

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2017 年 9 月 8 日(08.09.2017)



(10) 国際公開番号

WO 2017/149760 A1

- (51) 国際特許分類:
G01F 22/02 (2006.01) F17C 13/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/056799
- (22) 国際出願日: 2016 年 3 月 4 日(04.03.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 日揮株式会社 (JGC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1000004 東京都千代田区大手町 2 丁目 2 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 川崎 雅宏 (KAWASAKI, Masahiro); 〒2206001 神奈川県横浜市西区みなとみらい 2 丁目 3 番 1 号 日揮株式会社内 Kanagawa (JP). 飯塚 隆 (IITSUKA, Takashi); 〒2206001 神奈川県横浜市西区みなとみらい 2 丁目 3 番 1 号 日揮株式会社内 Kanagawa (JP). 門 謙一郎 (KADO, Kenichiro); 〒2206001 神奈川県横浜市西区みなとみらい 2 丁目 3 番 1 号 日揮株式会社内 Kanagawa (JP). 熊上 学 (KUMAGAMI, Manabu); 〒2206001 神奈川

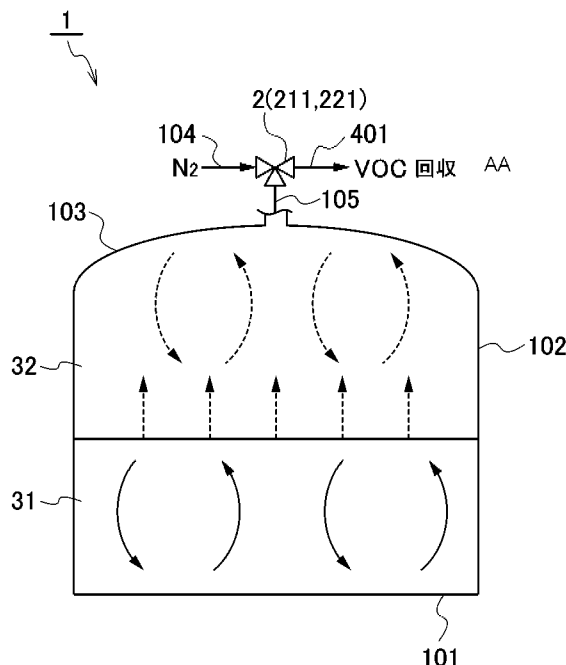
横浜市西区みなとみらい 2 丁目 3 番 1 号 日揮株式会社内 Kanagawa (JP).

- (74) 代理人: 井上 俊夫, 外 (INOUE, Toshio et al.); 〒2310058 神奈川県横浜市中区弥生町 2 丁目 1 5 番 1 号 ストークタワー大通り公園 3 6 0 1 号 Kanagawa (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユー

[続葉有]

(54) Title: METHOD FOR ESTIMATING GAS DISCHARGE AMOUNT

(54) 発明の名称: 気体排出量の推定方法



AA Collect VOC

(57) Abstract: [Problem] To provide a method for estimating a gas discharge amount with which it becomes possible to more accurately estimate the amount of gas discharged from a fixed-roof storage tank storing liquid containing a volatile substance. [Solution] In estimating the amount of gas discharged from a storage tank 1 storing liquid 31 containing a volatile substance, in a first step, presuppositions, such as the tank shape of the fixed-roof storage tank 1 and the operating pressure of a relief valve 211, are set, and in a second step, initial conditions for the contained volume, temperature, and pressure of the liquid 31 and gas 32 in the storage tank 1 are set. In a third step, the amounts of heat inflow/outflow for the liquid 31 and the gas 32 in the storage tank 1 are defined, and the amount of matter transport between liquid and gas is obtained by way of CFD analysis, and in a fourth step, the occurrence or non-occurrence of the operation of the relief valve 211 and the amount of gas discharged via the relief valve 211 are obtained on the basis of the amount of matter transport.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2017/149760 A1



ロシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨー 添付公開書類:
ロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, — 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV,
MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,
SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

【課題】揮発性物質を含む液体を貯蔵した固定屋根式の貯蔵タンクからの気体の排出量をより正確に推定する気体排出量の推定方法を提供する。【解決手段】揮発性の物質を含む液体 3 1 を貯蔵した貯蔵タンク 1 からの気体排出量を推定するに当たり、第 1 工程では、固定屋根式の貯蔵タンク 1 のタンク形状やリリーフ弁 2 1 1 の作動圧力などの前提条件の設定を行い、第 2 工程では、貯蔵タンク 1 内の液体 3 1 及び気体 3 2 の内容量、温度、圧力の初期条件を設定する。第 3 工程では貯蔵タンク 1 内の液体 3 1 及び気体 3 2 に対する流入／流出熱量を定め、CFD 解析により液体－気体間の物質移動量を求め、第 4 工程では、前記物質移動量に基づいてリリーフ弁 2 1 1 の作動の有無やリリーフ弁 2 1 1 からの気体の排出量を求める。

明 細 書

発明の名称： 気体排出量の推定方法

技術分野

[0001] 本発明は、揮発性の物質を含む液体を貯蔵した貯蔵タンクに設けられたリリーフ弁からの気体排出量を推定する技術に関する。

背景技術

[0002] 石油製品などを貯蔵する固定屋根式の貯蔵タンクにおいて、貯蔵タンク内に貯蔵された液体（液相）の上部側には気相空間が形成される。ここで例えば貯蔵タンク内の温度が上昇すると、液体表面からの気体の蒸発量が増加し、気相空間内の気体の圧力が上昇する。この圧力上昇に伴って、貯蔵タンクの本体に過大な応力が加わることを避けるため、貯蔵タンクの屋根には気体の圧力が所定の圧力よりも高くなった場合に、当該空間内の気体を外部に排出するリリーフ弁が設けられる（例えば特許文献１の図１）。

[0003] ここで、貯蔵タンク内の液体である石油製品などには、揮発性の物質であるベンゼンやトルエンといった揮発性有機物（VOC：Volatile Organic Compounds）が含まれているものがある。この場合には、環境保全などの観点から、リリーフ弁から排出される気体中のVOCを回収するVOC回収装置が設けられることがある。

[0004] 一方、貯蔵タンク内の温度は、天候条件などに応じて日々変化し、また昼夜の日照の有無や、昼間の太陽の移動に伴う日照量の変化に応じて、１日の内でも貯蔵タンク内の温度や気相空間の圧力は刻々と変化する。このため、リリーフ弁から排出される気体排出量を正確に把握することは困難であり、従来はA P I（American Petroleum Institute）2000などの工業規格に定めるリリーフ弁からの瞬間排出量に基づいてVOC回収装置における排出気体の処理能力を設計していた。

[0005] しかしながら、工業規格に定めるリリーフ弁の仕様は、貯蔵タンクの設置地域の違いや貯蔵タンク本体の熱伝導特性（例えば保温の有無）を考慮せず

に、最も過酷な条件下で発生する気体の蒸発量をベースとしているため、実際の気体排出量と比較して、貯蔵タンクに併設されるVOC回収装置の容量が過大になってしまう傾向があった。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：実公平04－13513号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 本発明は、このような背景の下になされたものであり、その目的は、揮発性の物質を含む液体を貯蔵した固定屋根式の貯蔵タンクからの気体の排出量をより正確に推定する気体排出量の推定方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明の気体排出量の推定方法は、揮発性の物質を含む液体を貯蔵した貯蔵タンクからの気体排出量の推定方法であって、

(a) リリーフ弁を備えた固定屋根式の貯蔵タンクのタンク形状と、(b) 前記リリーフ弁の作動圧力と、(c) 前記貯蔵タンク内の液体の熱力学的物性と、(d) 前記貯蔵タンク内の気体の熱力学的物性と、に係る前提条件を設定する第1工程と、

前記貯蔵タンク内の液体及び気体の各々について、内容量、温度、圧力の初期条件を設定する第2工程と、

前記貯蔵タンクの隔壁を介した、前記液体及び気体に対する流入熱量または流出熱量を定め、数値流体力学解析により、前記液体及び気体の温度変化と、気液平衡状態の変化とを計算して、前記液体－気体間の物質移動量を求める第3工程と、

前記物質移動量に基づいて前記気体の圧力変化を求め、変化後の気体の圧力が前記リリーフ弁の作動圧力を超えている場合には、当該リリーフ弁から排出される気体の排出量を求める第4工程と、を含むことを特徴とする。

[0009] 前記気体排出量の推定方法は以下の特徴を備えていてもよい。

(1) 前記リリーフ弁は吐出ベントを備え、当該リリーフ弁から排出された気体は、前記吐出ベントを介して前記気体に含まれる揮発性の物質の回収装置へ向けて排出されること。

(2) 前記貯蔵タンクは吸入弁を備え、前記第1工程では、前記前提条件として、さらに(e)前記吸入弁の作動圧力の設定を行うことと、前記第4工程では、前記圧力変化後の気体の圧力が前記吸入弁の作動圧力を下回っている場合には、当該吸入弁から吸入される気体の吸入量を求めること。このとき、前記吸入弁は吸入ベントを備え、当該吸入弁から吸入される気体は、前記吸入ベントを介して供給される不活性ガスであること。

(3) 前記第3工程では、数値流体力学解析により、前記液体及び気体の対流に起因する熱移動を計算して、前記液体及び気体の温度変化と、気液平衡状態の変化とを特定すること。

(4) 前記第3工程にて求めた前記液体及び気体の温度変化と、前記第4工程にて求めた前記気体の圧力変化と、この圧力変化より把握される貯蔵タンクの気体の内容量と、に基づき、前記第2工程の新たな初期条件を設定することと、前記第2工程の新たな初期条件を設定した後、前記液体及び気体に対する新たな流入熱量または流出熱量を定めて前記第3工程、第4工程を実行することと、前記第2工程の新たな初期条件の設定と、その後の第3工程、第4工程の実行とを繰り返すことにより、前記リリーフ弁から排出される気体の排出量の経時変化を求めること。

(5) (4)において、前記リリーフ弁から排出される気体の排出量の経時変化に基づき、単位時間当たりの最大排出流量、または予め設定した期間内に排出される気体の総排出量を求めること。

(6) 前記第3工程にて定められる液体及び気体に対する流入熱量または流出熱量は、太陽光から前記隔壁を介して貯蔵タンク内に供給される熱エネルギーに基づき定められること。前記太陽光から供給される熱エネルギーは、当該貯蔵タンクが設置されている地点の経緯度と、暦日とにより定められる

こと。

(7) 前記貯蔵タンク内の気体には、前記揮発性の物質と、その他の物質とが含まれ、前記第3工程にて求めた前記液体－気体間の物質移動量と、前記第4工程にて求めた気体の排出量とに基づき、前記揮発性の物質の排出量を求めること。

発明の効果

[0010] 本発明は、貯蔵タンク内に貯蔵された揮発性の物質を含む液体に対する流入熱量、流出熱量に基づき、貯蔵タンク内の液体－気体間の物質移動量を特定し、この物質移動量に基づいてリリーフ弁からの気体排出量を求めるので、正確な気体排出量を把握することができる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]本発明の実施の形態に係る貯蔵ダנקの模式図である。

[図2]前記貯蔵タンクに設けられているブリーザー弁部の第1の縦断側面図である。

[図3]前記ブリーザー弁部の第2の縦断側面図である。

[図4]前記貯蔵タンクに併設されているVOC回収装置の構成図である。

[図5]前記貯蔵タンクに対する第1の日照状態を示す説明図である。

[図6]前記貯蔵タンクに対する第2の日照状態を示す説明図である。

[図7]前記貯蔵タンクからの気体の排出量を推定する手順を示す説明図である。

発明を実施するための形態

[0012] 図1は、気体の排出量の推定を行う対象となる液体用の貯蔵タンク1を模式的に示している。例えば貯蔵タンク1は、筒状の側壁部102の上下面を、各々、固定屋根部103、底板部101にて塞いだ容器として構成されている。貯蔵タンク1は、固定屋根部103が側壁部102の上部側に固定された固定屋根式である点を除いて、その形状に特段の限定はない。例えば、固定屋根部103はドームルーフであってもよいし、コーンルーフであってもよく、そのほかの形状であってもよい。このほか貯蔵タンク1は、直方体

形状であってもよいし、円筒形状の容器の軸を水平方向に向けた横置き型であってもよい。

図 1 には、円筒形状の側壁部 102 の上面にドームルーフ状の固定屋根部 103 を設けた貯蔵タンク 1 の例を示してある。

[0013] 貯蔵タンク 1 は、地上に設置する地上式であってもよいし、固定屋根部 103 を除く貯蔵タンク 1 全体や、側壁部 102 の下部側を地下に埋設する半地下式であってもよい。また、海に貯蔵タンク 1 を浮かべる洋上式であってもよい。

貯蔵タンク 1 には、貯蔵対象の液体の受け入れや払出しを行うための受入ライン／払出ラインの他、これらのラインに設けられる輸送ポンプ、貯蔵タンク 1 内の液体の攪拌を行うためのタンクミキサー、貯蔵タンク 1 に貯蔵される液体の性状や貯蔵タンク 1 の設置地域の気候などに応じて設けられる保温設備や加熱設備など、適宜、種々の付帯設備が設けられている。図 1 においては、これらの付帯設備の記載は省略してある。

[0014] 貯蔵タンク 1 に貯蔵される液体としては、石油精製の原油や生焚き用の原油、ナフサなどの中間製品、ガソリン、灯油、軽油、重油などの石油製品、ベンゼンやトルエンなどの化成品を例示することができる。貯蔵タンク 1 に貯蔵される液体は、温度上昇などに伴って液体の一部が蒸発し、後述のリリーフ弁 211 を作動させることが可能な程度にまで貯蔵タンク 1 内の圧力を上昇させる要因となる揮発性の物質を含んでいる。

本例では、揮発性の物質としてベンゼンやトルエンといった揮発性有機物（以下、「VOC」ともいう）を含む石油製品である液体 31 を貯蔵した貯蔵タンク 1 の例について説明する。

[0015] 貯蔵タンク 1 は、貯蔵可能な液体 31 の容量の上限値が定められており、液体 31 の液面よりも上方側には、気相空間が形成されている。この気相空間は、液体 31 から蒸発した VOC と、貯蔵タンク 1 の外部から流入した後述の不活性ガスとを含む気体 32 によって満たされている。

[0016] さらに貯蔵タンク 1 の固定屋根部 103 には、内部の圧力が上昇したとき

貯蔵タンク 1 内の気体 3 2 を排出するリリーフ弁 2 1 1 と、内部の圧力が低下したとき貯蔵タンク 1 内へ向けて外部から気体を吸入する吸入弁 2 2 1 とを含むブリーザー弁部 2 が設けられている。

リリーフ弁 2 1 1 の出口側は、排気ライン 4 0 1 を介して後述の V O C 回収装置に接続されている。また、吸入弁 2 2 1 の入口側は、貯蔵タンク 1 内にシール用の不活性ガスである例えば窒素ガスを供給するための窒素ガス供給ライン 1 0 4 に接続されている。

なお、吸入弁 2 2 1 から吸入される気体は不活性ガスに限定されない。例えば、貯蔵タンク 1 が気体シールの必要のない液体 3 1 を貯蔵している場合には、吸入弁 2 2 1 を開放して大気を吸入してもよい。

[0017] 図 2、図 3 はブリーザー弁部 2 の構成例を示している。これらの図に示すブリーザー弁部 2 は、貯蔵タンク 1 に設けられた接続ライン 1 0 5 に対して、リリーフ弁 2 1 1 を収容したケーシング 2 1 3 と、吸入弁 2 2 1 を収容したケーシング 2 2 3 とを並列に接続したリリーフバキューム弁構造となっている。

[0018] リリーフ弁 2 1 1 は、バネ 2 1 5 によって下方側へ向けて付勢され、通常時は弁座 2 1 4 を塞いだ状態となっている（図 3）。そして、貯蔵タンク 1 内の圧力が上昇し、当該圧力 P が、予め設定された作動圧力 P_1 を超えると、バネ 2 1 5 の付勢力に抗してリリーフ弁 2 1 1 が押し上げられ、貯蔵タンク 1 内の気体が吐出ベント 2 1 2 を介して排出される（図 2）。本例において当該吐出ベント 2 1 2 は、V O C 回収装置へ向けて気体を排出するための排気ライン 4 0 1 に接続されている。

気体の排出により貯蔵タンク 1 内の圧力が低下して、リリーフ弁 2 1 1 の復帰圧力 P_1' 以下になると、バネ 2 1 5 によってリリーフ弁 2 1 1 が押し下げられ、弁座 2 1 4 が閉じられる。

[0019] 吸入弁 2 2 1 は、通常時は自重によって弁座 2 2 4 を塞いだ状態となっている（図 2）。そして、貯蔵タンク 1 内の圧力が低下し、当該圧力 P が、予め設定された作動圧力 P_2 を下回ると、弁座 2 2 4 の上流側と下流側との圧力

差により吸入弁 221 が持ち上げられ、吸入ベント 222 を介して、窒素ガス供給ライン 104 から貯蔵タンク 1 内へ向け窒素ガスが吸入される（図 3）。窒素ガス供給ライン 104 の上流側には、例えば液体窒素タンクと蒸発器とを備えた不図示の窒素ガス供給部が設けられている。

窒素ガスの吸入により貯蔵タンク 1 内の圧力が上昇して、吸入弁 221 の復帰圧力 P_2' 以上になると、自重によりリリーフ弁 211 が降下し、弁座 224 が閉じられる。

[0020] なお、ブリーザー弁部 2 は、リリーフバキューム弁構造のものに限定されるものではない。例えばリリーフ弁 211 と吸入弁 221 とを上下に配置して共通のケーシング内に収容した弁重構造のブリーザー弁部 2 を採用してもよい。

また、吸入弁 221 は、図 2、3 のようにリリーフ弁 221 と隣接させて一つのブリーザー弁部 2 とする場合もあるが、吸入弁 221 とリリーフ弁 221 をそれぞれ独立させて設ける場合もある。

[0021] 図 4 は、ブリーザー弁部 2 の吐出ベント 212 の下流側に設けられている VOC 回収装置の構成例を示している。なお、図 4 に示す各開閉バルブ V1 ～ V6 においては、「開状態」となっているものを白抜きで示し、「閉状態」となっているものを黒塗りで示してある。

貯蔵タンク 1 から排出された気体が流れる排気ライン 401 に対しては、複数基、例えば 2 基の吸着塔 41a、41b が並列に接続されている。これらの吸着塔 41a、41b には、気体中に含まれる VOC を吸着除去可能な吸着剤、例えば活性炭が充填されている。各吸着塔 41a、41b の出口側には、VOC が除去された気体を大気へ放出するための大気放出ライン 402 が接続されている。

[0022] 図 4 に示す例では、一方側の吸着塔 41a にて、貯蔵タンク 1 から排出された気体中の VOC を吸着除去して大気へ放出する吸着操作が行われている。一方で、他方側の吸着塔 41b では、吸着塔 41b を排気ライン 401、大気放出ライン 402 から切り離し、当該吸着塔 41b 内を真空吸引して吸

着剤からVOCを脱着させることにより、吸着剤を再生する再生操作が行われている。

本例のVOC回収装置においては、吸着塔41a、41bにおいて、VOCの吸着操作と吸着剤の再生操作とが交互に行われる。

[0023] 吸着剤の再生操作に係るVOC装置の構成を述べると、吸着塔41a、41bの入口側には、再生操作時に吸着剤から脱着されたVOCを通流させる脱着ガスライン403が、排気ライン401と並列に接続されている。各吸着塔41a、41bに接続された脱着ガスライン403は、下流側で合流し、共通の真空ポンプ43の吸込側に接続されている。真空ポンプ43の吐出側には、溶剤を用いて、VOCを吸収除去する操作を行うための吸収塔42が設けられている。なお、真空ポンプ43と吸収塔42との間に、真空ポンプ43から吐出された潤滑剤を分けるセパレーターを設けてもよい。

[0024] 本例の吸収塔42は、VOCを吸収するための溶剤として、貯蔵タンク1内の液体31である石油製品を利用している。例えば吸収塔42には、VOCと溶剤との効率を向上させるための充填物421が充填され、真空ポンプ43から吐出されたVOCは、この充填物421が充填された領域の下部側に導入される。

[0025] 一方、貯蔵タンク1から抜き出された溶剤は、溶剤供給ライン404を介して溶剤供給ポンプ44により、既述の充填物421の充填領域の上部側に分散供給される。VOCと溶剤とは充填物421の充填領域にて向流接触し、VOCが溶剤中に吸収除去される。

VOCが除去された気体は、吸収塔42の塔頂から抜き出され、排気ライン401に合流した後、吸着塔41a、41bにてさらにVOCの吸着除去が行われてから大気へ放出される。また、VOCを吸収した溶剤は、溶剤回収ポンプ45により吸収塔42の塔底から抜き出され、溶剤回収ライン405を介して貯蔵タンク1へ戻される。

[0026] 以上、吸着剤を用いてVOCを回収するVOC回収装置の例を説明したが、貯蔵タンク1から排出される気体の処理方法はこの例に限定されない。例

えば、貯蔵タンク 1 から排出された気体を溶剤と接触させて V O C を吸収除去する V O C 回収装置を設けてもよいし、V O C の回収は行わず、フレアスタックにて V O C を燃焼させてから大気に放出してもよい。

[0027] 以上、図 1 ～図 4 を用いて、貯蔵タンク 1 の構造やその付帯設備の説明を行った。当該貯蔵タンク 1 の内部の液体 3 1 や気体 3 2 に対しては、貯蔵タンク 1 の隔壁（底板部 1 0 1、側壁部 1 0 2、固定屋根部 1 0 3）を介して熱が流入し、またこれら液体 3 1 や気体 3 2 から外部へ向けて熱が流出する。

[0028] そして、貯蔵タンク 1 内に熱が流入して液体 3 1 や気体 3 2 の温度が上昇すると、液体 3 1 中の V O C 成分が揮発する。この結果、貯蔵タンク 1 内の圧力が上昇してリリーフ弁 2 1 1 が作動し、気体 3 2 の排出が実行される場合がある。また、貯蔵タンク 1 内の熱が流出して液体 3 1 や気体 3 2 の温度が低下すると、気体 3 2 中の V O C が凝縮する。この結果、貯蔵タンク 1 内の圧力が低下して吸入弁 2 2 1 が作動し、窒素ガスの吸入が行われる場合がある。

さらに、液体 3 1 や気体 3 2 においては、内部の温度差に伴う対流が発生し（図 1）、対流に伴う熱移動や物質移動により、V O C の揮発や凝縮を支配する気体－液体の界面の温度や気体中の V O C 濃度に影響を及ぼす。

[0029] 貯蔵タンク 1 内の液体 3 1 や気体 3 2 の温度変化の要因としては、貯蔵タンク 1 の外気温度の変化や、貯蔵タンク 1 内とは温度が異なる液体の外部からの受入など、種々の要因がある。

これら種々の要因の中で、貯蔵タンク 1 の気体 3 2 の圧力変化に影響を与える最も大きな要因の一つとして、太陽 5 0 1 からの熱エネルギーの供給が挙げられる。太陽 5 0 1 から供給される熱エネルギーは、貯蔵タンク 1 が設置されている地点の経緯度と、暦日とにより特定することができる。例えば北半球の場合、青天の夏至の日において、太陽 5 0 1 から供給される熱エネルギーが最大となる。

[0030] さらに図 5、図 6 に示すように、太陽 5 0 1 から供給される熱エネルギー

は、太陽 501 の移動に伴い、日光 502 が照射される貯蔵タンク 1 の隔壁の面積や、隔壁の単位面積当たりのエネルギー密度が変化することによっても経時的に変化する。

従って、貯蔵タンク 1 の隔壁を介した液体 31 や気体 32 に対する流入熱量または流出熱量は、隔壁の位置に応じて異なり、さらに各位置においても経時的に変化することになる。

[0031] 本発明の実施の形態に係る気体排出量の推定方法は、上述した貯蔵タンク 1 の構成や、内部の液体 31 や気体 32 の温度変化メカニズムを考慮した数値流体力学 (CFD: Computational Fluid Dynamics) モデルを作成して解析を行う。そして、この解析結果に基づき、リリース弁 211 から排出される気体の排出量や吸入弁 221 から吸入される気体の吸入量を推定する。

以下、図 7 を参照しながら上記推定を行う手順について説明する。

[0032] 初めに、貯蔵タンク 1 の形状やリリース弁 211、吸入弁 221 の作動圧力、液体 31 や気体 32 の熱力学的物性など、CFD 解析や気体の排出量、吸入量の算出を行ううえで必要な前提条件 (a) ~ (e) を決定する (P1: 第 1 工程)。

[0033] (a) 固定屋根式の貯蔵タンク 1 の形状の決定には、底板部 101、側壁部 102、固定屋根部 103 などの境界位置の設定や液体 31、気体 32 内の解析メッシュの作成法など、貯蔵タンク 1 の形状に関連して CFD 解析を行う際に必要となる種々の設定を行ってよい。

(b) リリース弁 211 の作動圧力については、図 2 を用いて説明した気体の排出を行う際のリリース弁 211 の作動圧力 P_1 に加え、図 3 を用いて説明したリリース弁 211 が弁座 214 を閉じる際の復帰圧力 P_1' の設定も行う。

[0034] (c)、(d) 貯蔵タンク 1 内の液体 31、気体 32 の熱力学的物性としては、液体 31、気体 32 の比熱、蒸気圧、密度、粘度など CFD 解析にて必要となる各種物性の設定を行う。これらの物性が温度依存性を有している場合には、温度と物性値との対応関係を表現する関数やテーブルを設定して

もよい。また、液体 3 1 や気体 3 2 が複数の成分を含んでいる場合には、これらの物性の設定を成分ごとに行ってもよいし、複数の成分を含む混合流体についての物性の設定を行ってもよい。

(e) 吸入弁 2 2 1 の作動圧力については、図 3 を用いて説明した気体の吸入を行う際の吸入弁 2 2 1 の作動圧力 P_2 に加え、図 2 を用いて説明した吸入弁 2 2 1 が弁座 2 2 4 を閉じる際の復帰圧力 P_2' の設定も行う。

[0035] また、貯蔵タンク 1 内の液体 3 1 と気体 3 2 とについて、内容量、温度、圧力に係る初期条件を設定する (P 2 : 第 2 工程)。

貯蔵タンク 1 内における液体 3 1 の内容量を決定すると、残る領域は気体 3 2 が存在する気相空間となり、気体-液体の界面の高さ位置が特定される。温度は、貯蔵タンク 1 内の液体 3 1、気体 3 2 の平均温度を設定してもよいし、予め把握している温度分布を反映した温度設定を行ってもよい。また、通常、圧力設定は、気体 3 2 について行うが、必要に応じて液体 3 1 の圧力設定を行ってもよい。

[0036] しかる後、貯蔵タンク 1 の隔壁 (底板部 1 0 1、側壁部 1 0 2、固定屋根部 1 0 3) を介した流入熱量/流出熱量の分布を定め、CFD 解析により、液体 3 1 及び気体 3 2 の温度変化と、気液平衡状態の変化とを計算して、液体-気体間の物質移動量を求める (P 3 : 第 3 工程)。

[0037] 流入熱量/流出熱量の分布の決定に際しては、貯蔵タンク 1 が設置されている地点の経緯度と、暦日とを考慮することができる。例えば VOC 装置の最大処理能力の決定を行う場合には、北半球の場合、太陽 5 0 1 から供給される熱エネルギーが最大となる青天の夏至の日に、所定の経緯度の地点において太陽 5 0 1 から供給される熱エネルギーを決定する。

[0038] また、図 5、図 6 を用いて説明したように、太陽 5 0 1 の位置に応じた日光 5 0 2 の照射領域 (図 5 に示す貯蔵タンク 1 において斜線でハッチングされた領域には日光 5 0 2 が照射されていない) や、単位面積当たりのエネルギー密度を考慮して、貯蔵タンク 1 の隔壁の各位置における流入熱量/流出熱量を定める。

[0039] さらに例えば、リリース弁211からの1日あたり（予め設定した期間）の気体の総排出量や吸入弁221からの気体の総吸入量を求める場合には、太陽501から熱エネルギーが供給されていない日没後の時間帯における気体の排出量や吸入量を推定する必要もある。このため、既述の太陽501から供給される熱エネルギーに加え、貯蔵タンク1の外部との外気との温度差を考慮した流入熱量／流出熱量の決定を行う。

また既述のように、貯蔵タンク1が加熱設備を備える場合には、加熱設備からの流入熱量も考慮する。

[0040] 第1工程、第2工程の各種設定や第3工程の流入熱量／流出熱量の分布の決定は、CFD解析に用いるソフトウェアなどを介して行う。ここで、第1工程、第2工程の各種設定や第3工程における流入熱量／流出熱量の分布の決定は、互いに厳密に区別されるものではなく、CFD解析ソフトウェアの仕様などに応じて、各工程における設定事項の設定を並行して行ってよいことは勿論である。

[0041] CFD解析に用いるソフトウェアは市販の汎用CFD解析ソフトウェアであってもよいし、本例の気体排出量の推定方法を実行するために開発した専用のCFD解析ソフトウェアであってもよい。

[0042] 例えば液体31－気体32間の物質移動量を計算可能とする方法としては、気液平衡理論に基づいた計算などを例示することができる。また、貯蔵タンク1内流体の対流を計算可能な計算法としては、有限体積法（FVM: Finite Volume Method）などを例示することができる。

[0043] CFD解析に用いるCFD解析ソフトウェアを用い、既述の各工程にて設定された事項に基づき、貯蔵タンク1内の液体31及び気体32の温度分布の変化や気体－液体の界面における気液平状態の変化をコンピュータにより計算し、気体－液体間の物質移動量（液体31から気体32へのVOCの蒸発量、気体32から液体31へのVOCの凝縮量）を求めることができる。

[0044] そして、気体－液体間の物質移動量から、貯蔵タンク1内の気体32の圧力変化を求め、リリース弁211、吸入弁221の作動の有無、作動があっ

た場合の気体の排出量／吸入量を算出する（P 4：第4工程）。

[0045] 詳細には、圧力変化後の貯蔵タンク1内の気体32の圧力Pがリリーフ弁211の作動圧力 P_1 より大きい場合には、リリーフ弁211が作動する。そして、貯蔵タンク1内の気体の圧力がリリーフ弁211の復帰圧力 P_1' となるまでの圧力差 $\Delta P_1 = P - P_1'$ に相当する量の気体がリリーフ弁211から排出される。この際、断熱膨張に伴う気体32の温度低下、圧力低下の影響を考慮してもよい。

[0046] 一方、圧力変化後の貯蔵タンク1内の気体32の圧力Pが吸入弁221の作動圧力 P_2 より小さい場合には、吸入弁221が作動する。そして、貯蔵タンク1内の気体の圧力が吸入弁221の復帰圧力 P_2' となるまでの圧力差 $\Delta P_2 = P_2' - P$ に相当する量の気体が吸入弁221から吸入される。この際、断熱圧縮に伴う気体32の温度上昇、圧力上昇の影響を考慮してもよい。

[0047] 気体－液体間の物質移動量、リリーフ弁211からの気体の排出量、吸入弁221からの気体（窒素ガス）の流入量が特定されることにより、排出された気体中に含まれるVOCとその他の物質の割合（VOC濃度）を特定することができる。この結果、リリーフ弁211からのVOCの排出量を求めることが可能となる。

[0048] さらに、第3工程にて求めた液体31及び気体32の温度変化と、第4工程にて求めた気体32の圧力変化や、リリーフ弁211、吸入弁221の作動に伴う気体の排出量／吸入量から把握される貯蔵タンク1の気体31の容量は、太陽501の位置が変化した場合などにおける新たな計算を行う際の初期条件として利用することができる。

[0049] そして、前記時間的な影響（日光502の照射領域、単位面積当たりのエネルギー密度、日光502の照射の有無や、外気との温度差の変化）を考慮した新たな流入熱量／流出熱量の分布を定めて第3工程、第4工程を実行する。

上述の第2～第4工程を繰り返すことにより、リリーフ弁211から排出される気体の排出量の経時変化を求めることができる。

ここで、CFD解析ソフトウェアが、流入熱量／流出熱量の変化を考慮した動的解析を行うことができる場合には、既述の第2～第4工程を繰り返して実行する手法に替えて、CFDの動的解析によりリリーフ弁211から排出される気体の排出量の経時変化を求めてもよいことは勿論である。

[0050] このように、リリーフ弁211からの気体の排出量の経時変化を把握することができれば、単位時間当たりの気体の最大排出流量や、予め設定した期間内（例えば1日）に排出される気体の総排出量を求めることができる。

[0051] さらに、気体中のVOC濃度から、VOCの排出量を計算できるので、VOC回収装置にて吸着塔41a、41bに充填する吸着剤の量や吸収塔42に供給する溶剤の流量、各種ポンプ43、44、45の能力などの決定に反映することができる（P5）。

また、既述のように、VOC回収装置が溶剤吸収方式である場合には、溶剤の流量の決定、フレアスタックにてVOCを燃焼させる場合には、フレアスタックのサイズの決定などに反映することが可能である。

[0052] 本実施の形態に係る気体排出量の推定方法によれば、貯蔵タンク1内に貯蔵されたVOCを含む液体31に対する流入熱量、流出熱量に基づき、貯蔵タンク1内の液体31－気体32間の物質移動量を特定し、この物質移動量に基づいてリリーフ弁221からの気体排出量を求めるので、正確な気体排出量を把握することができる。

この結果、VOC回収装置などの能力を適正に決定することが可能となり、気体排出量の過大な見積もりに伴う装置コストの増大を低減することができる。

[0053] ここで、図1～図3を用いて説明した例では、リリーフ弁211から排出された気体を、吐出ベント212を介してVOC回収装置へ向けて案内する例を示したが、ブリーザー弁部2に吐出ベント212を設けることは必須ではない。リリーフ弁211の出口側を大気開放状態として、貯蔵タンク1から排出された気体を大気へ放出する場合においても、本例の気体排出量の推定方法を適用できることは勿論である。例えば市街区から遠隔の地に貯蔵タ

ンク 1 を設置する際に、V O C の排出量が極めて微量な場合に、V O C 回収装置を設置する必要があるか否かなどの検討に活用することもできる。

符号の説明

[0054]	1	貯蔵タンク
	2	ブリーザー弁部
	2 1 1	リリーフ弁
	2 1 2	吐出ベント
	2 2 1	吸入弁
	2 2 2	吸入ベント
	3 2	気体
	3 1	液体
	4 1 a、4 1 b	
		吸着塔
	4 2	吸収塔
	5 0 1	太陽

請求の範囲

[請求項1] 揮発性の物質を含む液体を貯蔵した貯蔵タンクからの気体排出量の推定方法であって、

(a) リリーフ弁を備えた固定屋根式の貯蔵タンクのタンク形状と、(b) 前記リリーフ弁の作動圧力と、(c) 前記貯蔵タンク内の液体の熱力学的物性と、(d) 前記貯蔵タンク内の気体の熱力学的物性と、に係る前提条件を設定する第1工程と、

前記貯蔵タンク内の液体及び気体の各々について、内容量、温度、圧力の初期条件を設定する第2工程と、

前記貯蔵タンクの隔壁を介した、前記液体及び気体に対する流入熱量または流出熱量を定め、数値流体力学解析により、前記液体及び気体の温度変化と、気液平衡状態の変化とを計算して、前記液体－気体間の物質移動量を求める第3工程と、

前記物質移動量に基づいて前記気体の圧力変化を求め、変化後の気体の圧力が前記リリーフ弁の作動圧力を超えている場合には、当該リリーフ弁から排出される気体の排出量を求める第4工程と、を含むことを特徴とする気体排出量の推定方法。

[請求項2] 前記リリーフ弁は吐出ベントを備え、当該リリーフ弁から排出された気体は、前記吐出ベントを介して前記気体に含まれる揮発性の物質の回収装置へ向けて排出されることを特徴とする請求項1に記載の気体排出量の推定方法。

[請求項3] 前記貯蔵タンクは吸入弁を備え、
前記第1工程では、前記前提条件として、さらに(e) 前記吸入弁の作動圧力の設定を行うことと、

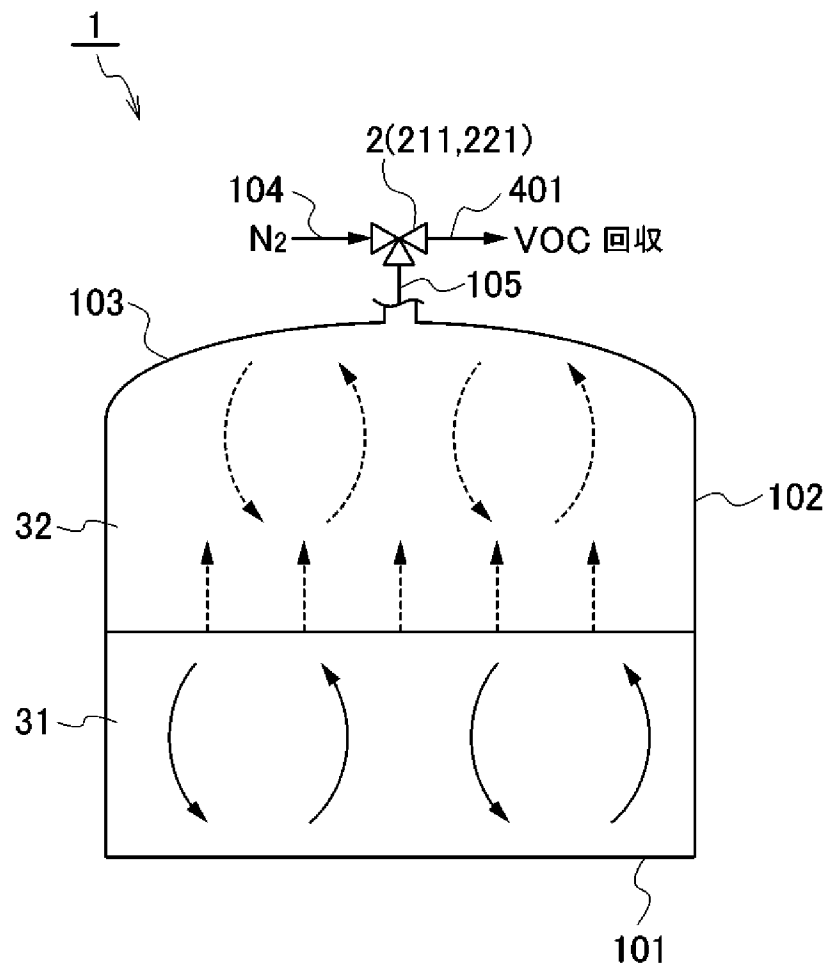
前記第4工程では、前記圧力変化後の気体の圧力が前記吸入弁の作動圧力を下回っている場合には、当該吸入弁から吸入される気体の吸入量を求めることと、を特徴とする請求項1に記載の気体排出量の推定方法。

- [請求項4] 前記吸入弁は吸入ベントを備え、当該吸入弁から吸入される気体は、前記吸入ベントを介して供給される不活性ガスであることを特徴とする請求項3に記載の気体排出量の推定方法。
- [請求項5] 前記第3工程では、数値流体力学解析により、前記液体及び気体の対流に起因する熱移動を計算して、前記液体及び気体の温度変化と、気液平衡状態の変化とを特定することを特徴とする請求項1に記載の気体排出量の推定方法。
- [請求項6] 前記第3工程にて求めた前記液体及び気体の温度変化と、前記第4工程にて求めた前記気体の圧力変化と、この圧力変化より把握される貯蔵タンクの気体の内容量と、に基づき、前記第2工程の新たな初期条件を設定することと、
- 前記第2工程の新たな初期条件を設定した後、前記液体及び気体に対する新たな流入熱量または流出熱量を定めて前記第3工程、第4工程を実行することと、
- 前記第2工程の新たな初期条件の設定と、その後の第3工程、第4工程の実行とを繰り返すことにより、前記リリース弁から排出される気体の排出量の経時変化を求めることと、を特徴とする請求項1に記載の気体排出量の推定方法。
- [請求項7] 前記リリース弁から排出される気体の排出量の経時変化に基づき、単位時間当たりの最大排出流量、または予め設定した期間内に排出される気体の総排出量を求めることを特徴とする請求項6に記載の気体排出量の推定方法。
- [請求項8] 前記第3工程にて定められる液体及び気体に対する流入熱量または流出熱量は、太陽光から前記隔壁を介して貯蔵タンク内に供給される熱エネルギーに基づき定められることを特徴とする請求項1に記載の気体排出量の推定方法。
- [請求項9] 前記太陽光から供給される熱エネルギーは、当該貯蔵タンクが設置されている地点の経緯度と、暦日とにより定められることを特徴とす

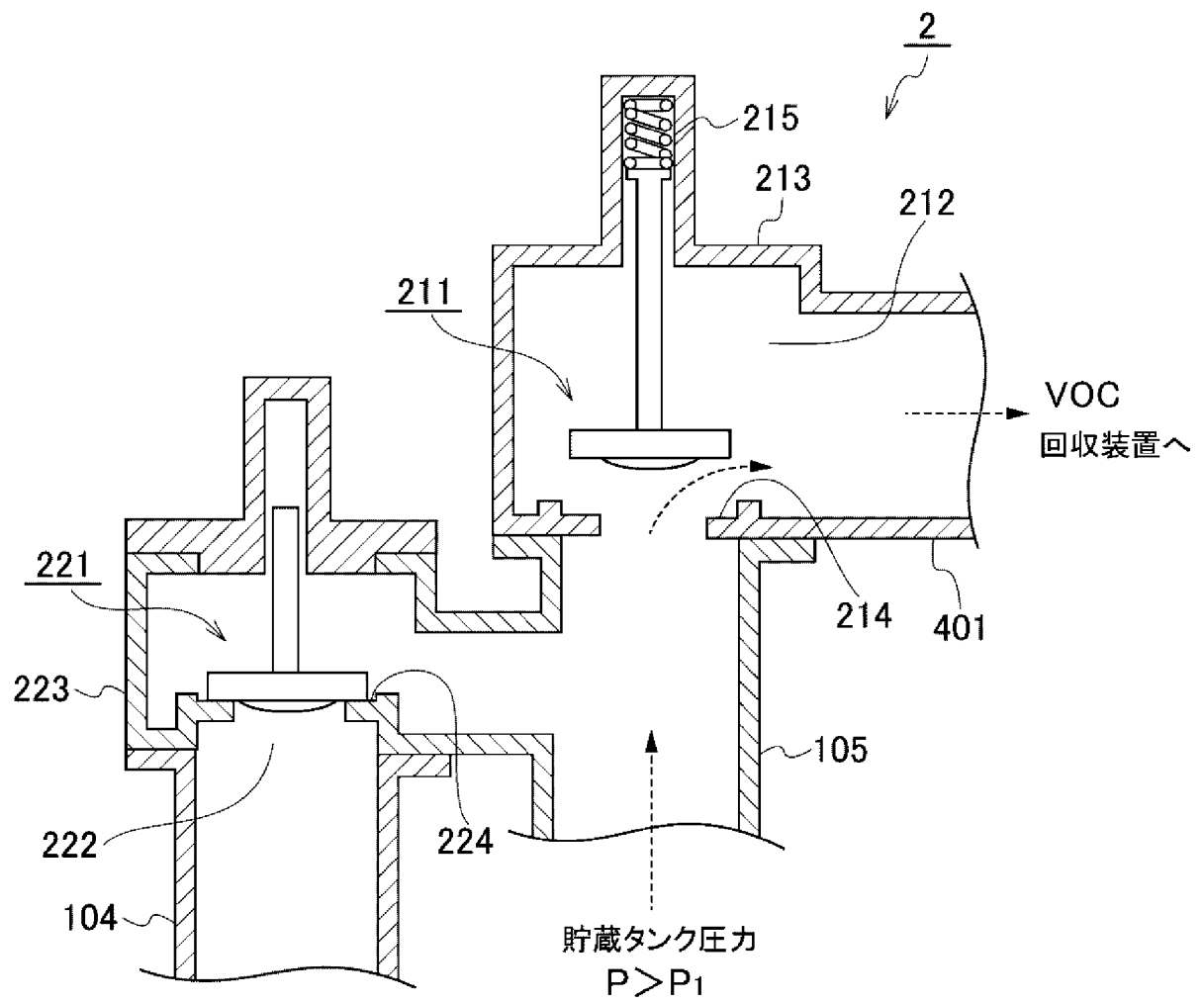
る請求項 8 に記載の気体排出量の推定方法。

[請求項10] 前記貯蔵タンク内の気体には、前記揮発性の物質と、その他の物質とが含まれ、前記第 3 工程にて求めた前記液体－気体間の物質移動量と、前記第 4 工程にて求めた気体の排出量とに基づき、前記揮発性の物質の排出量を求めることを特徴とする請求項 1 に記載の気体排出量の推定方法。

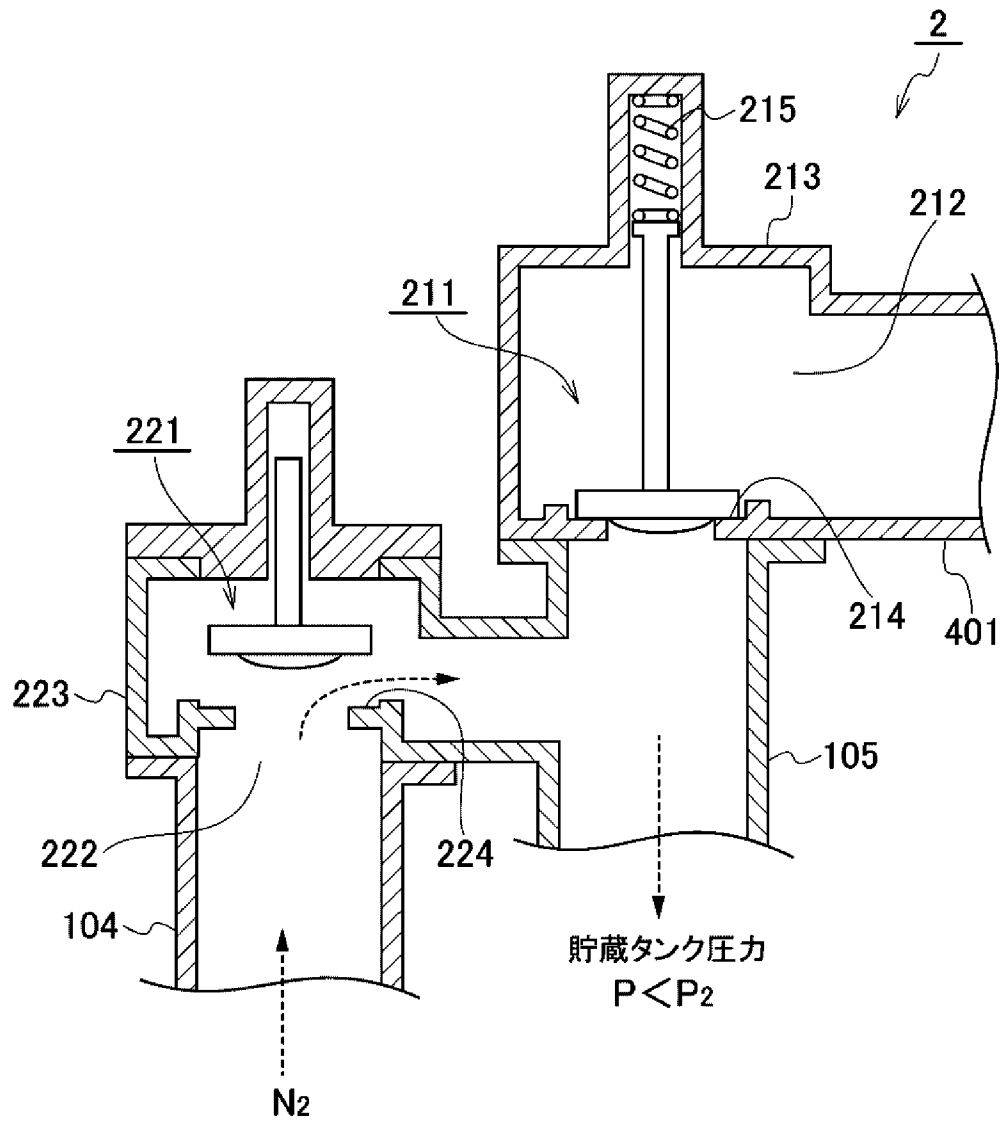
[図1]



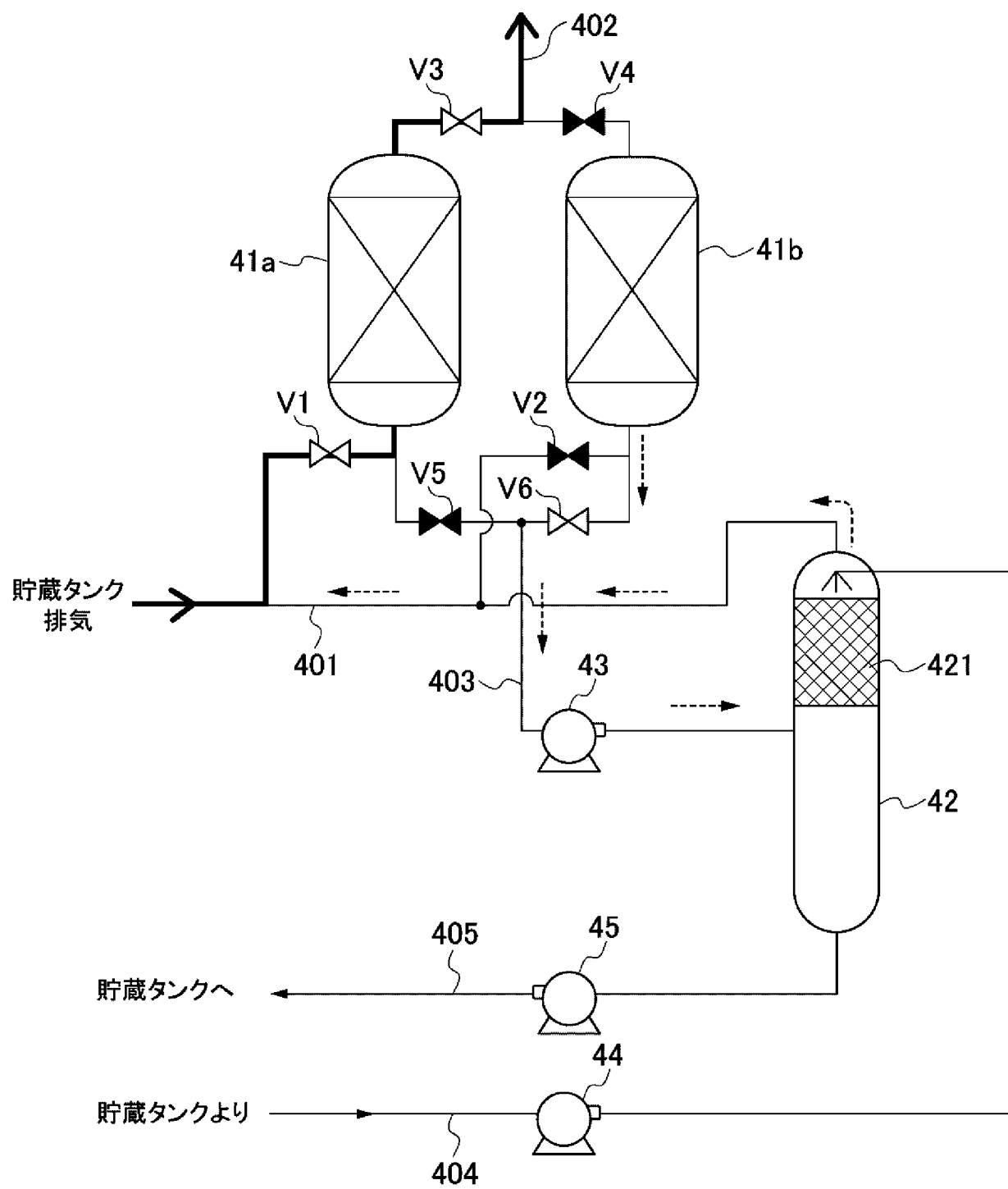
[図2]



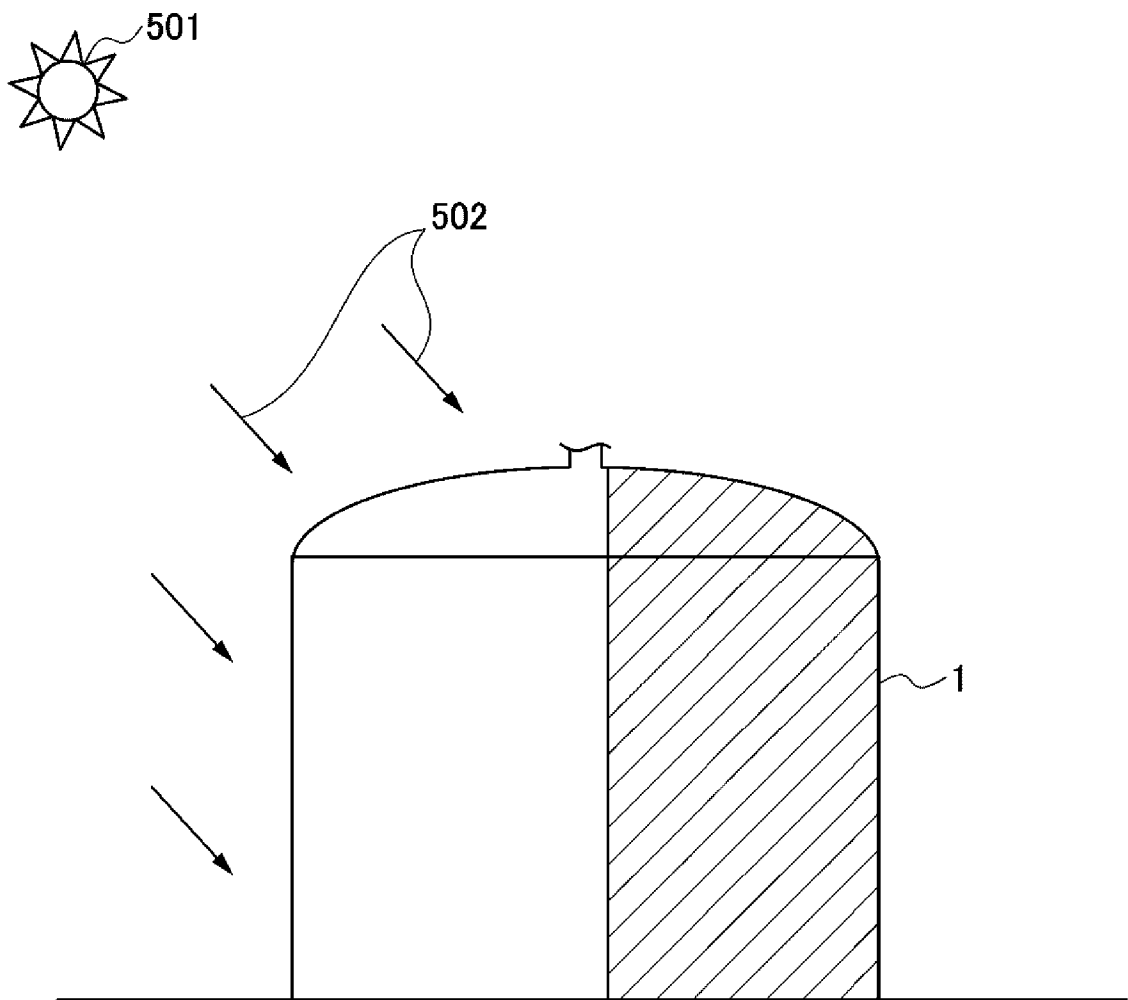
[図3]



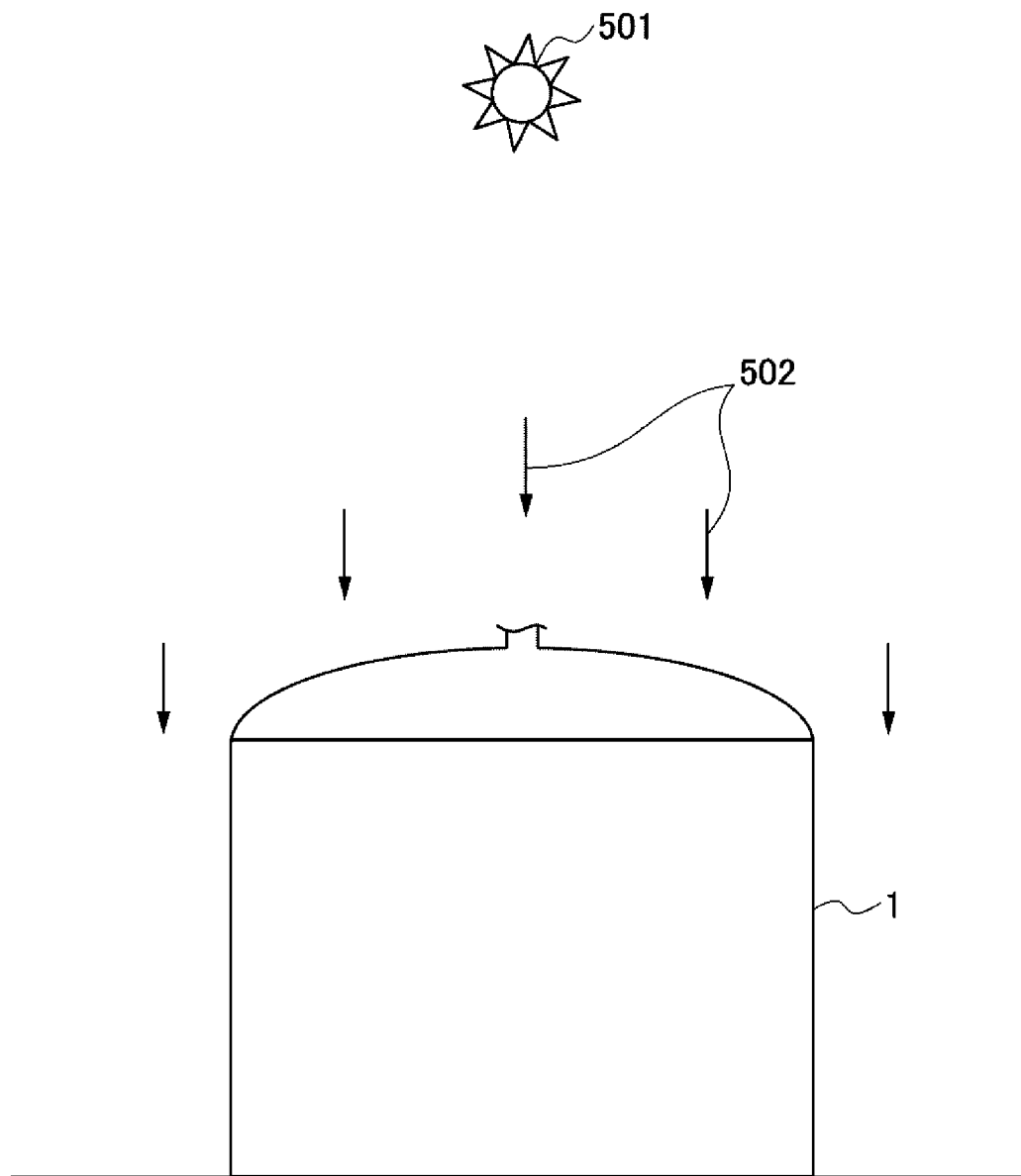
[図4]



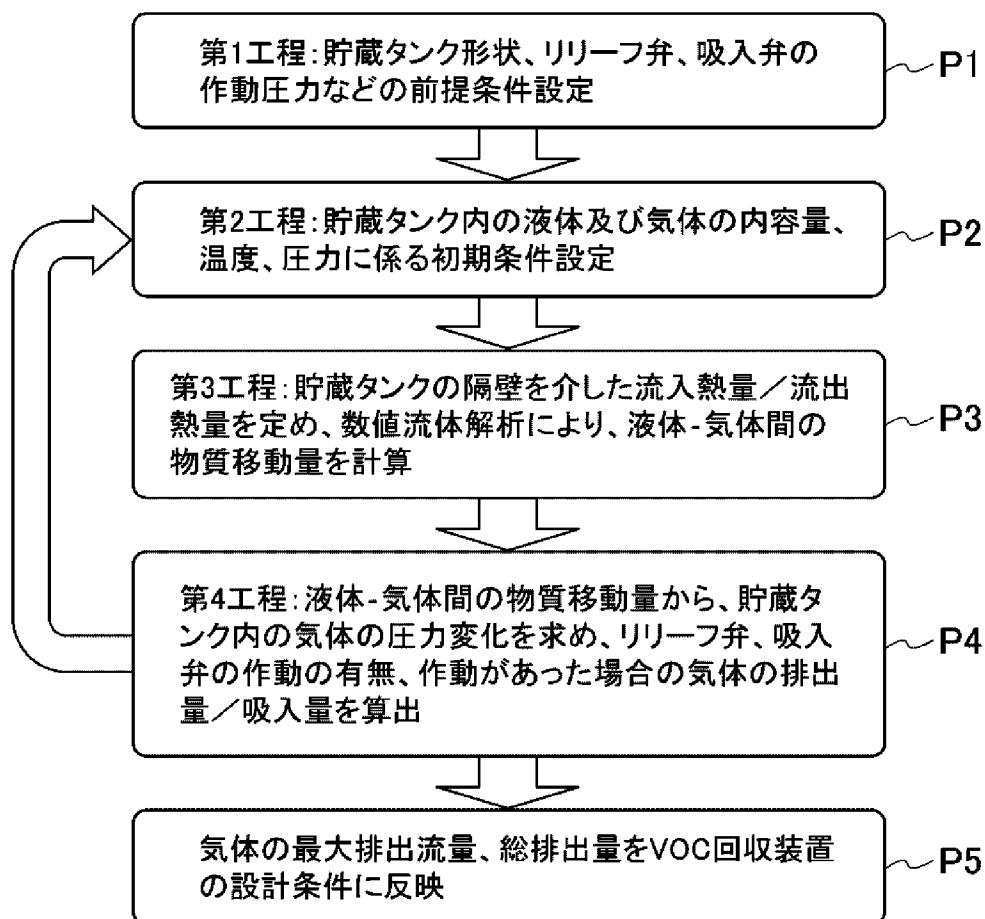
[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/056799

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01F22/02(2006.01) i, F17C13/02(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01F22/00, F17C13/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2015-175488 A (Osaka Gas Co., Ltd.), 05 October 2015 (05.10.2015), fig. 1, 2 (Family: none)	1-10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
16 March 2016 (16.03.16)

Date of mailing of the international search report
29 March 2016 (29.03.16)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01F22/02(2006.01)i, F17C13/02(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01F22/00, F17C13/02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	J P 2015-175488 A（大阪瓦斯株式会社） 2015.10.05, 【図1】【図2】（ファミリー無し）	1-10

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」 同一パテントファミリー文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日

16.03.2016

国際調査報告の発送日

29.03.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

森 雅之

2 F

8505

電話番号 03-3581-1101 内線 3216