

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第5112665号
(P5112665)

(45) 発行日 平成25年1月9日(2013.1.9)

(24) 登録日 平成24年10月19日(2012.10.19)

(51) Int.Cl.

F I

C 1 O L 3/10 (2006.01)

C 1 O L 3/00 Z A B B

C O 2 F 11/04 (2006.01)

C O 2 F 11/04 A

B O 1 D 53/14 (2006.01)

B O 1 D 53/14 C

請求項の数 5 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2006-240586 (P2006-240586)	(73) 特許権者	594087274
(22) 出願日	平成18年9月5日 (2006.9.5)		神戸市
(65) 公開番号	特開2008-63393 (P2008-63393A)		兵庫県神戸市中央区加納町6丁目5番1号
(43) 公開日	平成20年3月21日 (2008.3.21)	(73) 特許権者	301031392
審査請求日	平成21年7月31日 (2009.7.31)		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78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】 消化ガス利用システムにおける消化ガス精製方法およびその精製装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

有機物を消化槽内で加温して嫌気性発酵させることにより得られた消化ガスの、少なくとも前記消化槽加温用機器の燃料としての利用分を差し引いた一部または全量を精製し、この精製ガスを他用途の燃料として用いる消化ガス利用システムにおいて、昇圧された前記消化ガスと昇圧された吸収水とを吸収塔内において接触させることにより、前記消化ガスに含まれる二酸化炭素を吸収水に溶解させて前記消化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とともに、消化ガス精製系外から供給される給水水温が予め設定された25 以下の設定温度より低い時は、前記吸収塔から排出された吸収水を系外に排出させる一過式に、また、前記給水水温が前記設定温度より高い時は、前記吸収塔から排出され二酸化炭素を溶解した吸収水を放散塔に導入して溶解した二酸化炭素を除去して、この二酸化炭素が除去されて再生された吸収水を再昇圧して冷却した後前記吸収塔へ供給させる循環式に切り換えることを特徴とする消化ガス利用システムにおける消化ガス精製方法。

【請求項2】

昇圧された消化ガスと昇圧された吸収水とを接触させる前記吸収塔内において、前記消化ガスに含まれる二酸化炭素を吸収水に溶解させて前記消化ガスから分離した後、次いで、この二酸化炭素を溶解した吸収水を減圧タンクに導入することによって、減圧された前記吸収水に溶解されていたメタンガスを分離し、分離されたこのメタンを前記吸収塔前段において昇圧される前記消化ガスに還流させることを特徴とする請求項1記載の消化ガス

10

20

利用システムにおける消化ガス精製方法。

【請求項 3】

有機物を消化槽内で加温して嫌気性発酵させることにより得られた消化ガスの、少なくとも前記消化槽加温用機器の燃料としての利用分を差し引いた一部または全量を精製し、この精製ガスを他用途の燃料として用いる消化ガス利用システムにおいて、前記精製ガスを得る消化ガス精製装置が、前記消化ガスを昇圧する気体昇圧手段と、この消化ガスに含まれる二酸化炭素を吸収させる吸収水を昇圧する液体昇圧手段と、これらの昇圧手段によって昇圧された消化ガスと吸収水とを塔内において接触させることにより、前記消化ガスに含まれる二酸化炭素を前記吸収水に溶解させて前記消化ガスから分離させてメタンを高濃度化した精製ガスを得る吸収塔と、この二酸化炭素を溶解した吸収水を導入して溶解した二酸化炭素を除去する放散塔と、この消化ガス精製装置外から消化ガス精製装置に供給される給水流路とを備えるとともに、前記吸収塔から抜き出された吸収水を前記放散塔を介して吸収塔へ循環させる循環流路と、前記吸収水を系外に排水する排水流路と、これら循環流路と排水流路とを切り換えるため前記放散塔の一次側もしくは二次側に設けられた第 1 流路切換手段と、前記吸収水を昇圧する液体昇圧手段の吸込側流路にあって、前記二酸化炭素の除去された吸収水の循環流路と、系外から供給される給水流路とを切り換えるため前記放散塔の二次側に設けられた第 2 流路切換手段と、前記循環流路にあってこの吸収水を冷却するための冷却器と、この消化ガス精製装置外から消化ガス精製装置に供給される給水流路にあってこの給水の水温を検出する給水温検出器と、検出された前記給水水温を予め設定された 25 以下の設定温度と比較する演算回路と前記第 1 および第 2 流路切換手段を制御する制御回路とを内蔵する制御器とを設け、この制御器によって、前記給水水温が前記設定温度より低い時は、前記第 1 流路切換手段を前記排水流路側に、かつ第 2 流路切換手段を前記給水流路側に、また、前記給水水温が前記設定温度より高い時は、前記第 1 および第 2 流路切換手段を前記循環流路側に切り換えるよう構成したことを特徴とする消化ガス利用システムにおける消化ガス精製装置。

10

20

【請求項 4】

前記吸収塔から拔出された吸収水を循環させる循環流路に、前記吸収水に溶解されたメタンガスを分離する減圧タンクを介設し、この分離されたガスを前記吸収塔前段において昇圧される前記気体昇圧手段に還流させる還流流路を設けるよう構成したことを特徴とする請求項 3 記載の消化ガス利用システムにおける消化ガス精製装置。

30

【請求項 5】

前記第 1 流路切換手段および第 2 流路切換手段が三方弁であることを特徴とする請求項 3 または 4 記載の消化ガス利用システムにおける消化ガス精製装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、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得られる消化ガスの、少なくとも前記消化槽を加温するための加温用機器の燃料としての利用分を差し引いた一部または全量を精製するとともに、この精製ガスを燃料として用いる消化ガス利用システムにおける消化ガス精製方法およびその精製装置に関するものである。

40

【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消化ガスを発生させて、この消化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。

【0003】

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・ニッポン総合戦略」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。

50

【 0 0 0 4 】

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％、二酸化炭素：約 40 容量％）、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。

【 0 0 0 5 】

消化ガス中に含まれる前記不純物やシロキサン化合物を同時に除去した精製ガスを得る方法として、本発明者等は、メタン、二酸化炭素およびシロキサン化合物を含有する原ガスと、水とを 0.55 ～ 2.0 MPa の範囲を満たす高圧状態で接触させることにより、前記二酸化炭素を高圧水に溶解させて前記原ガスから分離するとともに、前記シロキサン化合物を凝縮させて前記原ガスから分離して、前記メタンを高濃度化した精製ガスを得る、いわゆる高圧水吸収法を既に提案している（特許文献 1 参照）。

10

【 0 0 0 6 】

更に、本発明者等は、この高圧水吸収法において、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定められた略一定の設定値となるように前記原ガスを昇圧する圧縮機の回転数を増減制御するバイオガスの精製方法およびバイオガス精製設備を提案した（特許文献 2 参照）。

【 0 0 0 7 】

図 5 は、上記従来技術（特許文献 2）に係る消化ガス精製装置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装置の構成を示すフロー図である。以下、この図 5 を用いて、従来技術（特許文献 2）に係る消化ガス精製装置を詳細に説明する。

20

【 0 0 0 8 】

図 5 に示す消化ガス精製装置において、原ガスである消化ガスは、ミストセパレータ 401 によってガス中のミスト、ダストが除去された後、直列接続されたガス圧縮機 402 a, 402 b によって大気圧より高い所定の圧力まで昇圧され、吸収塔 404 の下部に導入される。一方、この吸収塔 404 には、その上部から水が吸収水ポンプ 408 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 0 9 】

このように、吸収塔 404 内を高圧状態に保持し、吸収塔 404 内において前記消化ガスと水とを高圧状態で接触させることにより、前記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 404 の頂部から取り出される。

30

【 0 0 1 0 】

また同時に、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 404 の底部に溜まることになる。

【 0 0 1 1 】

このように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 404 の底部から抜き出されて、弁 V10 を介して減圧タンク 411 に導入される。そして、減圧タンク 411 において吸収水にわずかに溶解していた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 411 の底部から弁 V12 を介して放散塔 412 の上部に導入される。

40

【 0 0 1 2 】

この放散塔 412 においては、減圧タンク 411 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 413 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 411 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 412 の頂部から排出され、必要に応じて流路 L14 を経て脱臭設備へ導かれる。

50

【 0 0 1 3 】

そして、溶解していたガスが除去されて再生された吸収水は、放散塔 4 1 2 の底部から抜き出され、吸収水ポンプ 4 0 8 にて昇圧され、熱交換器 4 0 9 にてチラー 4 1 0 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 4 0 4 の上部に循環して給水される。

【 0 0 1 4 】

一方、吸収塔 4 0 4 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 4 0 5 に送られる。除湿器 4 0 5 による除湿の目的は、精製ガスを燃料として使用（利用）するときの圧力においても結露することがないようにするためである。

【特許文献 1】特開 2 0 0 6 - 8 3 1 5 6 号公報

10

【特許文献 2】特開 2 0 0 6 - 9 5 5 1 2 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 1 5 】

ところが、前述した従来例（特許文献 2）に係る消化ガス精製装置を、消化槽内で加温されつつ嫌気性発酵させることにより得られた消化ガスの、少なくとも前記消化槽加温用機器の燃料としての利用分を差し引いた一部または全量を消化ガス精製装置により精製し、この精製ガスを他用途の燃料として用いる消化ガス利用システムに適用した場合は、次のような問題点を有している。

【 0 0 1 6 】

20

即ち、前記吸収塔 4 0 4 から排出される吸収水を、減圧タンク 4 1 1、放散塔 4 1 2 を経て吸収塔 4 0 4 へ循環させる上記従来例においては、前記吸収塔 4 0 4 に供給される高圧水は、前記熱交換器 4 0 9 にてチラー 4 1 0 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供給されている。

【 0 0 1 7 】

二酸化炭素の水への溶解度は水温が低いほど大きいため、前記吸収水を冷却することによって吸収塔での二酸化炭素除去率を向上できる。しかしながら、このような循環式は、チラー 4 1 0 で電力を消費するため、低負荷運転時では、処理ガス単位量当たりの運転コストが高くなるという問題点がある。

【 0 0 1 8 】

30

外気温が低下する冬季には、前記消化槽加温用機器の燃料としての消化ガス使用量が増加するため、消化ガス精製装置に供給できる消化ガス量が低下し、消化ガス精製装置の運転が低負荷運転となるので、処理ガス単位量当たりの運転コストが高くなることになる。

【 0 0 1 9 】

また、吸収塔から抜出した吸収水を再生させることなく系外に排出する一過式において、吸収水に下水処理水等の溶存気体を多く含む水を使用した場合、吸収塔において吸収水が二酸化炭素を溶解する一方で、溶存気体を放出する。吸収水温度が高いほど二酸化炭素の溶解度が低くなるため、二酸化炭素を一定量吸収させるためには多くの吸収水量が必要となる。

【 0 0 2 0 】

40

その一方で、吸収水量が多いほど吸収塔内で吸収水中から精製ガス側に移行する溶存気体量も増加する。その結果、一過式で吸収水温度が高い場合、得られる精製ガスのメタン濃度を一定（例えば 9 7 容量 % 以上）に維持することが困難となるという問題点もある。

【 0 0 2 1 】

従って、本発明の目的は、有機性廃棄物を嫌気性発酵させることで得られる消化ガスの、少なくとも前記消化槽加温用機器の燃料としての利用分を差し引いた一部または全量を精製し、この精製ガスを他用途の燃料として用いる消化ガス利用システムにおいて、年間を通じて低コストに、かつ得られる精製ガスのメタン濃度を一定に維持することが可能な消化ガス精製方法およびその精製装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

50

【 0 0 2 2 】

前記目的を達成するために、本発明の請求項 1 に係る消化ガス利用システムにおける消化ガス精製方法が採用した手段は、有機物を消化槽内で加温して嫌気性発酵させることにより得られた消化ガスの、少なくとも前記消化槽加温用機器の燃料としての利用分を差し引いた一部または全量を精製し、この精製ガスを他用途の燃料として用いる消化ガス利用システムにおける前記消化ガス精製方法に関する。

【 0 0 2 3 】

同時に、この消化ガス精製方法は、昇圧された前記消化ガスと昇圧された吸収水とを吸収塔内において接触させることにより、前記消化ガスに含まれる二酸化炭素を吸収水に溶解させて前記消化ガスから分離した後、この二酸化炭素を溶解した吸収水を放散塔に導入して溶解した二酸化炭素を除去して、この二酸化炭素の除去された吸収水を再昇圧して前記吸収塔へ供給させつつ、前記吸収塔より高圧水吸収法によってメタンを高濃度化した精製ガスを得る方法に関するものである。

10

【 0 0 2 4 】

そして、消化ガス利用システムにおけるこの消化ガス精製方法は、前記消化ガス精製系外から供給される給水水温が予め設定された 25 以下の設定温度より低い時は、前記吸収塔から排出された吸収水を系外に排水させる一過式に、また、前記給水水温が前記設定温度より高い時は、前記吸収水を冷却した後前記吸収塔へ供給させる循環式に切り換えることを特徴とするものである。

【 0 0 2 5 】

20

本発明の請求項 2 に係る消化ガス利用システムにおける消化ガス精製方法が採用した手段は、請求項 1 記載の消化ガス利用システムにおける消化ガス精製方法において、昇圧された消化ガスと昇圧された吸収水とを接触させる前記吸収塔内において、前記消化ガスに含まれる二酸化炭素を吸収水に溶解させて前記消化ガスから分離した後、次いで、この二酸化炭素を溶解した吸収水を減圧タンクに導入することによって、減圧された前記吸収水に溶解されたメタンガスを分離し、分離されたこのメタンを前記吸収塔前段において昇圧される前記消化ガスに還流させることを特徴とするものである。

【 0 0 2 6 】

本発明の請求項 3 に係る消化ガス利用システムにおける消化ガス精製装置が採用した手段は、有機物を消化槽内で加温して嫌気性発酵させることにより得られた消化ガスの、少なくとも前記消化槽加温用機器の燃料としての利用分を差し引いた一部または全量を精製し、この精製ガスを他用途の燃料として用いる消化ガス利用システムにおいて、前記精製ガスを得る消化ガス精製装置に関するものである。

30

【 0 0 2 7 】

同時に、この消化ガス精製装置は、前記消化ガスを昇圧する気体昇圧手段と、この消化ガスを吸収させる吸収水を昇圧する液体昇圧手段と、これらの昇圧手段によって昇圧された消化ガスと吸収水とを塔内において接触させることにより、前記消化ガスに含まれる二酸化炭素を前記吸収水に溶解させて前記消化ガスから分離させてメタンを高濃度化した精製ガスを得る吸収塔と、この二酸化炭素を溶解した吸収水を導入して溶解した二酸化炭素を除去する放散塔と、この消化ガス精製装置外から消化ガス精製装置に供給される給水流路とを備えている。

40

【 0 0 2 8 】

そして、前記吸収塔から抜き出された吸収水の流路にあって、前記吸収塔から抜き出された吸収水を前記放散塔を介して吸収塔へ循環させる循環流路と、前記吸収水を系外に排水する排水流路と、これら循環流路と排水流路とを切り換えるため前記放散塔の一次側もしくは二次側に設けられた第 1 流路切換手段と、前記吸収水を昇圧する液体昇圧手段の吸込側流路にあって、前記二酸化炭素の除去された吸収水の循環流路と、系外から供給される給水流路とを切り換えるため前記放散塔の二次側に設けられた第 2 流路切換手段と、前記循環流路にあってこの吸収水を冷却するための冷却器と、この消化ガス精製装置外から消化ガス精製装置に供給される給水流路にあってこの給水の水温を検出する給水温検出器

50

とが設けられている。

【 0 0 2 9 】

更に、この消化ガス精製装置は、検出された前記給水水温を予め設定された 25 以下の設定温度と比較する演算回路と前記第 1 および第 2 流路切換手段を制御する制御回路とを内蔵する制御器とを設け、この制御器によって、前記給水水温が前記設定温度より低い時は、前記第 1 流路切換手段を前記排水流路側に、かつ第 2 流路切換手段を前記給水流路側に、また、前記給水水温が前記設定温度より高い時は、前記第 1 および第 2 流路切換手段を前記循環流路側に切り換えるよう構成したことを特徴とするものである。

【 0 0 3 0 】

本発明の請求項 4 に係る消化ガス利用システムにおける消化ガス精製装置が採用した手段は、請求項 3 記載の消化ガス利用システムにおける消化ガス精製装置において、前記吸収塔から抽出された吸収水を循環させる循環流路に、前記吸収水に溶解されたメタンガスを分離する減圧タンクを介設し、この分離されたガスを前記吸収塔前段において昇圧される前記気体昇圧手段に還流させる還流流路を設けたものである。

【 0 0 3 1 】

本発明の請求項 5 に係る消化ガス利用システムにおける消化ガス精製装置が採用した手段は、請求項 3 または 4 記載の消化ガス利用システムにおける消化ガス精製装置において、前記第 1 流路切換手段および第 2 流路切換手段が三方弁であることを特徴とするものである。

【 発明の効果 】

【 0 0 3 2 】

本発明の請求項 1 に係る消化ガス利用システムにおける消化ガス精製方法は、前記吸収塔より高圧水吸収法によってメタンを高濃度化した精製ガスを得るとともに、前記消化ガス精製系外から供給される給水水温が低い時期では、前記吸収塔から排出された吸収水を系外に排水させる一過式に、また、前記給水水温が高い時期では、前記吸収水を溶解していた二酸化炭素を除去して再生させ、冷却した後前記吸収塔へ供給させる循環式に切り換えるので、年間を通して前記消化ガスを低コストに精製し、かつ得られる精製ガスのメタン濃度を一定に維持することが可能となる。

【 0 0 3 3 】

また、本発明の請求項 2 に係る消化ガス利用システムにおける消化ガス精製方法は、前記吸収塔内において、前記消化ガスに含まれる二酸化炭素を吸収水に溶解させて前記消化ガスから分離した後、次いで、この二酸化炭素を溶解した吸収水を減圧タンクに導入することによって、減圧された前記吸収水に溶解されていたメタンガスを分離し、分離されたこのメタンを前記吸収塔前段において昇圧される前記消化ガスに還流させるので、前記吸収水に溶解されたメタンを再度回収してメタンの回収率の向上が図られる。

【 0 0 3 4 】

更に、本発明の請求項 3 に係る消化ガス利用システムにおける消化ガス精製装置は、前記吸収塔から抜き出された吸収水を前記放散塔を介して吸収塔へ循環させる循環流路と、前記吸収水を系外に排水する排水流路と、これら循環流路と排水流路とを切り換えるため前記放散塔の一次側もしくは二次側に設けられた第 1 流路切換手段と、前記吸収水を昇圧する液体昇圧手段の吸込側流路にあって、前記二酸化炭素の除去された吸収水の循環流路と、系外から供給される給水流路とを切り換えるため前記放散塔の二次側に設けられた第 2 流路切換手段と、前記吸収水を冷却するための冷却器と、給水の水温を検出する給水温検出器とを備えてなる。

【 0 0 3 5 】

同時に、検出された前記給水水温を予め設定された設定温度と比較する演算回路と前記第 1 および第 2 流路切換手段を制御する制御回路とを内蔵する制御器とを設け、この制御器によって、前記給水水温が前記設定温度より低い時は、前記第 1 流路切換手段を前記排水流路側に、前記第 2 流路切換手段を前記給水流路側に、また、前記給水水温が前記設定温度より高い時は、前記第 1 および第 2 流路切換手段を前記循環流路側に切り換えるよう構

10

20

30

40

50

成したので、前記一過式と循環式とが予め設定された設定温度により自動切換え可能となる。

【0036】

また更に、本発明の請求項4に係る消化ガス利用システムにおける消化ガス精製装置は、前記吸収塔から拔出された吸収水を循環させる循環流路に、前記吸収水に溶解されたメタンガスを分離する減圧タンクを介設し、この分離されたガスを前記気体昇圧手段に還流させる還流流路を設けるよう構成したので、前記吸収水中のメタンの再回収を図るとともに前記流路切り換えの自動化により、年間を通して連続的な低コストかつ精製ガスのメタン濃度を一定に維持した運転ができる。

【0037】

本発明の請求項5に係る消化ガス利用システムにおける消化ガス精製装置は、前記第1流路切換手段および第2流路切換手段が三方弁であるので、流路切り換えの自動化を確実に具現可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0038】

以下、添付図面を参照しながら本発明の実施形態について説明する。図1および図2は、本発明の実施形態1に係る消化ガス精製方法およびその精製装置が適用される消化ガス利用システムの全体構成例を示すフロー図である。また、図3は、図1および図2に例示した消化ガス利用システムにおける消化ガス精製方法とその精製装置の実施の形態1を説明するためのフロー図である。

【0039】

この実施形態1においては、消化ガス精製設備は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槽1と、この消化槽1から発生した消化ガスを脱硫する脱硫塔2と、脱硫された消化ガスを一時貯蔵するガスホルダー3と、このガスホルダー3から供給された消化ガスを精製するための消化ガス精製装置4とを備えている。

【0040】

また、上記消化ガス精製設備を構成する消化ガス精製装置4は、脱硫塔2とガスホルダー3とを介して消化ガスを供給される必要性はなく、図2に示すように、消化槽1から発生した原料消化ガスを直接供給されて精製するよう構成しても良い。あるいは、図1および図2に示す前記脱硫塔2とガスホルダー3は無くても良い。

【0041】

そして、このような消化ガス精製設備と次に述べる消化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いる。即ち、前記消化ガス消費設備は、消化槽加温用機器である温水ボイラー5と、余剰ガス利用装置6と、例えばガスエンジン（コージェネレーションシステム）やガス充填設備（天然ガススタンド）からなる精製ガス利用装置9とを備えて構成されている。

【0042】

そして、例えば、図1や図2に例示した消化ガス利用システムにおいては、前記消化槽1内で加温して嫌気性発酵させることにより得られた消化ガスの全量を精製するのではなく、脱硫塔2により脱硫処理した前記消化ガスは一旦ガスホルダー3へ貯蔵される。同時に、このガスホルダー3から供給される前記消化ガスの一部は、消化槽加温用機器としての温水ボイラー5の燃料として利用され、この温水ボイラー5によって加温された温水を熱交換器7へ送り、前記消化槽1の加熱ジャケットに封入された熱媒の加温源として使用している。

【0043】

更に、前記消化ガスの他の一部は上述の余剰ガス利用装置6の燃料として利用され、残りの消化ガスを、消化ガス精製装置4によって精製するような消化ガス利用システムを構成している。前記消化ガス精製装置4は、図1に示す如く脱硫後の消化ガスをガスホルダー3から流路L1を経て供給され、あるいはまた、図2に示す如く脱硫前の消化ガスを流路L1を経て直接供給される。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 4 】

そして、この消化ガス精製装置 4 によって高濃度のメタンとして精製された後、夫々の流路 L 2 を経て精製ガスタンク 8 へ供給するよう接続されている。本発明に係る消化ガス精製方法およびその精製装置は、このような消化ガス利用システムにおける消化ガス精製方法およびその精製装置 4 に関するものである。

【 0 0 4 5 】

次に、本発明の実施形態 1 に係る消化ガス精製方法およびその精製装置 4 について、図 3 を用いて説明する。この消化ガス精製装置 4 において、消化ガスは前記ガスホルダーまたは消化槽から流路 L 1 を経て供給され、ミストセパレータ 4 0 1 によってガス中のミスト（水滴）、ダストが除去された後、直列接続された気体昇圧手段であるガス圧縮機 4 0 2 a , 4 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。

10

【 0 0 4 6 】

前記ガス圧縮機 4 0 2 a , 4 0 2 b によって昇圧された消化ガスは、吸収塔 4 0 4 の下部に導入される。一方、吸収塔 4 0 4 には、その上部から水が液体昇圧手段である吸収水ポンプ 4 0 8 によって昇圧された状態で、後述するように循環供給されるようになっている。

【 0 0 4 7 】

このように、気体昇圧手段であるガス圧縮機 4 0 2 a , 4 0 2 b により消化ガスを昇圧して吸収塔 4 0 4 内へその下部より送り込むとともに、液体昇圧手段である吸収水ポンプ 4 0 8 により水を昇圧して吸収塔 4 0 4 内へその上部より送り込むことにより、吸収塔 4 0 4 内を 0 . 5 5 ~ 2 . 0 M P a G の範囲を満たす高圧状態に保持し、吸収塔 4 0 4 内において消化ガスと水とを前記圧力範囲を満たす高圧状態で接触させるようにしている。尚、吸収塔 4 0 4 内には、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。

20

【 0 0 4 8 】

このように、吸収塔 4 0 4 内を 0 . 5 5 ~ 2 . 0 M P a G の範囲を満たす高圧状態に保持し、吸収塔 4 0 4 内において前記消化ガスと水とを前記圧力範囲を満たす高圧状態で接触させることにより、前記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 4 0 4 の頂部から取り出される。

30

【 0 0 4 9 】

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 4 0 4 の底部に溜まることになる。

【 0 0 5 0 】

このように、下水汚泥消化ガスを精製するに際し、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好ましい。この範囲より低圧力雰囲気では、二酸化炭素、硫黄系不純物（ H_2S 等）、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二酸化炭素、硫黄系不純物（ H_2S 等）、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。尚、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、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。

40

【 0 0 5 1 】

このように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 4 0 4 の底部から吸収水として排出され、弁 V 1 0 を介して放散塔 4 1 2 の上部に導入される。

【 0 0 5 2 】

ここで、前記吸収塔 4 0 4 から抜き出され、弁 V 1 0 を介して前記放散塔 4 1 2 へ導入される吸収水の流路は、放散塔 4 1 2 一次側において、この吸収水を、放散塔 4 1 2 を経

50

て吸収塔 404 へ循環させる循環流路 L15a と、前記吸収水を系外に排水する排水流路 L16 とに分岐されている。この分岐流路に、これら循環流路 L15a と排水流路 L16 とを切り換えるため第 1 流路切換手段 421 が設けられ、後述するような条件によって流路を切り換えるよう構成されている。

【0053】

そして、前記放散塔 412 において、吸収塔 404 から抜き出され循環流路 L15a を通過した吸収水は、上部から導入される一方、下部からは排気ブロウ 413 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、吸収塔から抜き出された吸収水に含まれていた二酸化炭素、硫黄系不純物およびシロキサン化合物は放散用ガス側に移行し、放散用ガスとともに放散塔 412 の頂部から排出され、流路 L14 を経て必要に応じて脱臭設備へ導かれる。

10

【0054】

同時に、前記放散塔 412 内で二酸化炭素等を除去されて再生された吸収水は、放散塔 412 の底部から抜き出される。この吸収水流路は、前記吸収水を液体昇圧手段である吸収水ポンプ 408 により再昇圧して、前記吸収塔 404 へ供給させる循環流路 L15b と、系外から吸収水を供給するための給水流路 L17a とに分岐されている。この分岐流路に、これら循環流路 L15b と給水流路 L17a とを切り換えるため第 2 流路切換手段 422 が設けられ、後述するような条件によって流路を切り換えるよう構成されている。

【0055】

前記第 2 流路切換手段 422 が循環流路 L15b 側に切り換えられた場合は、吸収水は液体昇圧手段である吸収水ポンプ 408 により再昇圧され、循環流路 L15c, L15d を経て吸収塔 404 へ供給される。また、給水流路 L17a 側に切り換えられた場合は、給水ポンプ 407 によって給水槽 406 から吸収水が補給され、液体昇圧手段である吸収水ポンプ 408 により昇圧されて、循環流路 L15c, L15d を経て吸収塔 404 へ供給される。

20

【0056】

尚、前記第 1 流路切換手段 421 は、放散塔 412 一次側の循環流路 L15a に設けた例で示したが、放散塔 412 二次側の循環流路 L15b 上の第 2 流路切換手段 422 前段に設けても良い。

【0057】

一方、吸収水をこの消化ガス精製装置外から供給するための給水槽 406 には、給水の水温を検出するための給水温検出器 424 が設けられている。そして、前記給水温検出器 424 によって検出された給水水温が、図示しない制御器内の演算回路に予め設定された設定温度より低い場合は、前記制御器の指令信号により前記第 1 流路切換手段 421 を作動させ、前記吸収水を排水流路 L16 から系外へ排水させるとともに、前記第 2 流路切換手段を作動させ、吸収水を消化ガス精製系外からの給水に切り換える（一過式）。

30

【0058】

前記設定温度としては、例えば 25 とするのが好ましく、20 とするのが更に好ましい。この理由は、吸収水温度と精製ガスメタン濃度に関する実験データから、精製ガスメタン濃度は、吸収水温度が 25 のとき概ね 97 容量% 以上であり、吸収水温度が 20 のとき概ね 98 容量% 以上であるからである。

40

【0059】

また逆に、前記給水温検出器 424 によって検出された給水水温が前記設定温度を越える場合は、前記制御器の指令信号により前記第 1 流路切換手段 421 および第 2 流路切換手段 422 を作動させ、前記吸収水は、夫々循環流路 L15a および L15b 側に切り換えられて吸収水ポンプ 408 に導入される。

【0060】

そして、前記吸収水は、この吸収水ポンプ 408 により昇圧されて循環流路 L15c から冷却器 414 へ至り、この冷却器 414 を構成する熱交換器 409 とチラー 410 によって、熱交換器 409 にてチラー 410 からのブラインとの間で熱交換して所定の温度ま

50

で冷却された後、循環流路 L 1 5 d を経て吸収塔 4 0 4 の上部に供給される（循環式）。

【 0 0 6 1 】

上記において、吸収塔 4 0 4 に供給される吸収水の品質を維持するために、定期的に弁 V 1 3 を開弁することが望ましい。これによって吸収水を一部抜き出し、抜き出された水は、流路 L 1 3 を経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吸収水量が所定量以下になった場合は、給水ポンプ 4 0 7 により給水流路 L 1 7 b 上の弁 V 1 4 を開弁して不足分の水を給水槽 4 0 6 から補給する。

【 0 0 6 2 】

このとき用いられる水としては、下水等の排水を処理して得られる処理水が挙げられ、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。なお、水道水、あるいは井水を利用することも可能である。

10

【 0 0 6 3 】

一方、吸収塔 4 0 4 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 4 0 5 に送られる。除湿器 4 0 5 は、この実施形態では圧力スイング吸着法（P S A 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 4 0 5 による除湿の目的は、精製ガスを燃料として使用（利用）するときの圧力においても結露することがないようにするためである。

【 0 0 6 4 】

吸収塔 4 0 4 から取り出された精製ガスの圧力は、例えば 0 . 9 M P a G であり（吸収塔 4 0 4 内の圧力が 0 . 9 M P a G 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 1 9 . 6 M P a G 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 - 6 0 以下、より好ましくは - 7 0 以下、特に好ましくは - 8 0 以下となるように、除湿器 4 0 5 による除湿が施される。

20

【 0 0 6 5 】

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 4 0 5 によって除湿された精製ガスが、流路 L 2 を経て図 1 または図 2 に示した精製ガスタンク 8 に送られるようになっている。

【 0 0 6 6 】

以上の如く、本発明の実施の形態 1 に係る消化ガス利用システムにおける消化ガス精製方法およびその精製装置は、吸収塔より高圧水吸収法によってメタンを高濃度化した精製ガスを得るとともに、前記消化ガス精製系外から供給される給水水温が低い時期では、前記吸収塔から排出された吸収水を系外に排水させる前記一過式に、また、前記給水水温が高い時期では、前記給水を冷却した後前記吸収塔へ供給させる前記循環式に切り換える消化ガス精製方法およびその精製装置であるので、気温の低い時は消化ガス精製装置に供給可能な消化ガス量が少ないため一過式に切り換え、年間を通して前記消化ガスを低コストに精製し、かつ得られる精製ガスのメタン濃度を一定に維持することが可能となる。

30

【 0 0 6 7 】

次に、本発明の実施の形態 2 に係る消化ガス利用システムにおける消化ガス精製方法およびその精製装置を、図 4 を参照しながら以下説明する。図 4 は、図 1 および図 2 に例示した消化ガス利用システムにおける消化ガス精製方法とその精製装置の実施の形態 2 を説明するためのフロー図である。

40

【 0 0 6 8 】

尚、本発明の実施の形態 2 が上記実施の形態 1 と相違するところは、前記吸収塔 4 0 4 から排出される吸収水を減圧タンク 4 1 1 にて後処理する所に相違があり、その他は同構成であるから、上記実施の形態 1 と同一のものに同一符号を付して、その相違する点について以下説明する。

【 0 0 6 9 】

即ち、本発明の実施の形態 2 に係る消化ガス利用システムにおける消化ガス精製方法およびその精製装置は、図 4 のフロー図に示す如く、二酸化炭素を溶解した吸収水は、吸収

50

塔 4 0 4 の底部から抜き出された後、弁 V 1 0 を介して減圧タンク 4 1 1 に導入される。この減圧タンク 4 1 1 内の圧力は、吸収塔 4 0 4 内に比べて減圧されている。

【 0 0 7 0 】

そして、メタン回収率を高める目的で、吸収塔 4 0 4 の底部から抜き出された吸収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 4 1 1 の頂部から弁 V 1 1 を介して、気体昇圧手段を構成するガス圧縮機 4 0 2 a , 4 0 2 b の中間段に戻されて、前記ガス圧縮機 4 0 2 a からの消化ガスに合流される、即ち、吸収塔前段において昇圧される消化ガスに還流させるようになっている。一方、このメタンが分離回収され、二酸化炭素、硫黄系不純物 (H_2S 等) が溶解し減圧された吸収水は、減圧タンク 4 1 1 の底部から弁 V 1 2 を介して第 1 流路切換手段 4 2 1 へ至る (第 1 流路切換手段 4 2 1 が放散塔 4 1 2 二次側に設けられている場合は、放散塔 4 1 2 へ至る)。

10

【 0 0 7 1 】

そして、前記給水温検出器 4 2 4 によって検出された給水水温の温度信号が制御器に送信され、この制御器に内蔵された演算回路により、前記給水水温が予め設定された設定温度より低い場合は、前記制御器の指令信号により前記第 1 流路切換手段 4 2 1 を作動させ、前記吸収水を排水流路 L 1 6 から系外へ排出させるとともに、前記第 2 流路切換手段 4 2 2 を作動させて吸収水を系外からの給水に切り換える (一過式)。前記排水流路 L 1 6 から系外へ排出された吸収水は、気液分離槽 4 2 5 において気液分離され、分離された気体は排気流路 L 1 8 より排気され、液体は排水流路 L 1 9 より排水される。

【 0 0 7 2 】

20

一方、前記給水水温が予め設定された前記設定温度を越える場合は、前記制御器の指令信号により第 1 流路切換手段 4 2 1 を作動させ、前記吸収水を放散塔 4 1 2 の上部に導入する循環流路 L 1 5 a 側に切り換えるとともに、前記第 2 流路切換手段 4 2 2 を作動させて、最終的には循環流路 L 1 5 b , L 1 5 c , L 1 5 d を経て吸収塔 4 0 4 へ供給する吸収水を前記放散塔 4 1 2 で再生された吸収水に切り換える (循環式)。

【 0 0 7 3 】

上記において、減圧タンク 4 1 1 から排出される吸収水を排水流路 L 1 6 から系外に排出し、前記吸収塔 4 0 4 への吸収水として利用しない場合 (一過式)、あるいは前記吸収水を放散塔 4 1 2 で再生させて前記吸収塔 4 0 4 の吸収水として利用する場合 (循環式) の何れかを選択し、前記第 2 流路切換手段 4 2 2 の切換えを行うための基準となる前記設定温度は、前記第 1 流路切換手段 4 2 1 の設定温度と同一である。前記第 1 流路切換手段 4 2 1 および第 2 流路切換手段 4 2 2 の切換えを同一条件で行わなければ、直ちに系内での吸収水の過不足が生じて精製装置の運転を継続できないからである。

30

【 0 0 7 4 】

また、前記流路切換手段 4 2 1 , 4 2 2 が一過式に切り換えられた場合は、当然同時に、冷却器を構成するチラー 4 1 0 の運転も、制御器の指令により停止させるのが好ましい。このように、外気温が低く消化ガス精製装置 4 に供給可能な消化ガス量が少ない時期において、給水温度が低い場合に、消化ガス精製装置 4 の運転を前記循環式から一過式に切り換えることによって、不要機器の運転を停止して消費電力を低減し、年間を通じた運転コストの低下が図られるのである。

40

【 0 0 7 5 】

前記流路切換手段 4 2 1 , 4 2 2 は、図 3 や図 4 に示す如く三方弁であるのが好ましいが、排水流路 L 1 6 および循環流路 L 1 5 a , L 1 5 b , 給水流路 L 1 7 a に夫々自動開閉弁を設けて前記流路切換手段 4 2 1 , 4 2 2 を構成し、前記制御器により開閉指令されて前記流路の流れを切り換えるのでも良い。

【 0 0 7 6 】

また、このような流路切換は、前記給水温検出器 4 2 4 によって検出された温度信号によって、制御器の指令により自動切換されるのではなく、例えば、1 1 月 ~ 4 月の水温が低い時期は一過式とし、5 月 ~ 1 0 月の水温が高い時期は循環式に、排水流路 L 1 6 および循環流路 L 1 5 a , L 1 5 b , 給水流路 L 1 7 a に夫々設けた手動バルブを手動切り替

50

えする構成としても良い。

【 0 0 7 7 】

以上、本発明に係る消化ガス利用システムにおける消化ガス精製方法およびその精製装置によれば、吸収塔より高圧水吸収法によってメタンを高濃度化した精製ガスを得るとともに、前記消化ガス精製系外から供給される給水水温が低い時期では、前記吸収塔から排出された吸収水を系外に排水させる一過式に、また、前記給水水温が高い時期では、前記吸収塔から排出された吸収水を再生させ、冷却した後前記吸収塔へ供給させる循環式に切り換えるので、年間を通して前記消化ガスを低コストに精製し、かつ得られる精製ガスのメタン濃度を一定に維持することが可能となる。

【 0 0 7 8 】

また、この消化ガス精製方法およびその精製装置によれば、前記吸収塔内において、前記消化ガスに含まれる二酸化炭素を吸収水に溶解させて前記消化ガスから分離した後、次いで、この二酸化炭素を溶解した吸収水を減圧タンクに導入することによって、減圧された前記吸収水に溶解されたメタンガスを分離し、分離されたこのメタンを前記吸収塔前段において昇圧される前記消化ガスに還流させるとともに、メタンガス分離後の前記吸収水を放散塔に導入して溶解した二酸化炭素を除去するので、前記吸収水に溶解されたメタンを再度回収してメタンの回収率の向上が図られる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 7 9 】

【図 1】本発明の実施形態 1 に係る消化ガス精製方法およびその精製装置が適用される消化ガス利用システムの全体構成例を示すフロー図である。

【図 2】本発明の実施形態 1 に係る消化ガス精製方法およびその精製装置が適用される消化ガス利用システムの他の全体構成例を示すフロー図である。

【図 3】消化ガス利用システムにおける消化ガス精製方法とその精製装置の実施の形態 1 を説明するためのフロー図である。

【図 4】消化ガス利用システムにおける消化ガス精製方法とその精製装置の実施の形態 2 を説明するためのフロー図である。

【図 5】従来技術（特許文献 2）に係る消化ガス精製装置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装置の構成を示すフロー図である。

【符号の説明】

【 0 0 8 0 】

- | | | |
|------------------------------------|----------------------------|------------------|
| 1 ... 消化槽， | 2 ... 脱硫塔， | 3 ... ガスホルダー， |
| 4 ... 消化ガス精製装置， | 5 ... 消化槽加温用機器（温水ボイラー）， | |
| 6 ... 余剰ガス利用装置， | 7 ... 熱交換器， | 8 ... 精製ガスタンク， |
| 9 ... 精製ガス利用装置， | | |
| 4 0 1 ... ミストセパレータ， | | |
| 4 0 2 a，4 0 2 b ... 気体昇圧手段（ガス圧縮機）， | | |
| 4 0 4 ... 吸収塔， | 4 0 5 ... 除湿器， | 4 0 6 ... 給水槽， |
| 4 0 7 ... 給水ポンプ， | 4 0 8 ... 液体昇圧手段（吸収水ポンプ）， | |
| 4 0 9 ... 熱交換器， | 4 1 0 ... チラー， | 4 1 1 ... 減圧タンク， |
| 4 1 2 ... 放散塔， | 4 1 3 ... 排気ブロワ， | 4 1 4 ... 冷却器， |
| 4 2 1 ... 第 1 流路切換手段（三方弁）， | 4 2 2 ... 第 2 流路切換手段（三方弁）， | |
| 4 2 4 ... 給水温検出器， | 4 2 5 ... 気液分離槽 | |

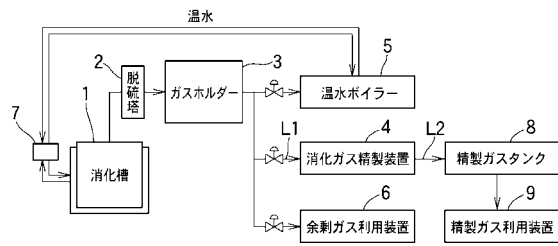
10

20

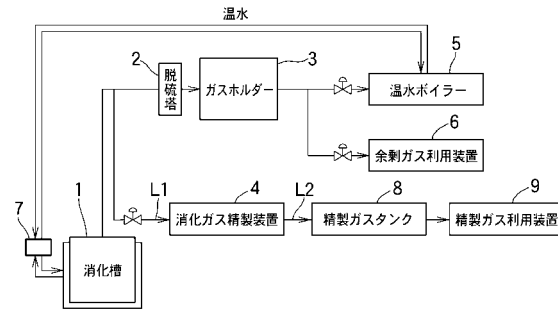
30

40

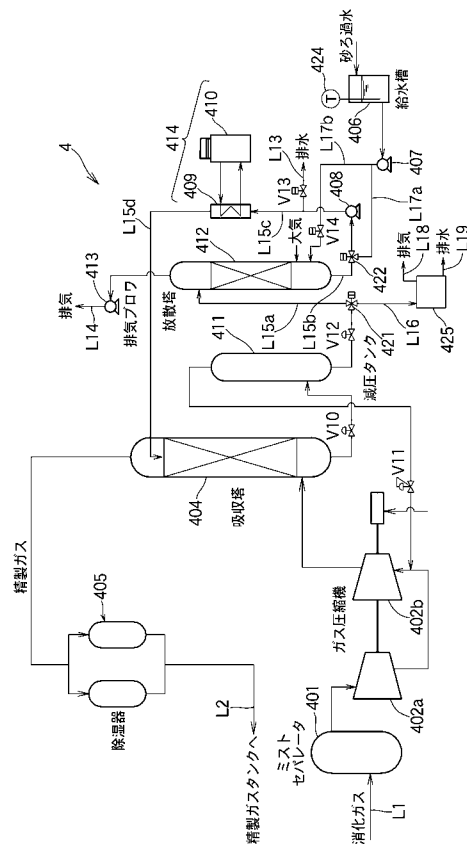
【図 1】



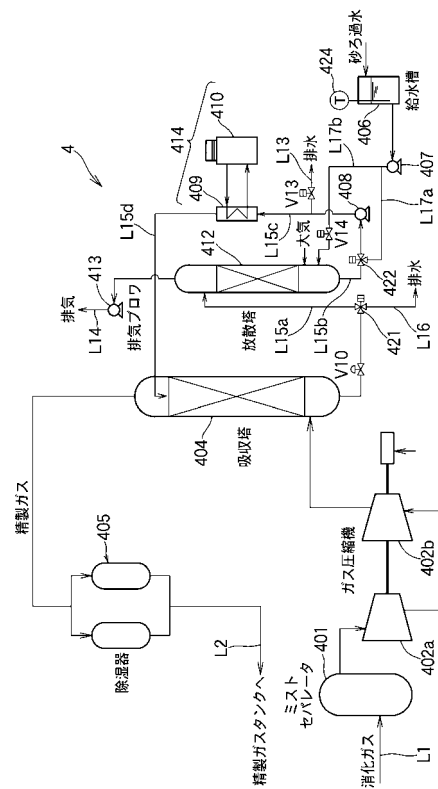
【図 2】



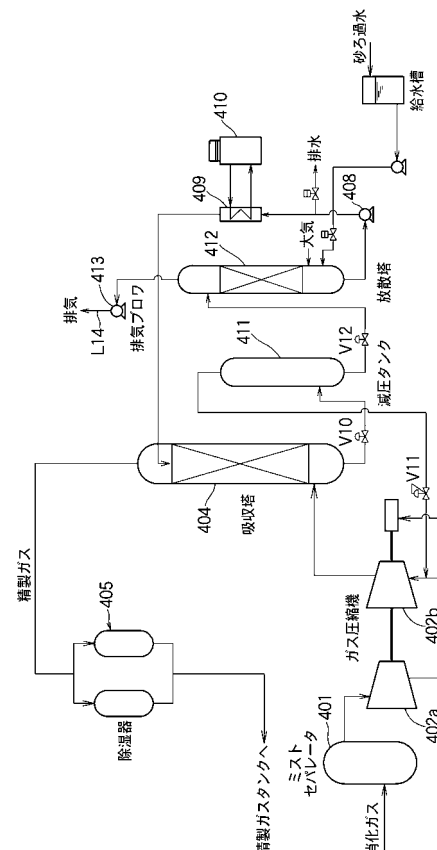
【図 4】



【図 3】



【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2003-320221(JP, A)
特開2006-095512(JP, A)
特開2006-083156(JP, A)
特開2006-036849(JP, A)
特開2004-083542(JP, A)
特開平10-015334(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C10L 3/10
B01D 53/14
C02F 11/04