

図5において、下水処理場において消化タンクからの消化ガス（下水汚泥消化ガス）は、脱硫塔51に供給され、 H_2S 等が除去される。この脱硫処理が施された消化ガスは、一旦、低圧のガスホルダー52に貯留され、ここから一部はボイラーに供給されるが、残りの脱硫処理後の消化ガスは、精製して都市ガス等の原料とするために吸収塔54に送られる。吸収塔54の手前にはコンプレッサー53が設置されており、ガス逆流防止板で仕切られた複数の充填層を備えた充填塔を用いた吸収塔54の塔底より吸収塔54内に、加圧・送入される。一方、吸収水は、吸収塔54の塔頂から吸収塔54内に供給される。そして、脱硫処理済の消化ガスは、吸収塔54内において吸収水と複数の充填層で気液接触を繰返し、二酸化炭素等が吸収除去され、吸収塔54の塔頂から除湿機57を経由して、精製メタンガスとなって取り出される。

40

【0006】

一方、吸収塔54の塔底から排出された吸収処理後の吸収水は、放散塔56の塔頂に送られる。この場合、吸収塔54と放散塔56の間に圧力差があるために、吸収処理後の吸収水はポンプを用いずとも移送することが可能である。放散塔56内は大気圧になっているので、吸収処理後の吸収水中に溶解している二酸化炭素等の不要ガス成分は、圧力差によりフラッシュ処理され水中から除去される。フラッシュ処理された吸収水は、放散塔5

50

6の下部にある充填部に降下し、放散塔56の塔底から供給された、空気やメタンガス等のキャリアガスと気液接触して、さらに多くの溶解ガスが除去される。溶解ガスを含んだキャリアガスは、ボイラーに送られ、キャリアガスが空気の場合は燃焼用空気として、メタンガスの場合は燃料の一部として利用される。そして、放散塔56の塔底から排出された放散処理後の吸収水は、ポンプ55で昇圧してから吸収塔54に戻し吸収水として再利用される。

【特許文献1】特開2004-83542号公報(図1)

【特許文献2】特開2006-95512号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0007】

しかし前記図5に示される従来の消化ガス精製設備では、消化タンクからの消化ガスを一旦大きな低压ガスホルダー(ガスホルダーの圧力:例えば0.002MPaG)に貯め、そこからバイオガス精製装置に供給するようにしたものであるから、消化ガス(バイオガス)をエネルギー資源としてより多く利用しようとする、より大きな低压ガスホルダーを設置することが必要となる。このため、大型の低压ガスホルダーの設置は、大きな設置スペースを必要とするとともに、イニシャルコスト及びメンテナンスコストが高く、その投資が大きな負担となり、バイオガスの有効利用の促進に対するマイナス要因となっている。

【0008】

20

そこで本発明の課題は、食品廃棄物、下水汚泥などの有機性廃棄物を嫌気性発酵させることでバイオガスを発生させ、このバイオガスを精製してメタンを高濃度化した精製ガスを得るに際し、大きな設置スペースを必要とするとともにイニシャルコスト及びメンテナンスコストが高い大型の低压ガスホルダーを設置しなくてすみ、バイオガス発生量などの変動に対して、嫌気性発酵槽のガス圧力を目標値に維持でき、かつ、ガス圧縮機からの昇圧されたバイオガスが送り込まれる吸収塔内の圧力を予め定められた設定値に維持してバイオガス精製を安定して行うことができるバイオガスの精製方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

前記の課題を解決するため、本願発明では、次の技術的手段を講じている。

30

【0010】

請求項1の発明は、有機性廃棄物を嫌気性発酵させる嫌気性発酵槽からのバイオガスをガス圧縮機によって昇圧して吸収塔へ送り込み、前記吸収塔内においてバイオガスと水とを高圧状態で接触させることにより、バイオガスに含まれる二酸化炭素及び硫黄系不純物を高圧水に溶解させて該バイオガスから分離して、メタンを高濃度化した精製ガスを得るバイオガスの精製方法であって、前記ガス圧縮機に精製ガスを導く精製ガス循環ラインを設け、前記ガス圧縮機を予め設定された一定の負荷にて運転して、前記ガス圧縮機に導かれる前記嫌気性発酵槽からのバイオガス及び前記精製ガス循環ラインからの精製ガスの合計量を一定又は略一定に維持するとともに、前記嫌気性発酵槽のガス圧力を測定し、その測定結果に基づいて前記嫌気性発酵槽のガス圧力が予め設定された目標値に維持されるように前記ガス圧縮機に導くバイオガス量を増減制御することを特徴とするバイオガスの精製方法である。

40

【0011】

請求項2の発明は、請求項1記載のバイオガスの精製方法において、前記ガス圧縮機に導かれるバイオガス及び精製ガスからなるガスの精製ガス混合比率の上限値及び/又は下限値を設定しておき、精製ガス混合比率がその上限値以上となった場合には前記ガス増減制御に代えて前記ガス圧縮機の負荷を減少させる制御を行い、精製ガス混合比率がその下限値以下となった場合には前記ガス増減制御に代えて前記ガス圧縮機の負荷を増加させる制御を行うことを特徴とするものである。

【0012】

50

請求項 3 の発明は、請求項 1 又は 2 記載のバイオガスの精製方法において、前記吸収塔内においてバイオガスと水とを、 $0.55 \sim 2.0 \text{ MPa G}$ の範囲を満たす高圧状態で接触させることにより、前記二酸化炭素及び前記硫黄系不純物を分離除去するとともに、バイオガスが含有するシロキサン化合物を凝縮させて該バイオガスから分離して、メタンを高濃度化した精製ガスを得ることを特徴とするものである。

【発明の効果】

【0016】

本発明のバイオガスの精製方法は、嫌気性発酵槽からのバイオガスをガス圧縮機に導いて該ガス圧縮機によって昇圧して吸収塔へ送り込み、吸収塔内においてバイオガスと水とを高圧状態で接触させることにより、メタンを高濃度化した精製ガスを得るに際し、前記ガス圧縮機に精製ガスを導く精製ガス循環ラインを設け、前記ガス圧縮機を予め設定された一定の負荷にて運転して、前記ガス圧縮機に導かれる前記嫌気性発酵槽からのバイオガス及び前記精製ガス循環ラインからの精製ガスの合計量を一定又は略一定に維持するとともに、前記嫌気性発酵槽のガス圧力が予め設定された目標値に維持されるように前記ガス圧縮機に導くバイオガス量を増減制御するようにしている。したがって、嫌気性発酵槽のガス圧力が目標値になるようにガス圧縮機に導くバイオガス量を増減制御するようにしているので、大きな設置スペースを必要とするとともにイニシャルコスト及びメンテナンスコストが高い大型の低圧ガスホルダーを設置しなくても、バイオガス発生量の変動、あるいは、嫌気性発酵槽への有機性廃棄物の投入や嫌気性発酵槽からの消化汚泥の排出による嫌気性発酵槽中空部容積の変動、などに対して嫌気性発酵槽のガス圧力を目標値に維持することができる。しかも、嫌気性発酵槽のガス圧力が目標値になるようにガス圧縮機に導くバイオガス量を増減制御してもガス圧縮機をその負荷を予め設定された一定値に維持して運転するようにしているので、ガス圧縮機からのガスが送り込まれる吸収塔内の圧力を予め定められた設定値に維持してバイオガス精製を安定して行うことができる。よって、嫌気性発酵槽でのバイオガス発生安定化を図るとともに、バイオガス精製設備全体として省スペース化とコストダウンを図ることでバイオガスの利用拡大に寄与することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

図 1 は本発明の一実施形態による消化ガスの精製方法を実施する消化ガス精製設備が備えられた消化ガス利用システムの全体構成を示すフロー図、図 2 は図 1 における消化ガス精製装置の構成を示すフロー図である。

【0018】

この実施形態においてはバイオガス精製設備としての消化ガス精製設備は、例えば下水処理場に設けられており、図 1 に示すように、嫌気性発酵槽としての消化タンク（消化槽）31A、31B からの下水汚泥消化ガスを導く消化ガス導出ライン（バイオガス導出ライン）L1、バイオガス精製装置としての消化ガス精製装置 2、中圧（例えば 0.8 MPa G ）の精製ガスタンク 3、精製ガス循環ライン L4、及び制御装置（制御手段）4などを備えて構成されている。この消化ガス精製設備と精製ガス消費設備とにより消化ガス利用システムが構成されており、精製ガス消費設備は、本実施形態では、余剰ガス燃焼装置 21、温水ボイラー 22A、22B、場内用空調設備 23、ガスエンジン（コージェネレーションシステム）24 及びガス充填設備（天然ガススタンド）25 を備えて構成されている。

【0019】

消化タンク 31A、31B から消化ガス精製装置 2 に連絡する前記消化ガス導出ライン L1 は、消化タンク 31A、31B のガス圧力を測定するためのガス圧力計 1、及び消化ガス用流量調節手段としての消化ガス用流量調節弁 V1 を有し、消化タンク 31A、31B からの下水汚泥消化ガスを消化ガス精製装置 2 の後述するガス圧縮機 202a の吸込み

側に導くラインである。

【 0 0 2 0 】

この消化ガス精製装置 2 から精製ガスタンク 3 の入側にライン L 2 が連絡し、精製ガスタンク 3 の出側に精製ガス供給用のライン L 3 が連絡している。なお、前記ライン L 2 から分岐して付臭装置 2 6 を経て精製ガスタンク 3 の入側にて再度ライン L 2 に合流するラインが設けられており、これにより安全のための臭い付きの精製ガスが精製ガスタンク 3 に導入されるようになっている。また、精製ガス供給用のライン L 3 から分岐して前記消化ガス導出ライン L 1 における消化ガス用流量調節弁 V 1 の下流側において消化ガス導出ライン L 1 に合流し、減圧弁 V 3、及び精製ガス用流量調節手段としての精製ガス用流量調節弁 V 2 を有して精製ガスタンク 3 からの精製ガスを消化ガス精製装置 2 のガス圧縮機 2 0 2 a の吸込み側に導く精製ガス循環ライン L 4 が設けられている。

10

【 0 0 2 1 】

そして、前記精製ガス供給用のライン L 3 から余剰ガス燃焼装置 2 1 に、余剰精製ガス用減圧弁 V 1 2 及び余剰精製ガス制御弁 V 1 1 を有するライン L 1 1 が連絡し、一方、この余剰ガス燃焼装置 2 1 には、前記消化ガス導出ライン L 1 におけるガス圧力計 1 の下流側から分岐し、余剰消化ガス制御弁 V 4 を有するライン L 5 が連絡している。余剰ガス燃焼装置 2 1 は、余剰の下水汚泥消化ガス又は余剰の精製ガスを余剰ガス燃焼炉で完全燃焼して大気に放出しうる燃焼ガスとするものである。そして、精製ガスの消費量が低下して精製ガスタンク 3 のガス圧が設定値を上回ることが精製ガスタンク 3 に設けられたガス圧力計 5 によって検出された場合、後述の制御装置 4 により余剰精製ガス制御弁 V 1 1 を徐々に開くことで、精製ガスを余剰ガス燃焼装置 2 1 にて燃焼させるようになっている。

20

【 0 0 2 2 】

また、前記精製ガス供給用のライン L 3 から温水ボイラー 2 2 A、2 2 B に温水ボイラー用減圧弁 V 1 3 を有するライン L 1 2 が連絡し、前記精製ガス供給用のライン L 3 から場内用空調設備 2 3 に空調用減圧弁 V 1 4 を有するライン L 1 3 が連絡している。温水ボイラー 2 2 A、2 2 B は、精製ガスを燃料として温水をつくり、消化タンク 3 1 A、3 1 B の加温のために、温水を加熱媒体として熱交換器 3 1 A a、3 1 B a に供給するものである。

【 0 0 2 3 】

また、前記精製ガス供給用のライン L 3 からガスエンジン（コージェネレーションシステム）2 4 にガスエンジン用減圧弁 V 1 5 を有するライン L 1 4 が連絡し、前記ライン L 3 からガス充填設備（天然ガススタンド）2 5 にライン L 1 5 が連絡している。

30

【 0 0 2 4 】

前記ガスエンジン（コージェネレーションシステム）2 4 は、精製ガスを燃料とするエンジンの動力によって発電を行うとともに、エンジン本体（ジャケット）の冷却、インタークーラ、及び排ガスからの温水ボイラーによる熱回収によって温水をつくり、この温水を加熱媒体として前記熱交換器 3 1 A a、3 1 B a に供給するものである。また、前記のガス充填設備（天然ガススタンド）2 5 は、臭い付きの精製ガスをガス圧縮機で昇圧して蓄ガス器に充填して貯蔵する設備であり、天然ガス自動車に蓄ガス器から臭い付き精製ガス（臭い付き天然ガス）を充填するためのディスペンサーが備えられている。

40

【 0 0 2 5 】

次に、図 2 を参照して消化ガス精製装置 2 について説明する。

【 0 0 2 6 】

消化ガス精製装置 2 は、図 2 に示すように、ミストセパレータ 2 0 1、ガス圧縮機 2 0 2 a、2 0 2 b、吸収塔（スクラバー）2 0 4、除湿器 2 0 5、給水槽 2 0 6、水補給用ポンプ 2 0 7、水循環用ポンプ 2 0 8、熱交換器 2 0 9、チラー 2 1 0、減圧タンク（フラッシングタンク）2 1 1、放散塔（ストリップングタワー）2 1 2、及び排気ブロワ 2 1 3 を備えている。回転式のガス圧縮機 2 0 2 a、2 0 2 b は、可変電圧可変周波数（V V F）制御によって負荷（回転数）制御を行う回転数制御器 2 0 3 を有している。

【 0 0 2 7 】

50

この消化ガス精製装置 2 において、消化タンク 3 1 A , 3 1 B から消化ガス導出ライン L 1 を通じて導かれた下水汚泥消化ガスに精製ガスタンク 3 から精製ガス循環ライン L 4 を通じて導かれた精製ガスが加わった精製ガス含有消化ガスは、ミストセパレータ 2 0 1 によってガス中のミスト（水分）、ダストが除去され、しかる後、直列接続されたガス圧縮機 2 0 2 a , 2 0 2 b によって大気圧より高い所定の圧力まで昇圧される。ガス圧縮機 2 0 2 a , 2 0 2 b によって昇圧された精製ガス含有消化ガスは、吸収塔 2 0 4 の下部に導入される。一方、吸収塔 2 0 4 には、その上部から水が水循環用ポンプ 2 0 8 によって昇圧された状態で供給されるようになっている。

【 0 0 2 8 】

このように、精製ガス含有消化ガスをガス圧縮機 2 0 2 a , 2 0 2 b によって昇圧して吸収塔 2 0 4 内へその下部より送り込むとともに、水循環用ポンプ 2 0 8 により水を昇圧して吸収塔 2 0 4 内へその上部より送り込むことにより、吸収塔 2 0 4 内を 0 . 5 5 ~ 2 . 0 M P a G の範囲内における所定の略一定の圧力に維持し、吸収塔 2 0 4 内において混合ガスと水とを高圧状態で接触させるようにしている。なお、吸収塔 2 0 4 内には、精製ガス含有消化ガスと水とを十分に接触させるためにラシヒリング等の充填物が充填されている。

【 0 0 2 9 】

吸収塔 2 0 4 内において精製ガス含有消化ガスと水とを 0 . 5 5 ~ 2 . 0 M P a G の範囲を満たす高圧状態で接触させることにより、下水汚泥消化ガス中に気体状態で含まれていた二酸化炭素及び硫黄系不純物（ H_2S 等）は、高圧の水に溶解して吸収される一方、メタンは、高圧の水にほとんど溶解することなく、吸収塔 2 0 4 の頂部から取り出される。また同時に、下水汚泥消化ガス中に含まれていたシロキサン化合物は、高圧状態のため気体状態から凝縮して液滴状態となり、この液滴状態にて、吸収塔内部を流下する高圧の水と衝突し、水とともに吸収塔 2 0 4 の底部に溜まることになる。

【 0 0 3 0 】

このように、下水汚泥消化ガスを精製するに際し、下水汚泥消化ガスと水とを 0 . 5 5 ~ 2 . 0 M P a G の範囲を満たす高圧状態で接触させることがよい。この範囲より低圧力雰囲気では、シロキサン化合物が十分に分離除去されず、また、この範囲より高圧力雰囲気にしてもシロキサン化合物の除去率がそれほど向上せず、運転コストや、高圧化仕様による装置コストの増加などの点から好ましくない。なお、シロキサン化合物の除去、運転コスト及び装置コストの点から、下水汚泥消化ガスと水とを 0 . 7 M P a G 以上 1 . 0 M P a G 未満の範囲を満たす高圧状態で接触させることがより好ましい。

【 0 0 3 1 】

さて、前記分離除去された二酸化炭素，硫黄系不純物（ H_2S 等）が溶解するとともに、分離除去されたシロキサン化合物を含む水は、吸収塔 2 0 4 の底部から抜き出されて、弁 V 5 を介して減圧タンク 2 1 1 に導入される。この減圧タンク 2 1 1 内の圧力は、吸収塔 2 0 4 内に比べて減圧されている。例えば、吸収塔 2 0 4 内の圧力が 0 . 9 M P a G のとき、減圧タンク 5 内の圧力は 0 . 3 M P a G である。そして、メタン回収率を高める目的で、吸収塔 2 0 4 の底部からの水にわずかに溶解しているメタンは、ガスとして分離されて減圧タンク 2 1 1 の頂部から弁 V 6 を介して、ガス圧縮機 2 0 2 a , 2 0 2 b の中間段に戻されてガス圧縮機 2 0 2 a からの精製ガス含有消化ガスに合流されるようになっている。このメタンが分離回収された後の二酸化炭素，硫黄系不純物（ H_2S 等）が溶解する水は、減圧タンク 2 1 1 の底部から弁 V 7 を介して放散塔 2 1 2 の上部に導入される。

【 0 0 3 2 】

この放散塔 2 1 2 においては、減圧タンク 2 1 1 から抜き出された水が上部から導入される一方、下部からは排気ブロウ 2 1 3 によって放散用ガス（例えば大気）が導入され、大気圧において両者が向流接触する。これにより、減圧タンク 2 1 1 から抜き出された水に溶解していた二酸化炭素，硫黄系不純物は、放散用ガス側に移行し、放散用ガスとともに放散塔 2 1 2 の頂部から排出され、ライン L 7 を通じて脱臭設備へ導かれる。そして、溶解していたガスが除去されて再生された水は、放散塔 2 1 2 の底部から抜き出され、水

10

20

30

40

50

循環用ポンプ 208 にて昇圧され、熱交換器 209 にてチラー 210 からのブラインとの間で熱交換して所定の温度まで冷却された後、吸収塔 204 の上部に供給される。なお、放散塔 212 内には、放散用ガスと水とを十分に接触させるためにラシヒリング等の充填物が充填されている。

【0033】

また、吸収塔 204 に供給される循環水の品質を維持するために、定期的に弁 V8 を開にすることが望ましい。これによって循環水を一部抜き出し、抜き出された水は、ライン L6 を通じて排水処理設備へ送られるようになっている。この抜き出しによって循環水量が所定量以下になった場合は、水補給用ポンプ 207 により、弁 V9 を開にして不足分の水を給水槽 206 から補給する。このとき用いられる水としては、水道水、あるいは井水が挙げられ、また、下水等の排水を処理して得られる処理水を利用することも可能であり、この実施形態では、下水処理場の最終沈殿池の下流に設けられている処理水の砂ろ過設備からの砂ろ過水を利用するようにしている。

【0034】

一方、吸収塔 204 の頂部から取り出された高濃度のメタンを有する精製ガスは、除湿器 205 に送られる。除湿器 205 は、この実施形態では圧力スイング吸着法 (PSA 法) により水分を吸着除去する除湿器であり、合成ゼオライトを吸着剤とするものである。除湿器 205 による除湿の目的は、精製ガスを燃料として使用 (利用) するときの圧力・温度においても結露することがないようにするためである。吸収塔 204 から取り出された精製ガスの圧力は、例えば 0.9 MPaG であり (吸収塔 204 内の圧力が 0.9 MPaG の場合)、この精製ガスに対して、例えば天然ガス自動車の燃料として使用するときの圧力 19.6 MPaG においても結露することがないように、大気圧における露点に換算して露点が -60 以下、より好ましくは -70 以下、特に好ましくは -80 以下となるように、除湿器 205 による除湿が施される。このように、燃料として使用するときの圧力においても結露することがないように除湿器 205 によって除湿された精製ガスが、前記ライン L2 を通じて精製ガスタンク 3 に送られるようになっている。

【0035】

そして、図 1 に示される前記制御装置 (制御手段) 4 は、ガス圧力計 1 による消化タンク 31A, 31B のガス圧力の測定結果に基づいて消化タンク 31A, 31B のガス圧力が予め定められた目標値 (一定の値又は一定の範囲) に維持されるように、ガス圧縮機 202a の吸込み側に導く消化タンク 31A, 31B からの下水汚泥消化ガスを消化ガス用流量調節弁 V1 に指令して増減制御し、また、ガス圧縮機 202a の吸込み側に導く精製ガスタンク 3 からの精製ガス量を精製ガス用流量調節弁 V2 に指令して増減制御することで、ガス圧縮機 202a の吸込み側に導かれる下水汚泥消化ガス及び精製ガスの合計量が一定又は略一定となるようにしてガス圧縮機 202a, 202b を回転数制御器 203 に指令して予め設定された一定の負荷 (回転式のガス圧縮機の場合、一定の回転数) にて運転する制御を行うなどするものである。この制御装置 4 は、本実施形態ではプログラムされたコンピュータを有して構成されている。

【0036】

次に、制御装置 4 による消化ガス精製方法の手順の一例について、前記図 1 と図 2、及び図 3, 図 4 を参照して説明する。図 3, 図 4 は本発明の一実施形態による消化ガスの精製方法を説明するためのフローチャートである。

【0037】

まず、消化ガス精製装置 2 の運転起動時について説明すると、制御装置 4 は、精製ガス循環ライン L4 の精製ガス用流量調節弁 V2 に信号 S12 を与え、この精製ガス用流量調節弁 V2 の開度 D_2 を全開にし、消化ガス導出ライン L1 の消化ガス用流量調節弁 V1 に信号 S11 を与え、この消化ガス用流量調節弁 V1 の開度 D_1 を全閉にする。これにより、消化ガス精製装置 2 の吸収塔 204 内の圧力が所定値に上昇するまでは、精製ガスタンク 3 から精製ガスが精製ガス循環ライン L4 を通じて消化ガス精製装置 2 のガス圧縮機 202a の吸込み側に導かれる。こうすることで、ガス圧縮機 202a, 202b に十分に

精製ガスが導かれるので、運転起動時にガス圧縮機 202a の吸込み側配管内の圧力低下の発生をなくして、消化ガス精製装置 2 をスムーズに運転開始することができる。

【0038】

次に、消化ガス精製装置 2 の起動以後における制御の手順について説明する。初期設定として、ガス圧縮機 202a, 202b の回転数 $N = N_0$ が設定されるとともに、消化ガス精製装置 2 に導くガス中の精製ガス混合比率 $M = [(Q_2 / (Q_1 + Q_2)) \times 100\%]$ の上限値 M_H と下限値 M_L が設定される (Q_1 : 消化ガス導入量、 Q_2 : 精製ガス導入量)。

【0039】

この精製ガス混合比率 M の上限値 M_H は、精製ガス混合比率 M が上限値に達した場合 (精製ガス用流量調節弁 V_2 の開度 D_2 : 全開)、ガス圧縮機 202a, 202b の回転数 N を減じてその動力費を低減させるために設定しており、例えば、 $90 \sim 100\%$ ($[\text{上限値 } M_H : 100\%] = [\text{開度 } D_1 : \text{全閉}, \text{開度 } D_2 : \text{全開}]$) に設定される。また、下限値 M_L は、精製ガス混合比率 M が下限値に達した場合 (消化ガス用流量調節弁 V_1 の開度 D_1 : 全開)、ガス圧縮機 202a, 202b の回転数 N を増加させることにより、消化タンク 31A, 31B のガス圧力のより大きな増加変動に対して余剰消化ガスとして焼却処理する下水汚泥消化ガス量を減らすために設定しており、例えば、 $0 \sim 10\%$ ($[\text{下限値 } M_L : 0\%] = [\text{開度 } D_1 : \text{全開}, \text{開度 } D_2 : \text{全閉}]$) に設定される。

【0040】

まず、消化タンク 31A, 31B への濃縮汚泥投入時の制御について説明する。消化タンク 31A, 31B には濃縮汚泥が間欠的に投入されるようになっており、消化タンク 31A, 31B のガス圧力 P は、濃縮汚泥の投入に伴って変動し目標値 P_m より高くなるうとする。

【0041】

制御装置 4 は、ガス圧力計 1 からの消化タンク 31A, 31B のガス圧力を示す信号 S_1 を予め設定された所定時間間隔で読み込むようになっており、まず、ステップ 101 においてガス圧力計 1 によって測定される消化タンク 31A, 31B のガス圧力 P が目標値 P_m より大きいかが判定される。目標値 P_m は、予め設定された一定の値又は一定の範囲である。例えば、予め設定された一定の範囲の場合、目標値 P_m は $2 \sim 3 \text{ kPaG}$ である。

【0042】

消化タンク 31A, 31B への濃縮汚泥の投入に伴ってガス圧力 P が目標値 P_m より大きくなった場合 (ステップ 101 で YES)、ステップ 102 に進み、精製ガス混合比率 M が下限値 M_L より大きいことを確認 (ステップ 102 で YES) する。確認の後に、ステップ 103 で消化ガス用流量調節弁 V_1 の開度 D_1 が既に全開でなければ (ステップ 103 で NO)、ステップ 104 に進む。この場合 (ステップ 103 で NO)、精製ガス用流量調節弁 V_2 の開度 D_2 は全開の状態にある。そして、ステップ 104 において、消化タンク 31A, 31B のガス圧力 P を下げるために消化ガス精製装置 2 に導く消化ガス導入量 Q_1 を増加させるべく消化ガス用流量調節弁 V_1 に信号 S_{11} を与え、該弁 V_1 の開度 D_1 を所定値大きくする。この場合、ガス圧縮機 202a, 202b の回転数 N が一定であるので、消化ガス導入量 Q_1 の増加分だけ精製ガス導入量 Q_2 が減少して、ガス圧縮機 202a の吸込み側に導入される精製ガス含有消化ガスのガス量が一定又は略一定に維持される。このステップ 104 の後、ステップ 101 に戻る。

【0043】

そして、ガス圧力 P の変動の度合いによっては、再度、ステップ 102 → ステップ 103 → ステップ 104 が実行される。さらに、このステップ 102 → ステップ 103 → ステップ 104 の繰り返しにより、消化ガス用流量調節弁 V_1 の開度 D_1 が全開になった場合 (ステップ 103 で YES)、ステップ 105 に進む。そして、ステップ 105 において、消化タンク 31A, 31B のガス圧力 P を下げるために消化ガス精製装置 2 に導く消化ガス導入量 Q_1 を増加させるべく精製ガス用流量調節弁 V_2 に信号 S_{12} を与えて該弁 V_2

10

20

30

40

50

2の開度 D_2 を所定値小さくする。この場合、ガス圧縮機202a, 202bの回転数Nが一定であるので、精製ガス導入量 Q_2 の減少分だけ消化ガス導入量 Q_1 が増加して、ガス圧縮機202aの吸込み側に導入される精製ガス含有消化ガスのガス量が一定又は略一定に維持される。このステップ105の後、ステップ101に戻る。

【0044】

このように、消化タンク31A, 31Bのガス圧力Pが予め定められた目標値 P_m を超える場合には消化ガス精製装置2に導く消化ガス導入量 Q_1 を増加させるようにしているので、ガス圧力Pが下がり、ガス圧力Pは、目標値 P_m を満たすことになる。同時に、ガス圧縮機202a, 202bをその回転数Nを変更することなく予め設定された一定値にて運転することで、消化ガス導入量 Q_1 の増加分だけ精製ガス導入量 Q_2 が減少して、ガス圧縮機202aの吸込み側に導入される精製ガス含有消化ガスのガス量が一定又は略一定に維持される。よって、ガス圧力Pが目標値 P_m になるよう消化ガス導入量 Q_1 を増加させても、ガス圧縮機202a, 202bをその回転数Nを予め設定された一定値に維持して運転するようにしているので、吸収塔204内の圧力を予め設定された値(例えば、0.9MPaG)に維持することができ、下水汚泥消化ガスの精製を安定して行うことができる。なお、制御装置4は、吸収塔204内の圧力測定結果に基づいて吸収塔204内の圧力が予め設定された値となるように除湿器205出口の図示しない圧力調整弁の開度を調整する機能を備えている。

【0045】

次に、消化タンク31A, 31Bからの消化汚泥引抜き時の制御について説明する。消化タンク31A, 31Bの底部から消化汚泥が間欠的に引き抜かれるようになっており、消化タンク31A, 31Bのガス圧力Pは、消化汚泥の引抜きに伴って変動し目標値 P_m より下がろうとする。

【0046】

消化タンク31A, 31Bからの消化汚泥の引抜きに伴ってガス圧力Pが目標値 P_m より小さくなった場合(ステップ112でYES)、ステップ113に進み、精製ガス混合比率Mが上限値 M_H より小さいことを確認(ステップ113でYES)する。確認の後、ステップ114で精製ガス用流量調節弁V2の開度 D_2 が既に全開でなければ(ステップ114でNO)、ステップ115に進む。この場合(ステップ114でNO)、消化ガス用流量調節弁V1の開度 D_1 は全開の状態にある。そして、ステップ115において、消化タンク31A, 31Bのガス圧力Pを上げるために消化ガス精製装置2に導く消化ガス導入量 Q_1 を減少させるべく精製ガス用流量調節弁V2に信号S12を与え、該弁V2の開度 D_2 を所定値大きくする。この場合、ガス圧縮機202a, 202bの回転数Nが一定であるので、精製ガス導入量 Q_2 の増加分だけ消化ガス導入量 Q_1 が減少して、ガス圧縮機202aの吸込み側に導入される精製ガス含有消化ガスのガス量が一定又は略一定に維持される。このステップ115の後、ステップ101(ステップ112)に戻る。

【0047】

そして、ガス圧力Pの変動の度合いによっては、再度、ステップ113→ステップ114→ステップ115が実行される。さらに、このステップ113→ステップ114→ステップ115の繰り返しにより、精製ガス用流量調節弁V2の開度 D_2 が全開になった場合(ステップ114でYES)、ステップ116に進む。そして、ステップ116において、消化タンク31A, 31Bのガス圧力Pを上げるために消化ガス精製装置2に導く消化ガス導入量 Q_1 を減少させるべく消化ガス用流量調節弁V1に信号S11を与えて該弁V1の開度 D_1 を所定値小さくする。この場合、ガス圧縮機202a, 202bの回転数Nが一定であるので、消化ガス導入量 Q_1 の減少分だけ精製ガス導入量 Q_2 が増加して、ガス圧縮機202aの吸込み側に導入される精製ガス含有消化ガスのガス量が一定又は略一定に維持される。このステップ115の後、ステップ101(ステップ112)に戻る。

【0048】

このように、消化タンク31A, 31Bのガス圧力Pが予め定められた目標値 P_m を下回る場合には消化ガス精製装置2に導く消化ガス導入量 Q_1 を減少させるようにしている

ので、ガス圧力 P が上がり、ガス圧力 P は、目標値 P_m を満たすことになる。同時に、ガス圧縮機 202a, 202b をその回転数 N を変更することなく予め設定された一定値にて運転することで、消化ガス導入量 Q_1 の減少分だけ精製ガス導入量 Q_2 が増加して、ガス圧縮機 202a の吸込み側に導入される精製ガス含有消化ガスのガス量が一定又は略一定に維持される。よって、ガス圧力 P が目標値 P_m になるよう消化ガス導入量 Q_1 を減少させても、ガス圧縮機 202a, 202b をその回転数 N を予め設定された一定値に維持して運転するようにしているので、吸収塔 204 内の圧力を予め設定された値（例えば、0.9 MPaG）に維持することができ、下水汚泥消化ガスの精製を安定して行うことができる。

【0049】

10

次に、例えば濃縮汚泥の異例の大量投入などによって消化タンク 31A, 31B のガス圧力 P の上昇が通常の濃縮汚泥投入時よりも大幅に大きくなろうとする場合の制御について説明する。

【0050】

ステップ 105 を繰り返し実行してガス圧力 P を目標値 P_m に維持しようとする状態が続くと、それに伴ってしだいに精製ガス混合比率 M が下がってくる。そして、精製ガス混合比率 M がその下限値 M_L 以下となった場合（ステップ 102 で NO）、すなわち、消化ガス用流量調節弁 V_1 の開度 D_1 が全開で、かつ、これ以上に精製ガス用流量調節弁 V_2 の開度 D_2 を小さくすることで、消化ガス導入量 Q_1 を増加させることができなくなった場合には、ステップ 106 に進む。

20

【0051】

このステップ 106 においてガス圧縮機 202a, 202b の回転数 N がその上限値 N_{MAX} 以上でないことを確認（ステップ 106 で NO）した後、ステップ 107 で回転数制御器 203 に信号 S_{13} を与えてガス圧縮機 202a, 202b の回転数 N を所定回転数増加させる。

【0052】

次に、予め設定された所定時間が経過してからステップ 108 においてガス圧力 P が目標値 P_m 以下となったか否かが判定される。ガス圧縮機 202a, 202b の回転数 N を増加することによって消化ガス導入量 Q_1 を増加させることでガス圧力 P が目標値 P_m 以下となった場合（ステップ 108 で YES）、ステップ 101 に戻る。

30

【0053】

一方、ステップ 108 においてガス圧力 P が目標値 P_m を上回っている場合（ステップ 108 で NO）には、ステップ 106 → ステップ 107 → ステップ 108 が実行される。そして、ガス圧縮機 202a, 202b の回転数 N の増加を繰り返すことで回転数 N がその上限値 N_{MAX} 以上となった場合（ステップ 106 で YES）、ガス圧縮機 202a, 202b の回転数 N を増加させてもガス圧力 P を下げることができないと考えられるので、ステップ 109 に進む。

【0054】

このステップ 109 において余剰消化ガス制御弁 V_4 を信号 S_{14} によって開弁し、消化タンク 31A, 31B からの下水汚泥消化ガスを、ライン L_5 を通じて余剰ガス燃焼装置 21 に供給する。これによりガス圧力 P が目標値 P_m 以下となると（ステップ 110 で YES）、ステップ 111 で余剰消化ガス制御弁 V_4 を閉じる。

40

【0055】

このように、例えば濃縮汚泥の異例の大量投入などによって消化タンク 31A, 31B のガス圧力 P の上昇が通常の濃縮汚泥投入時よりも大幅に大きくなろうとする場合には、ガス圧縮機 202a, 202b の回転数 N を変更することなく予め設定された一定値のままで消化タンク 31A, 31B のガス圧力 P を目標値 P_m に維持することができる限り行われ、それ以後にガス圧縮機 202a, 202b の回転数 N を増加制御することでガス圧力 P が目標値 P_m に維持され、この回転数の増加制御でも対応できないときには、消化タンク 31A, 31B からの下水汚泥消化ガスが余剰ガス燃焼装置 21 に供給されて、消化

50

タンク 3 1 A , 3 1 B の安全確保が図られるようになっている。

【 0 0 5 6 】

次に、例えば消化汚泥の異例の大量引抜きなどによって消化タンク 3 1 A , 3 1 B のガス圧力 P の低下が通常の消化汚泥引抜き時よりも大幅に大きくなろうとする場合の制御について説明する。

【 0 0 5 7 】

ステップ 1 1 6 を繰り返し実行してガス圧力 P を目標値 P m に維持しようとする状態が続くと、それに伴ってしだいに精製ガス混合比率 M が大きくなっていく。そして、精製ガス混合比率 M がその上限値 M_H 以上となった場合（ステップ 1 1 3 で N O ）、すなわち、精製ガス用流量調節弁 V 2 の開度 D₂ が全開で、かつ、これ以上に消化ガス用流量調節弁 V 1 の開度 D₁ を絞ることで、消化ガス導入量 Q₁ を減少させることができなくなった場合には、ステップ 1 1 7 に進む。

10

【 0 0 5 8 】

このステップ 1 1 7 においてガス圧縮機 2 0 2 a , 2 0 2 b の回転数 N がその下限値 N_{M I N} 以下でないことを確認（ステップ 1 1 7 で N O ）した後、ステップ 1 1 8 で回転数制御器 2 0 3 に信号 S 1 3 を与えてガス圧縮機 2 0 2 a , 2 0 2 b の回転数 N を所定回転数減少させる。

【 0 0 5 9 】

次に、予め設定された所定時間が経過してからステップ 1 1 9 においてガス圧力 P が目標値 P m 以上となったか否かが判定される。ガス圧縮機 2 0 2 a , 2 0 2 b の回転数 N を減少することによって消化ガス導入量 Q₁ を減少させることでガス圧力 P が目標値 P m 以上となった場合（ステップ 1 1 9 で Y E S ）、ステップ 1 0 1 に戻る。

20

【 0 0 6 0 】

一方、ステップ 1 1 9 においてガス圧力 P が目標値 P m を下回っている場合（ステップ 1 1 9 で N O ）には、ステップ 1 1 7 → ステップ 1 1 8 → ステップ 1 1 9 が実行される。そして、ガス圧縮機 2 0 2 a , 2 0 2 b の回転数 N の減少を繰り返すことで回転数 N がその下限値 N_{M I N} 以下となった場合（ステップ 1 1 7 で Y E S ）、ステップ 1 2 0 に進み、ガス圧力 P が目標値 P m 以上に回復するまでこの状態が維持され、ガス圧力 P が目標値 P m 以上に回復することとなる。

【 0 0 6 1 】

30

このように、例えば消化汚泥の異例の大量引抜きなどによって消化タンク 3 1 A , 3 1 B のガス圧力 P の低下が通常の消化汚泥引抜き時よりも大幅に大きくなろうとする場合には、ガス圧縮機 2 0 2 a , 2 0 2 b の回転数 N を変更することなく予め設定された一定値のままで消化タンク 3 1 A , 3 1 B のガス圧力 P を目標値 P m に維持することができる限り行われ、それ以後にガス圧縮機 2 0 2 a , 2 0 2 b の回転数 N をその下限値 N_{M I N} に達するまでは減少制御することでガス圧力 P が目標値 P m に維持されるようになっている。

【 0 0 6 2 】

なお、前記の実施形態では有機性廃棄物として下水汚泥の場合について説明したが、本発明は、これに限定されるものではなく、例えば、生ゴミ、尿尿、家畜糞尿、化学工場や食品工場等からの有機性廃水、などの嫌気性消化（嫌気性発酵）が可能なものも有機性廃棄物として対象とすることができる。また、ガス圧縮機としては、前記実施形態では回転式のガス圧縮機を用いたが、これに限定されず、レシプロ式（往復式）やターボ式（遠心式）のものであってもよい。

40

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 6 3 】

【 図 1 】 本発明の一実施形態による消化ガスの精製方法を実施する消化ガス精製設備が備えられた消化ガス利用システムの全体構成を示すフロー図である。

【 図 2 】 図 1 における消化ガス精製装置の構成を示すフロー図である。

【 図 3 】 本発明の一実施形態による消化ガスの精製方法を説明するためのフローチャート

50

である。

【図 4】本発明の一実施形態による消化ガスの精製方法を説明するためのフローチャートである。

【図 5】従来技術を説明するための図であって、消化ガスを精製して精製メタンガスを得る消化ガス精製設備（バイオガス精製設備）の構成を示すフロー図である。

【符号の説明】

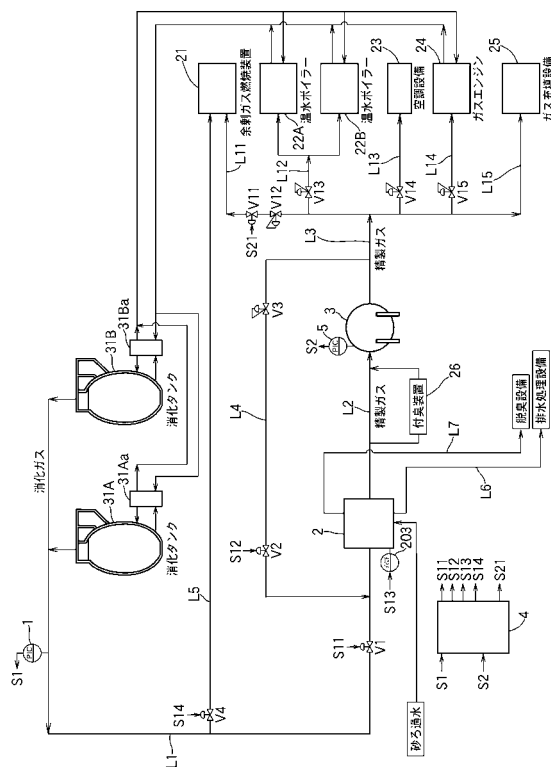
【 0 0 6 4 】

- 1, 5 ... ガス圧力計
- 2 ... 消化ガス精製装置
- 3 ... 精製ガスタンク
- 4 ... 制御装置
- 2 1 ... 余剰ガス燃焼装置
- 2 0 2 a, 2 0 2 b ... ガス圧縮機
- 2 0 3 ... 回転数制御器
- 2 0 4 ... 吸収塔
- 2 0 5 ... 除湿器
- 2 0 6 ... 給水槽
- 2 0 7 ... 水補給用ポンプ
- 2 0 8 ... 水循環用ポンプ
- 3 1 A, 3 1 B ... 消化タンク
- V 1 ... 消化ガス用流量調節弁
- V 2 ... 精製ガス用流量調節弁
- V 4 ... 余剰消化ガス制御弁
- L 1 ... 消化ガス導出ライン
- L 4 ... 精製ガス循環ライン

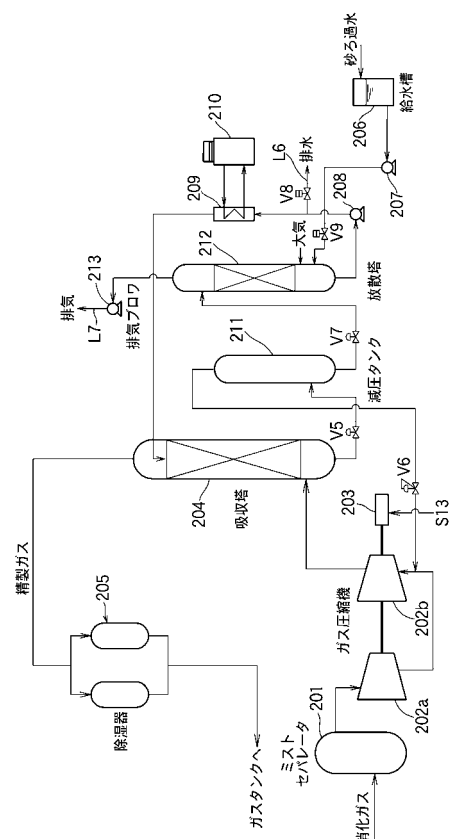
10

20

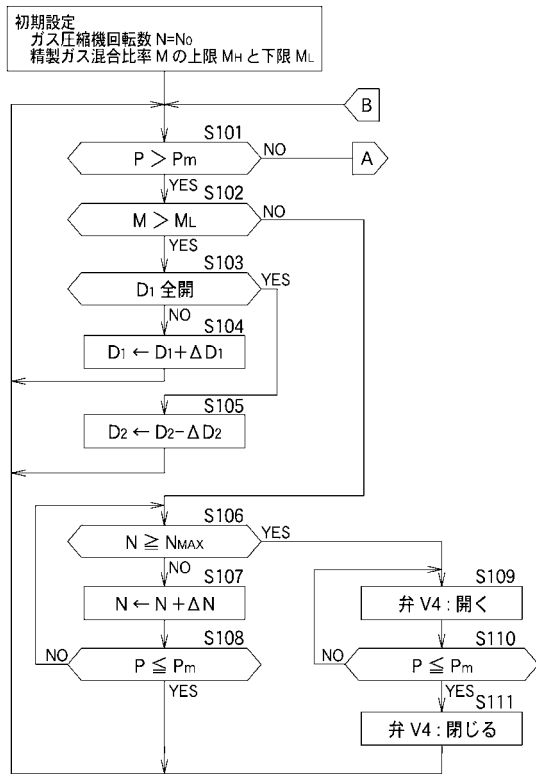
【図 1】



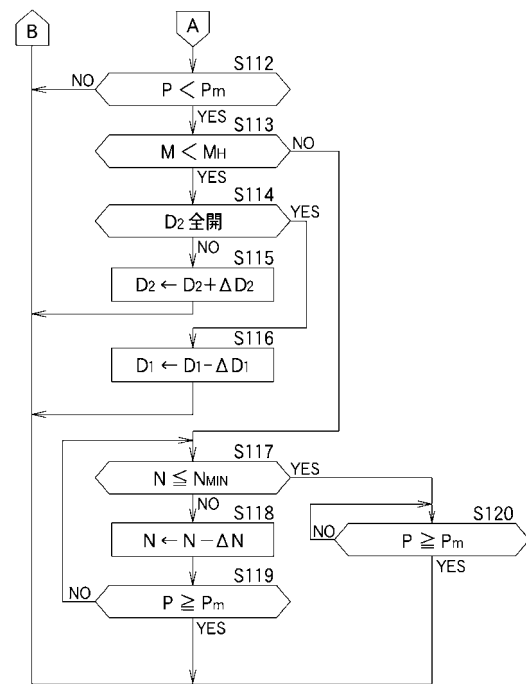
【図 2】



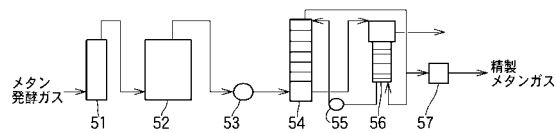
【図 3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

- (72)発明者 小西 章弘
兵庫県神戸市中央区加納町6丁目5番1号 神戸市役所内
- (72)発明者 寺岡 宏
兵庫県神戸市中央区加納町6丁目5番1号 神戸市役所内
- (72)発明者 木山 秀一
兵庫県神戸市中央区加納町6丁目5番1号 神戸市役所内
- (72)発明者 宮本 博司
兵庫県神戸市中央区脇浜町1丁目4番78号 株式会社神鋼環境ソリューション 本社内
- (72)発明者 小山 忠志
兵庫県神戸市中央区脇浜町1丁目4番78号 株式会社神鋼環境ソリューション 本社内
- (72)発明者 松本 勝生
兵庫県神戸市中央区脇浜町1丁目4番78号 株式会社神鋼環境ソリューション 本社内
- (72)発明者 豊久 志朗
兵庫県神戸市中央区脇浜町1丁目4番78号 株式会社神鋼環境ソリューション 本社内
- (72)発明者 丸山 智裕
兵庫県神戸市中央区脇浜町1丁目4番78号 株式会社神鋼環境ソリューション 本社内
- (72)発明者 吉ヶ江 武男
兵庫県神戸市中央区脇浜町1丁目4番78号 株式会社神鋼環境ソリューション 本社内

審査官 古妻 泰一

- (56)参考文献 特開2006-095512(JP,A)
特開2006-083156(JP,A)
特開2006-036849(JP,A)
特開2003-320221(JP,A)
特開2004-083542(JP,A)
特開2006-272160(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
C10L 3/10
C02F 11/04