

(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
2023年5月4日(04.05.2023)

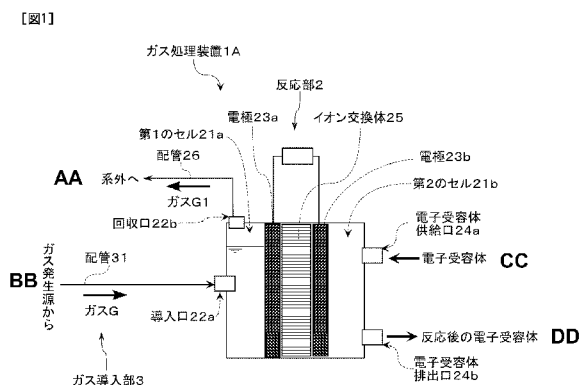


(10) 国際公開番号
WO 2023/074769 A1

- (51) 国際特許分類:
B01D 53/52 (2006.01) *C02F 3/28* (2023.01)
B01D 53/73 (2006.01) *C02F 11/04* (2006.01)
B01D 53/78 (2006.01) *C10L 3/00* (2006.01)
C02F 1/461 (2023.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2022/040035
- (22) 国際出願日: 2022年10月26日(26.10.2022)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2021-179029 2021年11月1日(01.11.2021) JP
- (71) 出願人: 住友重機械工業株式会社
(SUMITOMO HEAVY INDUSTRIES, LTD.) [JP/
JP]; 〒1416025 東京都品川区大崎二丁目
1番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 清川 達則 (KIYOKAWA Tatsunori);
〒2378555 神奈川県横須賀市夏島町19
番地 住友重機械工業株式会社 横須賀
製造所内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 弁理士法人雄渾 (BENRISHIHOJIN
YUKON); 〒1100014 東京都台東区北上野1丁
目6番11号 ノルドビル602 Tokyo (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP,
KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK,
LR, LS, LU, LY, MA, MD, 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,

(54) Title: GAS PROCESSING DEVICE, GAS PROCESSING METHOD, AND METHANE FERMENTATION SYSTEM

(54) 発明の名称: ガス処理装置、ガス処理方法及びメタン発酵処理システム



- 1A Gas processing device
2 Reaction part
3 Gas introduction part
21a First cell
21b Second cell
22a Introduction port
22b Recovery port
23a, 23b Electrode
24a Electron receptor supply port
24b Electron receptor discharge port
25 Ion exchange body
26, 31 Piping
G, G1 Gas
AA To outside system
BB From gas generation source
CC Electron receptor
DD Electron receptor after reaction

(57) Abstract: The present invention addresses the problem of providing a gas processing device, a gas processing method, and a methane fermentation system which a low-cost and stable desulphurization process in the processing of hydrogen sulfide-containing gas, together with allowing efficient energy recovery and usage. In order to solve the problem, provided are: a gas processing device which comprises, for the processing of hydrogen sulfide-containing gas, a reaction part having a pair of electrodes, and a gas introduction part that introduces hydrogen sulfide-containing gas to an anode side of the reaction part, wherein the reaction part generates power and/or removes sulfur components by reaction of hydrogen sulfide; a gas processing method; and a methane fermentation system comprising the gas processing device.



WO 2023/074769 A1

SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ,
UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, 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).

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第21条(3))
-

(57) 要約: 本発明の課題は、硫化水素を含有するガスの処理において、低コストかつ安定した脱硫処理を可能とし、併せて効率的なエネルギーの回収・利用を可能とするガス処理装置、ガス処理方法及びメタン発酵処理システムを提供することである。上記課題を解決するために、硫化水素を含有するガスの処理において、一对の電極を有する反応部と、反応部のアノード側に硫化水素を含有するガスを導入するガス導入部とを備え、反応部は、硫化水素の反応により発電及び/又は硫黄成分の除去を行うというガス処理装置及びガス処理方法並びに該ガス処理装置を備えるメタン発酵処理システムを提供する。

明 細 書

発明の名称：

ガス処理装置、ガス処理方法及びメタン発酵処理システム

技術分野

[0001] 本発明は、硫化水素を含有するガスの処理に係るガス処理装置及びガス処理方法に関するものである。さらに、本発明は、嫌気処理により発生するバイオガスの回収・処理を伴うメタン発酵処理システムに関するものである。

背景技術

[0002] 従来より、自然発生したガスや、各種処理工程で発生するガスに対し、ガスの有効活用や環境への影響を鑑み、ガス中の成分に応じた各種ガス処理が広く行われている。特に、硫化水素を含有するガスについては、硫化水素が強い腐食性を有するなど、環境等への影響が大きいことから、脱硫処理を行うことが一般的である。

[0003] 脱硫処理としては、物理化学的な反応を利用した乾式脱硫や湿式脱硫と呼ばれるものが知られている。乾式脱硫や湿式脱硫は、高い脱硫性能を有する一方で、鉄剤のような脱硫剤やアルカリなどの薬品を必要とする処理であり、脱硫剤の定期的な交換や多量の薬品使用によるランニングコストが高く、かつ処理後に発生する多量の廃棄物処理にもコストがかかるという問題がある。

[0004] 近年、脱硫処理の一つとして、微生物を用いた生物脱硫と呼ばれるものが注目されている。生物脱硫とは、微生物を担持した充填層に対し、処理対象となるガス（硫化水素を含有するガス）を通して微生物と接触させ、ガス中の硫化水素を酸化させるものである。そのため、生物脱硫による処理は、乾式脱硫や湿式脱硫と比べて、脱硫剤や薬品等の使用に係るコストや、処理後に発生する廃棄物処理に係るコストが少なく、低ランニングコストでの処理が可能となるものとして期待されている。

[0005] 例えば、特許文献1には、硫化水素を酸化分解する微生物が付着した充填

材層を有する生物脱硫塔と、該塔に消化ガスを導入する手段と、該塔から処理ガスを排出する手段と、該塔に空気または酸素を供給する手段とを備えた消化ガスの脱硫装置が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開平2-26615号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 特許文献1に記載されるような生物脱硫を用いた脱硫処理は、低コストでの運用が期待できる一方、微生物を用いた処理は温度変化に弱く、処理が一度停止すると、安定した処理条件の制御が困難になることや、乾式脱硫や湿式脱硫と比べ、処理効率が低いことが大きな課題となっている。

[0008] また、特許文献1に記載されるように、生物脱硫を用いた脱硫処理は、空気や酸素を供給し、好気条件下とする必要がある。このため、脱硫処理後のガスに空気あるいは酸素が混入し、脱硫処理後のガスを有効利用しようとする際の大きな課題となっている。

[0009] さらに、近年、脱硫処理に限らず、被処理物の各種処理を行う処理システムの設備駆動電力を抑え、省エネルギー化に優れるものとするために、処理システムに付随させる技術として、効率的なエネルギーの回収・利用が可能な技術が求められている。

[0010] 特に、メタン発酵処理のように、嫌気処理後に発生するバイオガス（特に硫化水素を含有するもの）を回収・利用する場合、硫化水素を含有するガスの処理に併せ、効率的なエネルギーの回収・利用を行うことで、メタン発酵処理全体に係るランニングコストの低減や、処理能力の向上が期待される。

[0011] 本発明の課題は、硫化水素を含有するガスの処理において、低コストかつ安定した脱硫処理を可能とし、併せて効率的なエネルギーの回収・利用を可能とするガス処理装置、ガス処理方法及びメタン発酵処理システムを提供す

ることである。

課題を解決するための手段

[0012] 本発明者は、上記の課題について鋭意検討した結果、硫化水素を電子供与体とした電極反応を行うことにより、硫化水素を含有するガスの処理において、低コストかつ安定した脱硫処理を可能とし、併せて効率的なエネルギーの回収・利用が可能となることを見出して、本発明を完成した。

すなわち、本発明は、以下のガス処理装置、ガス処理方法及びメタン発酵処理システムである。

[0013] 上記課題を解決するための本発明のガス処理装置は、硫化水素を含有するガスの処理を行うガス処理装置であって、一对の電極を有する反応部と、反応部のアノード側に硫化水素を含有するガスを導入するガス導入部と、を備え、反応部は、硫化水素の反応により発電及び／又は硫黄成分の除去を行うという特徴を有する。

本発明のガス処理装置は、一对の電極を有する反応部に対し、アノード側に硫化水素を含有するガスを導入することで、ガス中に含まれる硫化水素を電子供与体とした電極反応を進行させ、硫化水素の反応による脱硫処理や発電が可能となる。これにより、乾式脱硫や湿式脱硫と比べて低コストで処理を行うことができるとともに、生物脱硫と比べて安定した処理条件の制御が容易となる。したがって、硫化水素を含有するガスの処理において、低コストかつ安定した脱硫処理を可能とし、併せて効率的なエネルギーの回収・利用が可能となる。

[0014] また、本発明のガス処理装置の一実施態様としては、反応部において、硫化水素が水溶液中に溶存した状態にあるという特徴を有する。

この特徴によれば、硫化水素を水溶液中に溶存させることで、硫化水素が電子供与体として機能しやすくなり、電極反応をより一層安定して進行させることが可能となる。これにより、発電効率や脱硫処理効率をより向上させることが可能となる。

[0015] また、本発明のガス処理装置の一実施態様としては、硫化水素を含有する

ガスは、メタン発酵処理により発生するバイオガスであるという特徴を有する。

一般的に、メタン発酵処理により発生するバイオガス中には、燃料として有効活用されるメタンに加え、硫化水素が含まれるため、脱硫処理が必要とされている。この特徴によれば、バイオガス中の硫化水素を低コストかつ効果的に脱硫処理し、効率的なエネルギーの回収・利用ができることに加え、硫化水素を含有するガスを導入して反応させる箇所には、生物脱硫のように空気（酸素）を供給する必要がないため、脱硫処理後のガスに空気（酸素）が混入することなく、純度の高いメタンガスとして回収・利用することが可能となるという利点を有する。

[0016] また、上記課題を解決するための本発明のガス処理方法としては、硫化水素を含有するガスの処理を行うガス処理方法であって、一对の電極を有する反応部を備え、反応部のアノード側に硫化水素を含有するガスを導入するガス導入工程と、硫化水素の反応により発電及び／又は硫黄成分の除去を行う反応工程と、を備えるという特徴を有する。

本発明のガス処理方法は、一对の電極を有する反応部に対し、アノード側に硫化水素を含有するガスを導入することで、ガス中に含まれる硫化水素を電子供与体とした電極反応を進行させ、硫化水素の反応による脱硫処理や発電が可能となる。これにより、乾式脱硫や湿式脱硫と比べて低コストで処理を行うことができるとともに、生物脱硫と比べて安定した処理条件の制御が容易となる。したがって、硫化水素を含有するガスの処理において、低コストかつ安定した脱硫処理を可能とし、併せて効率的なエネルギーの回収・利用が可能となる。

[0017] また、上記課題を解決するための本発明のメタン発酵処理システムとしては、被処理物の処理を行うメタン発酵処理システムであって、被処理物の嫌気処理を行う嫌気処理部と、嫌気処理部で発生するバイオガスを回収するバイオガス回収部と、嫌気処理部からの排水を処理する排水処理部と、を備え、バイオガス回収部には、一对の電極を有する反応部と、反応部のアノード

側にバイオガスを導入するガス導入部とを備え、反応部においてバイオガス中の硫化水素の反応により発電及び／又は硫黄成分の除去を行うガス処理部を設け、排水処理部は、嫌気処理部からの排水と電極を接触させ、排水中の還元性物質を電子供与体として電極反応させるという特徴を有する。

本発明のメタン発酵処理システムは、嫌気処理時に発生するバイオガス中に含まれる硫化水素の反応によるガス処理と、嫌気処理により発生する排水中に含まれる還元性物質を電子供与体として用いる排水処理を、それぞれ独立した電極反応として行うものである。これにより、バイオガスに対するガス処理は、乾式脱硫や湿式脱硫と比べて低コストで処理を行うことができるとともに、生物脱硫と比べて安定した処理条件の制御が容易となる。すなわち、硫化水素を含有するガスの処理において、低コストかつ安定した脱硫処理を可能とし、併せて効率的なエネルギーの回収・利用が可能となる。そして、嫌気処理後に発生する排水中に含まれる還元性物質を直接電子供与体として用いることで、排水処理側においても硫化水素を系外に排出することなく、効率的な脱硫処理やエネルギーの回収・利用が可能となる。さらに、ガス処理と排水処理をそれぞれ独立して行うことにより、各処理における処理条件（処理環境）の制御が容易となる。したがって、メタン発酵処理システム全体に係るランニングコストの低減や処理能力の向上が可能となる。

発明の効果

[0018] 本発明によれば、硫化水素を含有するガスの処理において、低コストかつ安定した脱硫処理を可能とし、併せて効率的なエネルギーの回収・利用を可能とするガス処理装置、ガス処理方法及びメタン発酵処理システムを提供することができる。

図面の簡単な説明

[0019] [図1]本発明の第1の実施態様におけるガス処理装置の概略説明図である。

[図2]本発明の第1の実施態様におけるガス処理装置に係る反応部の別態様を示す概略説明図である。

[図3]本発明の第1の実施態様におけるガス処理装置に係るガス導入部の別態

様を示す概略説明図である。

[図4]本発明の第1の実施態様におけるメタン発酵処理システムの概略説明図である。

[図5]本発明の第1の実施態様におけるメタン発酵処理システムの別態様を示す概略説明図である。

[図6]本発明の第2の実施態様におけるガス処理装置の概略説明図である。

[図7]本発明の第3の実施態様におけるガス処理装置の概略説明図である。

[図8]本発明の第3の実施態様のガス処理装置における接触効率向上手段（移動速度制御手段）を示す概略説明図である。

[図9]本発明の第3の実施態様のガス処理装置における移動速度制御手段の別態様を示す概略説明図である。

[図10]本発明の第3の実施態様のガス処理装置における移動速度制御手段の別態様を示す概略説明図である。

[図11]本発明の第3の実施態様のガス処理装置における移動速度制御手段の別態様を示す概略説明図である。

[図12]本発明の第3の実施態様のガス処理装置における移動速度制御手段の別態様を示す概略説明図である。

[図13]本発明の第3の実施態様のガス処理装置における移動速度制御手段の別態様を示す概略説明図である。

[図14]本発明の第3の実施態様のガス処理装置における接触効率向上手段（濃度制御手段）の別態様を示す概略説明図である。

[図15]本発明の第3の実施態様のガス処理装置における濃度制御手段の別態様を示す概略説明図である。

[図16]本発明の第3の実施態様のガス処理装置における濃度制御手段の別態様を示す概略説明図である。

[図17]本発明の第4の実施態様のガス処理装置における接触効率向上手段（洗浄手段）を示す概略説明図である。

[図18]本発明の第4の実施態様のガス処理装置における洗浄手段の別態様を

示す 概略説明図である。

[図19]本発明の第4の実施態様のガス処理装置における洗浄手段の別態様を示す 概略説明図である。

[図20]本発明の第4の実施態様のガス処理装置における洗浄手段の別態様を示す 概略説明図である。

[図21]本発明の第4の実施態様のガス処理装置における洗浄手段の別態様を示す 概略説明図である。

[図22]本発明の第5の実施態様におけるガス処理装置の概略説明図である。

[図23]本発明の第5の実施態様におけるガス処理装置の別態様を示す概略説明図 である。

[図24]本発明の第6の実施態様のガス処理装置における脱気手段を示す概略説明 図である。

[図25]本発明の第6の実施態様のガス処理装置における脱気手段の別態様を示す 概略説明図である。

[図26]本発明の第6の実施態様のガス処理装置における脱気手段の別態様を示す 概略説明図である。

発明を実施するための形態

[0020] 以下、図面を参照しつつ本発明に係るガス処理装置、ガス処理方法及びメタン発酵処理システムの実施態様を詳細に説明する。本発明におけるガス処理方法は、本発明におけるガス処理装置の作動の説明に置き換えるものとする。

なお、実施態様に記載するガス処理装置、ガス処理方法及びメタン発酵処理システムについては、本発明に係るガス処理装置、ガス処理方法及びメタン発酵処理システムを説明するために例示したにすぎず、これに限定されるものではない。

[0021] 本発明のガス処理装置において、処理対象となるガスは、硫化水素を含有するガスであれば特に限定されない。具体的な例としては、例えば、火山ガスのように自然発生するガスのほか、石油精製に伴い発生するガスや、メタ

ン発酵処理により発生するバイオガスのように各種処理過程で発生するガスなどが挙げられる。

特に、本発明のガス処理装置における処理対象となるガスは、メタン発酵処理により発生するバイオガスとすることが好ましい。一般的に、メタン発酵処理により発生するバイオガス中には、燃料として有効活用されるメタンに加え、硫化水素が含まれるため、脱硫処理が必要とされている。そして、詳細については後述するが、本発明のガス処理装置は、硫化水素を含有するガスを導入して反応させる箇所（反応部のアノード側）には、生物脱硫のように空気（酸素）を供給する必要がない。このため、脱硫処理後のガスに空気（酸素）が混入することなく、純度の高いメタンガスとして回収・利用することが可能となるという利点を有する。

[0022] また、本発明のメタン発酵処理システムにおいて、処理対象である被処理物は、嫌気処理により硫化水素を含有するガスを発生させるものであればよく、特に限定されない。なお、被処理物としては、メタン発酵処理システムにおける処理経過に伴って排水中に還元性物質が生成されることがより好ましい。具体的な被処理物の例としては、例えば、家庭や各種工場から排出する生ごみや食品廃棄物、木などバイオマスのほか、各種工場から排出される工業排水や下水などの生活排水を処理した後の余剰汚泥などが挙げられる。なお、以下の実施態様においては、被処理物として、処理を経ることでバイオガスが発生し、かつ排水中に還元性物質が生成するものについて主に説明するが、これに限定されるものではない。

[0023] ここで、本発明において、還元性物質とは、電子供与体として機能するものであればよく、特に限定されない。ある物質が電子供与体として機能するか否かは、電子受容体として機能する物質（以下、単に「電子受容体」と呼ぶ）との組み合わせによって相対的に決まるものである。つまり、本発明における還元性物質は、電子受容体よりも電子を放出しやすいもの、すなわち電子受容体よりも酸化還元電位が低いものとするのが挙げられる。例えば、電子受容体として酸素を用いた場合、本発明における還元性物質は、酸素

よりも酸化還元電位が低いものであればよく、このような還元性物質としては、硫化水素、水素、アンモニアなどが挙げられる。

[0024] 〔第 1 の実施態様〕

(ガス処理装置)

図 1 は、本発明の第 1 の実施態様におけるガス処理装置の構造を示す概略説明図である。

本実施態様におけるガス処理装置 1 A は、図 1 に示すように、反応部 2 と、ガス導入部 3 とを備えるものである。

図 1 に示したガス処理装置 1 A は、ガス導入部 3 を介し、ガス発生源から処理対象となるガス（硫化水素を含有するガス G、以下、単に「ガス G」とも呼ぶ）を反応部 2 に導入する。そして、反応部 2 内でガス G に含まれる硫化水素の反応を進行させることで、発電及び／又は硫黄成分の除去を行うものである。

以下、ガス処理装置 1 A の各構成の詳細について説明する。

[0025] (反応部)

反応部 2 は、硫化水素を含有するガス G 中の硫化水素の反応により、発電及び／硫黄成分の除去を行うためのものである。より具体的には、反応部 2 は、硫化水素を電子供与体とした電極反応を進行させ、発電によるエネルギー回収及び／又は硫黄成分の除去による脱硫処理を行うためのものである。

以下、本実施態様の反応部 2 の構造について、主に発電に係る観点から説明する。なお、本実施態様の反応部 2 による発電及び脱硫処理に係る反応及び工程の詳細については後述する。

[0026] 本実施態様の反応部 2 は、図 1 に示すように、第 1 のセル 2 1 a 及び第 2 のセル 2 1 b と、セル 2 1 a、2 1 b の間を仕切るように設けられたイオン交換体 2 5 と、セル 2 1 a、2 1 b にそれぞれ配置された一対の電極 2 3 a、2 3 b とを備えている。ここで、第 1 のセル 2 1 a は、後述するガス導入部 3 を介してガス G が導入され、ガス G 中に含まれる硫化水素が電極 2 3 a で反応するように形成されており、第 1 のセル 2 1 a に配置された電極 2 3

aはアノードとして機能する。一方、第2のセル21bは、電子受容体を貯留ないしは供給するように形成されており、第2のセル21bに配置された電極23bはカソードとして機能する。また、電極23a、23bは導線により外部回路と接続されている（不図示）。これにより、反応部2において、硫化水素が電子供与体として作用することで発生する電気エネルギーの回収及び利用が可能となる。

[0027] 第1のセル21aは、電極23aを備えるとともに、ガス導入部3と接続され、ガスG中の硫化水素が電極23aで反応するように形成されているものであればよく、特に素材や形状は問わない。

ここで、反応部2において、硫化水素を電子供与体とした電極反応を効率的かつ安定的に進行させるためには、第1のセル21aにおいては、ガス導入部3を介して導入されたガスG中の硫化水素が水溶液に溶存した状態にあることが好ましい。このため、第1のセル21aとしては、例えば、図1に示すように、ガス導入部3を介して導入口22aから導入されたガスG及び水溶液を一時的に貯留可能なスペースを有する構造とすることが挙げられる。

[0028] また、第1のセル21aは、硫化水素が電極23aにおいて電極反応した後のガスを回収して系外に排出する回収口22b及び配管26を備えるものとして挙げられる。これにより、硫化水素を含有するガスGから硫黄成分を除去したガスG1（以下、単に「ガスG1」とも呼ぶ）を効率的に回収することができ、系外への排出あるいは系外での利用が容易となる。また、配管26とガス回収設備（不図示）を接続し、ガスG1の回収・利用を行うものとしてもよい。さらに、配管26にバルブ等の流量調整機構を設け、ガスG1の回収のタイミングを調整するものとしてもよい。

このとき、導入口22a及び回収口22bの位置関係は特に限定されない。例えば、図1に示すように、導入口22aを第1のセル21aの側面に設け、回収口22bを第1のセル21aの上面に設けるもののほか、導入口22aを第1のセル21aの側面に設け、回収口22bを第1のセル21aの

底面に設けるものや、導入口22a及び回収口22bを第1のセル21aの側面に設け、導入口22aよりも垂直方向に高い（又は低い）位置に回収口22bを設けるものなどが挙げられる。特に、ガスGがメタン発酵処理により発生するバイオガスである場合、ガスG1の主成分は、水に溶解せず、かつ空気より軽いメタンガスとなるため、図1に示すように、回収口22bを第1のセル21aの上面に設けることが好ましい。

[0029] 第1のセル21a内に水溶液を貯留する手段については特に限定されない。例えば、ガス処理装置1Aの稼働前に、あらかじめ第1のセル21a内に水溶液を供給しておくものであってもよく、後述するガス導入部3を介して水溶液が供給されるものであってもよい。

また、第1のセル21a内に貯留する水溶液の性質（物性、含有成分等）は特に限定されないが、電極反応を阻害しないものが好ましく、電極反応を促進するものであることがより好ましい。本実施態様における水溶液の具体例としては、例えば、純水、水道水、河川水などのほか、電解質溶液などが挙げられる。

なお、上述したように、第1のセル21a内に水溶液を貯留し、硫化水素を溶存した状態とすることが反応効率の面から好ましいが、これに限定するものではない。例えば、第1のセル21aにガス導入部3からガスGを導入し、気体状態のまま、第1のセル21a内で硫化水素の反応を進行させるものとしてもよい。

[0030] 第1のセル21aには、貯留した水溶液を排出する排水手段及び水溶液を供給する給水手段を設けるものとしてもよい。なお、後述するように、第1のセル21a内の水溶液には処理過程に伴い発生する反応生成物（硫黄、硫酸等）が存在する。このため、第1のセル21a内から排出する水溶液は、発生する反応生成物に応じて別途処理する必要がある。したがって、ランニングコストを低減させる観点からは、第1のセル21a内の水溶液を系外に排出する頻度を少なくすることが好ましい。

[0031] 図2は、本実施態様におけるガス処理装置1Aにおける反応部2（第1の

セル21a)の別態様を示す概略説明図である。なお、図1に示したガス処理装置1Aの構成と同じものについては同一符号を付し、説明を省略する。

図2に示すように、第1のセル21aは、排水口22c及び循環流路27を有し、第1のセル21a内の水溶液を循環水として循環移動させるものとしてもよい。これにより、第1のセル21a内の水溶液を循環利用することで、系外に排出する頻度を少なくし、水溶液の処理に係るコストを低減させることが可能となる。また、第1のセル21a内で水溶液を循環移動させることにより、第1のセル21a内が攪拌され、後述する接触効率向上手段5(移動速度制御手段6)に係る効果を得ることもできる。

[0032] 第2のセル21bは、電極23bを備え、硫化水素に対する電子受容体を貯留ないしは供給するように形成されているものであればよく、特に素材や形状は問わない。

[0033] ここで、電子受容体の形態は、気体、液体のいずれであってもよい。なお、液体としては、固体薬剤を溶解させた溶液であってもよく、気体を混合(溶解)させた溶液であってもよい。

本実施態様において電子受容体の具体的な例については、例えば、気体としては、酸素及び酸素を含む気体が挙げられる。なお、酸素を含む気体とは、空気のように混合物として酸素を含むものや、二酸化炭素のように化合物を構成する元素として酸素を含むものが挙げられる。電子受容体として気体を用いた場合、反応後に排出したものの処理が不要(あるいは容易)であることや、入手に係るコストを低減できるという利点がある。なお、これらの利点を最大限活用するためには、電子受容体として、空気を用いることが特に好ましい。

また、本実施態様において電子受容体の他の例としては、例えば、液体として、溶存酸素を含む溶液や、フェリシアン化カリウム水溶液のような酸化剤の水溶液等が挙げられる。電子受容体として液体を用いた場合、電子受容体として効果の高い化合物(酸化剤)の取り扱いが容易となるため、発電効率をより向上させることができるという利点がある。

なお、発電効率を向上させるという観点からすると、電子受容体としては、フェリシアン化カリウム水溶液を用いることが特に好ましい。

[0034] 第2のセル21bとしては、例えば、図1に示すように、第2のセル21bに、気体状の電子受容体（酸素、空気など）を電極23bに対して供給するために、気体を供給するための電子受容体供給口24a及び反応後の気体を排出するための電子受容体排出口24bを設けることが挙げられる。また、第2のセル21bの他の例としては、第2のセル21bに、液体を貯留可能なスペースを設け、電子受容体供給口24a及び電子受容体排出口24bとして、それぞれ電子受容体の溶液の供給及び反応後の溶液の排出が可能なものを設けること等が挙げられる。これにより、電極23aからの電子を、電極23bを介して電子受容体が受け取ることができ、電極23aと電極23b間に電流が流れて発電が行われる。また、反応後の電子受容体は電子受容体排出口24bを介して速やかに反応部2の外部に排出される。

なお、電子受容体供給口24a及び／又は電子受容体排出口24bにバルブ等の流量調整機構を設け、第2のセル21bにおける電子受容体の濃度を調整できるものとしてもよい。さらに、電極23aにおける反応により生成した電子量に応じた電子受容体濃度が維持されるように流量調整機構を制御する制御機構を設けるものとしてもよい。これにより、電極23a及び電極23b間の電子移動に係る反応効率の低下を抑制し、発電効率の低下を抑制することが可能となる。

[0035] 図1において、電子受容体供給口24a及び電子受容体排出口24bは、それぞれ1つずつ設けたものを示しているが、これに限定されるものではない。例えば、電子受容体供給口24a及び電子受容体排出口24bを複数設けるものとしてもよい。特に、電子受容体として酸素を含む気体を用いた場合、後述するように、電極23bにおける反応によって水が生成する。したがって、電子受容体排出口24bを複数設ける場合、例えば、気体を排出するものと液体を排出するものをそれぞれ分けて設けること等が挙げられる。

[0036] イオン交換体25は、イオンを透過することのできる公知の構成であれば

よく、特に限定するものではない。特に、電極 23 a（アノード側）で発生する水素イオンを透過することのできる陽イオン交換膜とすることが挙げられる。これにより、電極 23 a（アノード側）から電極 23 b（カソード側）へ水素イオンが移動することで、電極 23 bでの電子受容体の反応効率を高めることができ、発電効率を向上させることができる。また、イオン交換体 25 は、酸素透過性が低いものとするのがより好ましい。これにより、電極 23 b（カソード側）に供給される電子受容体（酸素）が電極 23 a側に移動することを抑制し、電極 23 aにおける電子供与体の反応効率が酸素により低下することを抑制することが可能となる。

なお、図 1 において、イオン交換体 25 は、電極 23 a 及び電極 23 b と別体として設けるものを示しているが、これに限定されるものではない。例えば、イオン交換能を有する材料と電極 23 a 及び／又は電極 23 b を一体とすること等が挙げられる。これにより、反応部 2 全体を小型化することが可能となるとともに、メンテナンス作業に係る時間短縮が可能となる。

[0037] 電極 23 a は、硫化水素（還元性物質）から電子を回収する電極であり、いわゆるアノードとして機能するものである。また、本実施態様における電極 23 a は、第 1 のセル 21 a 内で硫化水素の反応が進行するように配置されており、図 1 に示すように、第 1 のセル 21 a 内に水溶液を貯留する場合、電極 23 a と水溶液が接触するように配置されている。

[0038] 電極 23 a としては、アノードとして機能するものであればよく、材質及び形状については特に限定されない。電極 23 a の材質及び形状については、材料調達や加工に係るコスト、電極 23 a における還元性物質の反応効率などを鑑みて、適宜選択することができる。電極 23 a の材質の例としては、例えば、電気化学分野で電極材料として広く用いられている炭素や金属（チタン、ステンレス、白金、銅等）が挙げられる。また、電極 23 a の形状の例としては、例えば、平板状、棒状、メッシュ状などが挙げられる。

[0039] 本実施態様における電極 23 a は、硫化水素を直接電子供与体として用いて反応させるものであり、電極表面に微生物を接触あるいは担持させ、微生物

物の代謝能力を利用して電気エネルギーを得るといふ、いわゆる微生物燃料電池に係る電極とは異なるものである。したがって、電極23a表面への硫化水素（還元性物質）の物質移動が微生物によって阻害されることがなく、硫化水素（還元性物質）としての反応効率（電極23aに対する硫化水素の物質移動速度）を向上させることができ、発電効率を向上させることができる。

また、本実施態様における電極23aは、微生物の代謝により生成した電子を回収するものではなく、硫化水素（還元性物質）から直接電子を回収するものである。したがって、微生物の代謝が律速となることなく、電子供与体としての反応効率（電極23aにおける電子の回収速度）が向上し、発電効率を向上させることができる。

[0040] さらに、本実施態様における電極23aは、電極23aの構造を特に加工する必要がなく、電極23a作成に係るコストを低減させることができる。また、微生物燃料電池における電極と異なり、電極23aに対する微生物の保持量や微生物による反応効率を鑑みて、電極23aを大型化する必要もないため、ガス処理装置に係る設備の小型化が可能となる。

[0041] 電極23bは、電極23aの対極であって、電子受容体へ電子を受け渡す電極であり、いわゆるカソードとして機能するものである。また、本実施態様における電極23bは、第2のセル21b内に配置されている。

[0042] 電極23bとしては、カソードとして機能するものであればよく、材質及び形状については特に限定されない。電極23bの材質及び形状については、材料調達や加工に係るコスト、電極23bにおける電子受容体の反応効率などを鑑みて、適宜選択することができる。電極23bの材質の例としては、例えば、電気化学分野で電極材料として広く用いられている炭素や金属（チタン、ステンレス、白金、銅等）が挙げられる。また、電極23bの形状の例としては、例えば、平板状、棒状、メッシュ状などが挙げられる。

[0043] 第2のセル21b内に供給される電子受容体が気体（空気）である場合、電極23bは、一方の面は気体と接するが、もう一方の面は水溶液と接する

。このため、電極 2 3 b は、いわゆるエアカソードとして適した形態とすることが好ましい。エアカソードとして適した形態としては、例えば、気体透過性と不透水性の両方の性質を備えることが挙げられる。電極 2 3 b が気体透過性を備えた形態とすることにより、電子受容体である気体を電極 2 3 b で効果的に反応させることが可能となる。また、電極 2 3 b が不透水性を備えることにより、第 1 のセル 2 1 a 内の水溶液が電極 2 3 b を透過し、第 2 のセル 2 1 b 内に流入することを抑制することが可能となる。このような電極 2 3 b の具体例としては、炭素繊維からなるものや、金属メッシュ表面に対して気体透過性及び不透水性を有する材料の塗布あるいはフィルムの積層等の表面処理を行ったもの等が挙げられる。なお、ここでの不透水性とは、水を通さないことを指し、例えば、電極 2 3 b を防水化、撥水化、疎水化、あるいは止水化することについても、不透水性を備えることに含まれるものである。

[0044] (ガス導入部)

ガス導入部 3 は、ガス発生源から硫化水素を含有するガス G を反応部 2 のアノード側 (第 1 のセル 2 1 a) に導入するためのものである。

なお、本発明におけるガス発生源とは、硫化水素を含有するガス G が発生する環境を指し、具体的な例としては、硫化水素を含有するガス G が発生する設備等が挙げられる。

[0045] 本実施態様におけるガス導入部 3 は、反応部 2 のアノード側にガス発生源からのガス G を導入することができるものであればよく、反応部 2 のアノード側へガス G を導入する際、気体状態のまま導入するものであってもよく、ガス G を混合 (溶解) した水溶液の状態を導入するものであってもよい。

また、本実施態様におけるガス導入部 3 は、ガス発生源と直接接続し、ガス G を反応部 2 に導入するものであってもよく、ガス発生源から回収・一時貯留されたガス G を反応部 2 に導入するものであってもよい。

[0046] 例えば、ガス G を気体状態のまま反応部 2 のアノード側に導入する場合、図 1 に示すように、ガス導入部 3 としては、ガス発生源と反応部 2 の第 1 の

セル21aに設けられた導入口22aとを接続する配管31を設けることが挙げられる。このとき、第1のセル21aにはあらかじめ水溶液を供給しておくことで、ガス導入部3を介して気体状態のまま導入されたガスGが第1のセル21a内で水溶液と接触し、ガスG中の硫化水素が水溶液に溶存した状態で反応を進行させることが可能となる。

[0047] また、例えば、ガスGを混合（溶解）した水溶液の状態では反応部2のアノード側に導入する場合、ガス導入部3としては、反応部2の前段で、ガス発生源からのガスGを水溶液に接触させるものとすることが挙げられる。

図3は、本実施態様におけるガス処理装置1Aにおけるガス導入部3の別態様を示す概略説明図である。なお、図1及び図2に示したガス処理装置1Aの構成と同じものについては同一符号を付し、説明を省略する。

図3に示すように、ガス導入部3としては、ガス発生源からのガスGを移送する配管31と、配管31を介してガスGが導入される水槽33と、水槽33と導入口22aとを接続し、ガスGが混合（溶解）した水溶液を反応部2のアノード側（第1のセル21a）に導入する配管32aと、排水口22cから排出される水溶液を水槽33に返送する配管32bとを備えるものが挙げられる。このとき、水槽33、配管32a及び32bにより、図2に示したガス処理装置1Aにおける循環流路27に相当するものが形成される。よって、図3に示すガス処理装置1Aにおいても、第1のセル21a内の水溶液を循環水として循環移動させるものとし、水溶液の系外排出を制御するとともに、第1のセル21a内の攪拌を行うものとする事ができる。

[0048] 図3における水槽33は、ガス発生源からのガスGと水溶液を混合することができるものであればよく、形状や材質については特に限定されない。また、水槽33に貯留される水溶液は、上述した第1のセル21a内に供給する水溶液と同様のものとしてもよく、アルカリ溶液を用い、いわゆる湿式脱硫に係る処理を併用するものとしてもよい。なお、アルカリ溶液を用いる場合、反応部2における電極反応効率を鑑み、弱アルカリ性の水溶液を用いることが好ましい。あるいは、反応部2に導入する際に、水溶液が中性（pH

7付近)となるよう、水槽33の後段にpH調整を行う手段を設けるものとしてもよい。

[0049] なお、ガス処理装置1Aのガス導入部3として水槽33を設ける場合、図3に示した構造に限定されるものではない。その他の例としては、ガスG1を回収する回収口22b及び配管26を、第1のセル21aではなく、水槽33に設けることなどが挙げられる。

[0050] また、反応部2の前段で、ガス発生源からのガスGを水溶液に接触させるガス導入部3の他の例としては、水槽33を設ける代わりに、図2に示すような循環経路27に、ガス発生源からのガスGを導入する配管を直接接続することなどが挙げられる。これにより、ガス導入部3としての省スペース化が可能となり、ガス処理装置1Aの小型化が可能となる。

[0051] また、ガス導入部3における配管31及び／又は配管32aに、バルブ等の流量調整機構を設けるものとしてもよい。これにより、反応部2のアノード側に導入するガスG（硫化水素）の量及び流速を調整し、電極23aに対する硫化水素の物質移動速度を制御することが可能となる。

[0052] 本実施態様におけるガス処理装置1Aは、硫化水素を含有するガスG中の硫化水素を電子供与体として用い、電気化学反応（電極反応）により発電及び／又は脱硫処理を行うものである。一般に、電気化学反応を行う場合、実際に電気化学反応を行う箇所（反応部2）以外へ電子が移動することで、電気化学反応の効率が低下するという問題が生じる。したがって、本実施態様におけるガス処理装置1Aは電気化学反応を行う箇所（反応部2）以外を絶縁処理することが好ましい。絶縁処理の具体例としては、例えば、反応部2以外の設備（ガス導入部3における水槽等）を絶縁体の上部に設置することのほか、ガス導入部3の外壁あるいは内壁を絶縁体で構成することや、ガス導入部3の外壁あるいは内壁を絶縁材料でコーティングすることなどが挙げられる。また、反応部2と接続した各配管の絶縁処理としては、例えば、それぞれの配管を絶縁体からなるものとすることや、それぞれの配管に絶縁材料をコーティングすること等が挙げられる。

[0053] 上述した本実施態様におけるガス処理装置 1 Aにおいて、ガス G中の硫化水素を電子供与体とする反応により発電及び／又は脱硫処理を行うことができる。

以下、ガス処理装置 1 Aにおける発電及び脱硫処理に係る反応及び工程について詳細に説明する。

[0054] (ガス処理装置における発電及び脱硫処理に係る反応及び工程)

図 1 に基づき、本発明の第 1 の実施態様のガス処理装置 1 Aにおける発電及び脱硫処理に係る反応及び工程を説明する。

本実施態様のガス処理装置 1 Aにおける発電及び脱硫処理に係る反応及び工程は、ガス G中の硫化水素を電子供与体として用い、空気(酸素)を電子受容体として用いるものについて説明するものである。

なお、図 1 に基づく反応及び工程に係る説明は、本実施態様における発電及び脱硫処理の一例について示すものであり、これに限定されるものではない。また、以下の説明は、反応部 2 に係る反応及び工程について述べたものであり、その他の構成(ガス発生源、ガス導入部 3 及び配管 2 6 の後段に設けられるガス回収設備など)に係る反応及び工程については説明を省略している。さらに、反応 R 1 ~ R 4 及び工程 S 1、S 2 の表記については、説明のために番号を付したものであり、反応及び工程順序を特定するものではない。

[0055] 図 1 に示すように、ガス発生源からガス導入部 3 を介し、ガス Gが反応部 2 におけるアノード側である第 1 のセル 2 1 a 内に導入される(工程 S 1)。ここで、第 1 のセル 2 1 a 内で水溶液に溶存した状態の硫化水素が電極 2 3 a に接触することで、硫化水素が電子供与体として速やかに機能し、電極 2 3 a へ電子が供与される。このとき、電極 2 3 a における反応(反応 R 1)は、以下の反応式(式 1)で示される。

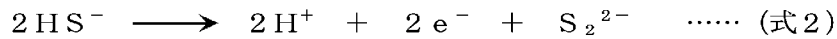
[数 1]



[0056] また、第 1 のセル 2 1 a 内では、硫化水素の一部は硫化水素イオンとして

反応する。このときの反応は、以下の反応式（式2）で示される。

[数2]

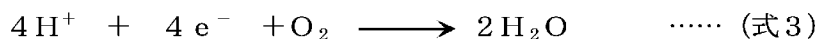


[0057] 式1及び式2で示されるように、反応R1において、硫化水素は電極23aに電子を供与するとともに、硫化水素自身は酸化処理されることで無害化、無臭化する。このため、本実施態様のガス処理装置1Aは、発電とともに、脱硫処理・脱臭処理が可能となる。なお、ガスG中に硫化水素以外の有害物質・臭気物質である還元性物質（アンモニア等）が含有していた場合についても、同様に電子供与体として機能し、反応が進行することで、無害化・無臭化が可能になる。

[0058] 式1及び式2に示された反応式に基づき、電極23aにおける反応R1が進行した後、電子は電極23aから導線を介して電極23bへ移動する（反応R2）。なお、このとき、電極23aにおける反応で生成した水素イオンは、イオン交換体25を介して第2のセル21b側へ移動する（反応R3）。

[0059] 一方、第2のセル21bには、電子受容体供給口24aから電子受容体として空気（酸素）を導入する（工程S2）。ここで、反応R2により、電極23aから電極23bに移動した電子を、電極23bを介して電子受容体が受け取る。また、このとき、反応R3により、イオン交換体25を介して第2のセル21b側に移動した水素イオンも電子受容体（酸素）と反応する。このときの電極23bにおける反応（反応R4）は、以下の反応式（式3）で示される。

[数3]



[0060] 上述した反応R1～R4及び工程S1、S2に基づき、電極23aと電極23bの間に電流が流れる。これにより、ガスG中の硫化水素を電子供与体とする反応が進行し、本実施態様のガス処理装置1Aにおける発電及び脱硫処理が行われる。

- [0061] そして、上述した反応R 1～R 4及び工程S 1、S 2による発電及び脱硫処理が進行することで、硫化水素が除去された状態のガスG 1が回収口2 2 b及び配管2 6を介して、系外に排出される。
- [0062] ここで、発電により得られた電気エネルギーは、電極2 3 a及び電極2 3 bに接続した外部回路を通じて回収・利用することができる。なお、電気エネルギーの利用については、特に限定されない。例えば、ガス処理装置の設備駆動に用いるものであってもよく、ガス処理装置外で利用するものであってもよい。
- [0063] 以上のように、本実施態様におけるガス処理装置1 Aでは、処理対象となるガスG中の成分（硫化水素）を直接利用した反応を行うため、乾式脱硫や湿式脱硫と比べ、系外から供給する薬品（脱硫剤等）に係るコストを大幅に削減することが可能となる。また、一般に、電極反応は反応速度が速く、反応条件に係るパラメータに関する知見も多く知られている。このため、電極反応に係る処理条件の制御は、微生物を用いた処理に係る処理条件の制御と比べて容易に行うことができる。したがって、硫化水素を含有するガスの処理において、低コストかつ安定した脱硫処理を可能とし、併せて効率的なエネルギーの回収・利用が可能となる。
- [0064] また、本実施態様におけるガス処理装置1 Aでは、反応部2において、ガスG由来以外の気体成分の供給が不要であるとともに、反応による気体発生があまり起こらない。このため、ガスGがメタン発酵処理により発生するバイオガスである場合、本実施態様におけるガス処理装置1 Aによって、バイオガス中の硫化水素やその他の還元性物質を効果的に除去することができるとともに、ガスG 1として純度の高いメタンガスを回収することが可能となる。
- [0065] なお、本実施態様におけるガス処理装置1 Aに係る構成は、独立したものとして利用すること以外に、他の処理設備と組み合わせて処理システムを構築するものとしてもよい。更には、既設の処理システムにおけるガス処理装置として適用するものとしてもよい。これにより、発電及び／又は脱硫処理

の機能を有する本発明のガス処理装置を備える処理システムを容易に提供することができる。また、新規に構築した処理システムや既設の処理システムに対し、本発明のガス処理装置を用いたガス処理方法（発電方法や脱硫方法）を提供することが可能となる。

[0066] （メタン発酵処理システム）

本実施態様におけるガス処理装置 1 A を適用した処理システムの一例としては、メタン発酵処理システムが挙げられる。

[0067] 図 4 は、本発明の第 1 の実施態様におけるメタン発酵処理システムを示す概略説明図である。

本実施態様におけるメタン発酵処理システム 100 A は、図 4 に示すように、嫌気処理部 200 と、バイオガス回収部 300 と、排水処理部 400 とを備え、さらにバイオガス回収部 300 にはガス処理部 310 を備えるものである。また、メタン発酵処理システム 100 A は、嫌気処理部 200 に被処理物 S を導入する導入配管 L1、嫌気処理部 200 とバイオガス回収部 300 を接続する接続配管 L2、嫌気処理部 200 から排出された排水 W1 を排水処理部 400 に導入する導入配管 L3、排水処理部 400 から処理水 W2 を系外に排出する排出配管 L4 を備えている。

[0068] 図 4 に示したメタン発酵処理システム 100 A では、被処理物 S に対して嫌気処理部 200 による嫌気処理を行い、この際発生するバイオガスをバイオガス回収部 300 で回収する一方、嫌気処理を経た後の排水 W1 を排水処理部 400 に導入する。そして、バイオガス回収部 300 に設けられたガス処理部 310 により、バイオガス中の硫化水素の反応による発電及び／又は硫黄成分の除去を行う。また、排水処理部 400 では、排水 W1 中の還元性物質（硫化水素を含む）を電子供与体とした反応により、発電及び／又は硫黄成分の除去を行う。これにより、被処理物 S の嫌気処理に伴い発生するバイオガスのガス処理において、低コストかつ安定した脱硫処理を可能とし、併せて効率的なエネルギーの回収・利用が可能となる。加えて、排水処理部では、メタン発酵処理において発生する還元性物質（硫化水素を含む）を有

効活用し、効率的なエネルギーの回収・利用及び／又は脱硫処理が可能となる。

以下、メタン発酵処理システム100Aにおける各構成について説明する。

[0069] (嫌気処理部)

嫌気処理部200は、被処理物Sに対して嫌気処理を行うためのものである。

嫌気処理部200で行う処理は、被処理物S中に含まれる処理対象に合った嫌気処理であり、処理後の排水W1中に還元性物質を含むものであれば、特に制限されないが、処理コストや生成ガスの有用性の観点から、メタンを生成するメタン発酵が特に好ましい。

[0070] 嫌気処理部200は、メタン発酵処理において公知の構造を用いることができ、例えば、酸生成槽とメタン発酵槽の組み合わせとして公知の構造を有するものや、消化槽として公知の構造を有するものが好ましく、具体的な構造については特に限定されない。なお、嫌気処理部200は、上述したガス発生源に相当するものでもある。

[0071] 嫌気処理部200においてメタン発酵を行う場合、主にメタンガスからなり、硫化水素を含有するバイオガスが発生するほか、被処理物Sを処理した後の排出物(排水W1)中には、メタンのほか、硫化水素、水素、アンモニア等の生成物が存在する。なお、これら生成物は、本発明における還元性物質に相当するものである。

[0072] 嫌気処理部200で発生したバイオガスは、接続配管L2を介してバイオガス回収部300に導入される。一方、嫌気処理部200からの排水W1は、導入配管L3を介して、排水処理部400へ導入される。

[0073] (バイオガス回収部)

バイオガス回収部300は、嫌気処理部200で発生したバイオガスを回収し、ガス処理を行うためのものである。

本実施態様におけるバイオガス回収部300には、一対の電極を有する反

応部と、反応部のアノード側にバイオガスを導入するガス導入部とを備えるガス処理部310を設けており、ガス処理部310によってバイオガス中の硫化水素の反応を進行させ、発電及び／又は硫黄成分の除去を行うものである。

[0074] 本実施態様におけるガス処理部310は、上述したガス処理装置1Aと同様の構造を有するものを用いることができ、図4に示すガス処理部310においては、図1に示したガス処理装置1Aと同様の構造を有するものを示している。なお、図4においては、接続配管L2がガス導入部3に相当する。

図4には、図1に示したガス処理装置1Aと同様の構造を有するものをガス処理部310として示しているが、これに限定されるものではなく、本発明におけるその他の構造を有するガス処理装置についても、本発明のメタン発酵処理システムにおけるガス処理部310として用いることができる。

[0075] ガス処理部310として、ガス処理装置1Aの構成を用いることにより、上述したとおり、処理対象となるバイオガス中の成分（硫化水素）を直接利用した反応を行うことになる。このため、乾式脱硫や湿式脱硫と比べ、系外から供給する薬品（脱硫剤等）に係るコストを大幅に削減することが可能となる。また、電極反応は、微生物を用いた処理に比べ、反応速度が速く、処理条件の制御が容易であることが知られている。したがって、硫化水素を含有するガスの処理において、低コストかつ安定した脱硫処理を可能とし、併せて効率的なエネルギーの回収・利用が可能となる。

[0076] また、ガス処理部310としてガス処理装置1Aを用いることにより、反応部2においては、バイオガス由来以外の気体成分の供給が不要であるとともに、反応による気体発生があまり起こらない。このため、バイオガス中の硫化水素やその他の還元性物質を効果的に除去できるとともに、ガスG1として純度の高いメタンガスを回収することが可能となる。

[0077] バイオガス回収部300は、ガス処理部310（ガス処理装置1A）以外に、ガスG1を回収・貯留する設備を設けるものとしてもよい。これにより、硫化水素が除去され、かつ純度の高いメタンガスを容易に有効活用するこ

とが可能となる。

[0078] (排水処理部)

排水処理部400は、排水W1中の還元性物質を電子供与体として電極反応を行うためのものである。より詳しくは、排水W1中の還元性物質（特に硫化水素）を電子供与体とした反応により、発電及び／又は硫黄成分の除去を行うためのものである。

本実施態様の排水処理部400は、図4に示すように、嫌気処理部200の後段に設けられ、第1のセル410a及び第2のセル410bと、セル410a、410bの間を仕切るように設けられたイオン交換体450と、セル410a、410bにそれぞれ配置された電極430a、430bとを備えている。

ここで、第1のセル410aは、嫌気処理部200から導入配管L3及び導入口420aを介して導入された排水W1が電極430aに接触するように形成されており、第1のセル410aに配置された電極430aはアノードとして機能する。

一方、第2のセル410bは、電子受容体を貯留ないしは供給するように形成されており、第2のセル410bに配置された電極430bはカソードとして機能する。また、第2のセル31bには、電子受容体を供給するための電子受容体供給口440a及び反応後の電子受容体を排出するための電子受容体排出口440bが設けられている。

さらに、電極430a、430bは導線により外部回路と接続されている（不図示）。

これにより、排水処理部400において、還元性物質が電子供与体として作用することで発生する電気エネルギーの回収及び利用、さらに脱硫処理も可能となる。

[0079] 本実施態様における排水処理部400において、第1のセル410a及び第2のセル410b、導入口420a、電極430a及び電極430b、電子受容体供給口440a及び電子受容体排出口440b、イオン交換体45

0は、それぞれガス処理装置1Aにおける第1のセル21a及び第2のセル21b、導入口22a、電極23a及び23b、電子受容体供給口24a及び電子受容体排出口24b、イオン交換体25と同様の機能及び構造を有するものとするのが挙げられる。これにより、排水処理部400においても、上述したガス処理装置1Aと同様の反応及び工程により、効率的な脱硫処理やエネルギーの回収・利用が可能となる。

[0080] 本実施態様における排水処理部400では、図4に示すように、第1のセル410aに、電極430aに接触した後の排水Wを排出するための排水口420b及び排出配管L4を備えるものとしてもよい。これにより、排水W1中の還元性物質は電子供与体として電極33aに電子を供与した後、排出配管L4を介して速やかに排出される。

排出配管L4を介して排出された処理水W2は、河川などへの放流が可能な水質を満たすものであれば、そのまま放流することが可能である。また、排出配管L4の後段に、処理水W2を更に処理するための反応槽（不図示）を設けるものとしてもよい。このような反応槽としては、処理水W2が河川放流可能な水質となるように処理できるものであれば特に限定されない。例えば、曝気槽やpH調整槽などが挙げられる。

[0081] 図4には、図1に示したガス処理装置1Aと略同様の構造を有するものを排水処理部400として示しているが、これに限定されるものではなく、本発明におけるその他の構造を有するガス処理装置に係る構造についても、本発明のメタン発酵処理システムにおける排水処理部400の構造として用いることができる。

[0082] 例えば、図2に示したガス処理装置1Aにおける循環流路27や、図3に示したガス処理装置1Aにおける水槽33及び配管32a、32bの組み合わせのように、排水処理部400における第1のセル410a内にある電極反応後の排水W1（処理水W2）を、第1のセル410a内へ循環移動させる流路を形成するものとしてもよい。これにより、排水W1（処理水W2）を繰り返し第1のセル410aに導入することができ、還元性物質を電子供

与体とする反応効率を高め、特に効率的な脱硫処理を実施することが可能となる。

[0083] 本実施態様におけるメタン発酵処理システム100Aは、バイオガス中の硫化水素に加え、嫌気処理部200からの排水W1中の還元性物質を電子供与体として用い、電気化学反応（電極反応）により発電及び脱硫処理を行うものである。上述したように、電気化学反応を行う箇所以外に電子が移動することで、電気化学反応の効率が低下するという問題が生じることが知られている。したがって、本実施態様におけるメタン発酵処理システム100Aは電気化学反応を行う箇所以外を絶縁処理することが好ましい。絶縁処理の具体例としては、例えば、嫌気処理部200を絶縁体の上部に設置することのほか、嫌気処理部200の外壁あるいは内壁を絶縁体で構成することや、嫌気処理部200の外壁あるいは内壁を絶縁材料でコーティングすることなどが挙げられる。また、導入配管L1及びL3、接続配管L2並びに排出配管L4の絶縁処理としては、例えば、それぞれの配管を絶縁体からなるものとすることや、それぞれの配管に絶縁材料をコーティングすること等が挙げられる。

[0084] また、図5は、本実施態様におけるメタン発酵処理システムの別態様を示した概略説明図である。

図5に示すメタン発酵処理システム100Bは、排水処理部400として、嫌気処理部200からの排水W1を直接第1のセル410aに導入する代わりに、固液分離処理後の濾液Fを第1のセル410aに導入し、濾液F中の還元性物質を電子供与体として用いる排水処理を行うものである。なお、図4に示したメタン発酵処理システム100Aと同様の構造を有するものについては説明を省略する。

[0085] 嫌気処理部200から排出される排水W1中には、固体成分が一定量含まれる場合がある。そのため、排水W1を第1のセル410aに直接導入することで、電極反応が固体成分によって阻害されるおそれがある。したがって、メタン発酵処理システム100Bは、排水W1を固液分離処理した後の濾

液Fを第1のセル410aに導入することで、排水W1中の還元性物質を電子供与体とした反応を間接的に進行させ、発電及び／又は硫黄成分の除去を行うものである。

[0086] 本実施態様におけるメタン発酵処理システム100Bは、図5に示すように、メタン発酵処理システム100Aの排水処理部400において、さらに固液分離部460を備えるものである。また、メタン発酵処理システム100Bは、導入配管L3に代えて、嫌気処理部200と固液分離部460とを接続し、排水W1を固液分離部460に導入する接続配管L5及び固液分離部460で分離された濾液Fを第1のセル410aに導入する導入配管L6を備え、さらに固液分離部460で分離された固形物を排出する排出配管L7を備えている。

[0087] (固液分離部)

固液分離部460は、嫌気処理部200から導入された排水W1を、固形物と濾液Fに分離処理するためのものである。

ここで、固液分離部460で分離処理される排水W1は、嫌気処理部200で嫌気処理された後の排出物であり、余剰汚泥などの泥状物を含む固液混合物（スラッジ）である。また、排水W1中には、メタン発酵により生成した還元性物質が含有されている。

したがって、固液分離部460で排水W1を固液分離し、還元性物質を含有する濾液Fを回収して後段の第1のセル410aに導入することで、排水W1中の還元性物質を電子供与体とする反応を間接的に進行させることが可能となる。

[0088] 固液分離部460としては、排水W1中に含まれる固形物と濾液Fとを分離することができるものであればよく、特に限定されない。例えば、凝集沈殿槽、沈殿槽のような沈降分離式によるものや、遠心分離機を備える遠心分離式によるもののほか、ベルトプレス脱水機やスクリーンプレス脱水機のような加圧濾過装置を備えるものなどが挙げられる。

[0089] 固液分離部460で分離された濾液Fは、導入配管L6を介し、第1のセ

ル410aへ導入される。一方、固液分離部460で分離された固形物は、排出配管L7を介して系外に排出される。このとき、排出配管L7の後段に、固形物を処理する処理設備を設けるものとしてもよい。

[0090] 第1のセル410aに導入された濾液Fは、上述したメタン発酵処理システム100Aにおける排水W1の電極反応と同様の反応及び工程により、濾液F中の還元性物質が電子供与体として作用することで発生する電気エネルギーの回収及び利用、さらに脱硫処理も可能となる。

なお、図4に示したメタン発酵処理システム100Aと、図5に示したメタン発酵処理システム100Bを併せて、以下、メタン発酵処理システム100と呼ぶ。

[0091] 以上のように、本実施態様におけるメタン発酵処理システム100によって、嫌気処理時に発生するバイオガス中に含まれる硫化水素の反応によるガス処理と、嫌気処理により発生する排水中に含まれる還元性物質を電子供与体として用いる排水処理を、それぞれ独立した電極反応として行うことができる。これにより、バイオガスに対するガス処理は、乾式脱硫や湿式脱硫と比べて低コストで処理を行うことができるとともに、生物脱硫と比べて安定した処理条件の制御が容易となる。すなわち、硫化水素を含有するガスの処理において、低コストかつ安定した脱硫処理を可能とし、併せて効率的なエネルギーの回収・利用が可能となる。そして、嫌気処理後に発生する排水中に含まれる還元性物質を直接電子供与体として用いることで、排水処理側においても硫化水素を系外に排出することなく、効率的な脱硫処理やエネルギーの回収・利用が可能となる。さらに、ガス処理と排水処理をそれぞれ独立して行うことにより、各処理における処理条件（処理環境）の制御が容易となる。したがって、メタン発酵処理システム全体に係るランニングコストの低減や処理能力の向上が可能となる。

[0092] [第2の実施態様]

図6は、本発明の第2の実施態様におけるガス処理装置を示す概略説明図である。

第2の実施態様に係るガス処理装置1Bは、第1の実施態様におけるガス処理装置1Aの構造に対し、反応部2のアノード側（第1のセル21a）に微生物Mを添加する微生物添加手段4を更に備えるものである。なお、図6におけるガス処理装置1Bは、図2に示したガス処理装置1Aに対し、微生物添加手段4を備えたものを示している。また、第1の実施態様の構成と同じものについては、説明を省略する。

[0093] 上述したように、本実施態様における反応部2のアノード側（第1のセル21a）では、式1及び式2で示される電極23aにおける反応（反応R1）により、硫黄が生成する。このとき生成した硫黄は、排水口22c等を介し、第1のセル21a内の水溶液とともに、系外に排出するものとしてもよい。しかし、図2に示したガス処理装置1Aのように、循環流路27を形成する等、第1のセル21a内における水溶液の排出頻度を下げた場合、第1のセル21a内に硫黄の蓄積が起こり得る。蓄積した硫黄は電極反応に影響し、発電や脱硫処理の効率低下を招くため、第1のセル21a内において、硫黄を電極反応に影響しない形態に処理することが好ましい。

[0094] （微生物添加手段）

微生物添加手段4は、反応部2のアノード側に微生物を添加し、アノード側における硫黄化合物を酸化するためのものであり、特に、アノード側で生成する硫黄を酸化するためのものである。

[0095] 微生物添加手段4としては、反応部2のアノード側（第1のセル21a）に微生物Mを添加することができるものであればよく、特に限定されない。例えば、図6に示すように、微生物Mを添加するための配管41を、循環流路27上に設けることが挙げられる。これにより、配管41を介して添加された微生物Mが水溶液とともに第1のセル21a内を循環移動し、酸化対象となる硫黄化合物との接触効率を高めることが可能となる。

[0096] 添加する微生物Mについては、硫黄化合物を酸化することができるものであればよく、硫黄酸化菌に分類される微生物を含むものが挙げられる。これにより、第1のセル21a内で生成した硫黄は微生物Mによって硫酸（硫酸

イオン)に酸化される。また、電極23aによる電極反応よりも処理速度は遅いが、硫化水素についても微生物Mにより酸化されるため、脱硫処理が進行することになる。

なお、添加する微生物Mは、単離されたものであってもよく、他の微生物処理設備で活用されている微生物群を分取したものであってもよい。

[0097] また、微生物添加手段4としては、微生物Mの代謝速度を向上させるために、養分Nを添加するための配管42を設けるものとしてもよい。このとき、添加する養分Nとしては、微生物Mの活性向上(代謝向上)に寄与する成分を含むものであればよく、例えば、リン、微量元素(レアメタル)などが挙げられる。

[0098] 以上のように、本実施態様のガス処理装置1Bにおいて、反応部のアノード側に対して微生物を添加する微生物添加手段を備えることにより、反応部のアノード側に生成する硫黄を除去することができ、電極反応の効率が低下することを抑制し、発電及び脱硫処理の効率向上が可能となる。

[0099] また、本実施態様のガス処理装置1Bにおいては、第1の実施態様と同様の工程により発電及び脱硫処理を行うことが可能である。

さらに、本実施態様におけるガス処理装置1Bは、本発明におけるメタン発酵処理システム100に係るガス処理部310として適用することができる。

[0100] [第3の実施態様]

図7は、本発明の第3の実施態様におけるガス処理装置を示す概略説明図である。

第3の実施態様に係るガス処理装置1Cは、第1の実施態様におけるガス処理装置1Aの構造に対し、反応部2の電極表面と、電極反応成分の接触効率を向上させる接触効率向上手段5を更に備えるものである。なお、図7におけるガス処理装置1Cは、図1に示したガス処理装置1Aに対し、接触効率向上手段5を備えたものを示している。また、第1の実施態様の構成と同じものについては、説明を省略する。

[0101] 上述したように、本実施態様における電極 23 a は、ガス G 中に含まれている硫化水素から直接電子を回収するものである。したがって、電極 23 a に対し、電極反応成分である硫化水素（還元性物質）の接触効率を向上させることにより、電極反応効率の低下を抑制し、発電効率を向上させることができる。同様に、電極 23 b に対しても、電極反応成分である電子受容体の接触効率を向上させることにより、電極反応効率の低下を抑制し、発電効果を向上させることが可能となる。

[0102] （接触効率向上手段）

接触効率向上手段 5 は、反応部 2 における電極 23 a 及び／又は電極 23 b の表面に対し、電極反応成分の接触効率を向上させるためのものである。

[0103] 接触効率向上手段 5 としては、電極 23 a 及び／又は電極 23 b の表面に対し、電極反応成分の接触効率を向上させることができるものであればよく、特に限定されない。本実施態様における接触効率向上手段 5 としては、例えば、電極 23 a 及び／又は電極 23 b の表面に対する電極反応成分の移動速度を速めるものや、電極反応成分の濃度を高めるものなどが挙げられる。

[0104] また、接触効率向上手段 5 は、ガス処理装置 1 C に対し、専用の付帯設備として設けるものとしてもよいが、他の処理設備における処理手段を利用することが好ましい。これにより、他の処理設備における既設の処理手段と接触効率向上手段 5 とを兼用させ、電極と電極反応成分の接触効率向上に係る付帯設備を削減し、ランニングコストを大幅に低減することができる。

[0105] 以下、接触効率向上手段 5 の具体例について説明する。なお、以下に示す接触効率向上手段 5 に係る説明は、本実施態様における接触効率向上手段 5 の一例について示すものであり、これに限定されるものではない。

[0106] 本実施態様における接触効率向上手段 5 の例としては、電極 23 a 及び／又は電極 23 b の表面に対し、電極反応成分の移動速度を制御する移動速度制御手段 6 を設けることが挙げられる。

[0107] 移動速度制御手段 6 としては、電極 23 a 及び／又は電極 23 b の表面に対し、電極反応成分の移動速度を制御し、少なくとも電極反応成分の移動速

度を速めることができるものが挙げられる。具体的には、反応部2に対し、ガス導入部3を介してガスG（又はガスGが混合（溶解した）水溶液）を導入する際の流速を制御することや、反応部2のセル（第1のセル21a、第2のセル21b）内で乱流を生じさせることのほか、電極反応に関する温度を制御すること等が挙げられる。

[0108] ここで、移動速度制御手段6としてガス導入部3により導入するガスG全体の流速を制御するものを用いる場合、ガスGの全体量を鑑みると、この流速制御には多大な動力を必要とすることが想定される。したがって、移動速度制御手段6としては、反応部2のセル内において乱流を形成し、電極反応成分の移動速度を速めることができるものが好ましい。さらに、反応部2内の電極表面近傍において乱流を形成するものがより好ましい。これにより、電極反応成分の移動速度の制御に係る動力を抑制することができ、省エネルギー化及び省コスト化が可能となる。

[0109] 移動速度制御手段6の具体例としては、電極23a及び電極23bの表面に対して流体（気体又は液体）を供給し、乱流を形成することが挙げられる。

図8は、本実施態様の移動速度制御手段6として、電極23a及び電極23bの表面に対して流体を供給するものを用いた際の概略説明図である。

[0110] 図8に示すように、移動速度制御手段6として、第1のセル21a及び第2のセル21bに、それぞれ流体供給口61a、61bと流体供給手段62を設け、電極23a及び電極23bの表面近傍に流体が供給されるように配置することが挙げられる。なお、図8における破線の矢印は、流体の移動方向を示している。

[0111] 流体供給手段62としては、流体を供給することができるものであればよく、特に限定されない。上述したように、流体供給手段62は、ガス処理装置1Cに対する専用の付帯設備として設けるものとしてもよいが、他の処理設備における処理手段を利用することが好ましい。なお、流体供給手段62としては、流体を圧縮可能な設備を設け、圧縮流体を供給するものとしても

よい。圧縮流体を用いることで、電極 2 3 a 及び電極 2 3 b の表面近傍における乱流形成に係る流速制御を容易に行うことが可能となる。

[0112] 流体供給手段 6 2 から供給する流体として気体を用いる場合、例えば、他の処理設備における処理工程から発生する気体を供給することや、他の処理設備における処理工程で使用する気体を一部流用して供給することなどが挙げられる。具体的な例としては、例えば、本実施態様におけるガス処理装置 1 C を、被処理物 S を処理するメタン発酵処理システム 1 0 0 に適用する際、メタン発酵処理システム 1 0 0 における処理水 W 2 の処理設備として設けた曝気槽の曝気用気体の一部を流体供給口 6 1 a、6 1 b から供給すること等が挙げられる。これにより、被処理物 S の処理手段と移動速度制御手段 6 の気体供給源を兼用することができ、処理コストの低減が可能となる。

[0113] また、流体供給手段 6 2 から供給する流体として液体を用いる場合、例えば、他の処理設備における処理工程で使用する液体を一部流用して供給するものなどが挙げられる。具体的な例としては、例えば、本実施態様におけるガス処理装置 1 C を、被処理物 S を処理するメタン発酵処理システム 1 0 0 に適用する際、メタン発酵処理システム 1 0 0 における処理水 W 2 の一部を流体供給口 6 1 a、6 1 b から供給すること等が挙げられる。これにより、被処理物 S の処理手段と移動速度制御手段 6 の液体供給源を兼用することができ、処理コストの低減が可能となる。

なお、処理対象となるガス G がバイオガスである場合、バイオガス由来以外の気体成分がガス G 1 に混入することは好ましくない。このため、流体供給手段 6 2 から供給する流体としては、液体を用いることが好ましい。

[0114] 移動速度制御手段 6 の別の態様として、図 8 に示した流体供給口 6 1 a、6 1 b を別体として設けることなく、導入口 2 2 a、回収口 2 2 b、電子受容体供給口 2 4 a 及び電子受容体排出口 2 4 b を、流体供給口 6 1 a、6 1 b として兼用させることが挙げられる。これにより、反応部 2 に接触効率向上手段 5（移動速度制御手段 6）としての新たな構造を設ける必要がなく、設備コストの低減が可能となる。

- [0115] また、移動速度制御手段6において、第1のセル21a及び第2のセル21b内に供給された流体は、そのまま処理水や電子受容体等とともに排水口22c及び電子受容体排出口24bから排出するものとしてもよいが、供給した流体を回収する回収手段63を設けるものとしてもよい。回収手段63としては、移動速度制御手段6における流体を、第1のセル21a及び第2のセル21bから排出・回収することができるものであればよく、特に限定されない。
- [0116] 図9及び図10は、本実施態様におけるガス処理装置1Cの別態様を示す概略説明図である。図9及び図10におけるガス処理装置1Cは、図8で示した移動速度制御手段6において回収手段63を設けるものに係る概略説明図である。
- [0117] 図9に示すように、流体の回収手段63として第1のセル21a及び第2のセル21bに流体排出口64a及び64bを設け、第1のセル21a及び第2のセル21b内に供給した流体（気体）を、流体排出口64a及び64bから回収することが挙げられる。なお、図9に示すように、回収口22bを、流体の回収手段63における流体排出口64aとして兼用することができる。
- [0118] また、流体の回収手段63の他の例としては、回収口22b及び／又は電子受容体排出口24bから排出された流体を分離・回収する気液分離部65を備えることが挙げられる。例えば、図10に示すように、回収口22bを第1のセル21aの側面に設け、回収口22bに接続されている配管26上に気液分離部65を設け、ガスG1及び流体（液体）が混合した処理水W3を気液分離部65に導入することで、ガスG1と、処理水W3からガスG1を除去した処理水W4とに分けて回収することが挙げられる。このとき、図10に示すように、処理水W4は系外に排出するものとしてもよいが、流体供給手段62を介して、再度第1のセル21aに返送するようにするのが好ましい。これにより、流体（液体）を繰り返し利用することが可能となり、ランニングコストを低減させることが可能となる。

[0119] ここで、第1のセル21aあるいは第2のセル21b内の溶液に対し、流体として気体を供給し、回収手段63を介して回収する場合、流体中に含まれる水溶性成分はセル内の溶液中に溶解し、除去することが可能となる。したがって、流体として、他の処理設備から排出され、水溶性成分を含むガスを流体として供給することにより、移動速度制御手段6における流体として機能するだけでなく、流体（気体）に含まれる水溶性成分の除去も可能となる。これにより、ガス処理装置1Cに対して、硫化水素を含有するガスのガス処理（脱硫処理）及び発電に加え、ガス精製の機能も付与させることが可能となる。特に、水溶性成分が電解質や電極反応成分である場合、後述する濃度制御手段7の機能も兼ねるものとなる。

[0120] 移動速度制御手段6の別の態様としては、第1のセル21a及び第2のセル21b内に攪拌機構を設け、乱流を形成することが挙げられる。これにより、外部からの流体供給に係る構造を設けることがなく、電極表面に対する電極反応成分の移動速度を制御することが可能となる。また、攪拌機構の駆動制御により、電極反応成分の移動速度を容易に制御することが可能となる。

[0121] 更に、移動速度制御手段6の別の態様としては、温度制御手段66を設けることが挙げられる。

図11～図13は、本実施態様の移動速度制御手段6として、温度制御手段66を設けた際の概略説明図である。なお、図11～図13におけるガス処理装置1Cは、図1に示したガス処理装置1Aに対し、温度制御手段66を設けたものを示している。

[0122] 上述したように、反応部2においては硫化水素を電子供与体とする電極反応が進行している。また、一般的に、電極反応では、温度が高くなることで物質移動速度の向上や反応効率の向上が生じることが知られている。

したがって、移動速度制御手段6として、ガス処理装置1C内において電極反応に関する温度を制御する温度制御手段66を設けることで、電極反応の効率を向上させ、発電効率や脱硫処理効率を高めることが可能となる。

[0123] 温度制御手段66は、反応部2に係る温度の調整を行うことができるものであればよく、特に限定されない。例えば、反応部2自体の温度調整を行うことや、反応部2に導入するガスG（又はガスGが混合（溶解）した水溶液）の温度調整を行うことなどが挙げられる。

また、温度制御手段66としては、熱源に係る設備を新設したり、ガス処理装置1C外にある他の処理設備から熱源を持ち込んだりしてもよい。特に、ガス処理装置1Cをメタン発酵処理システム100に適用する場合、メタン発酵処理システム100内にある熱源を利用することがより好ましい。これにより、温度制御手段66に係る設備のイニシャルコストやランニングコストを低減させることが可能となる。

[0124] 本実施態様における温度制御手段66としては、例えば、ガス処理装置1Cに関連する既設の熱交換設備67を利用することが挙げられる。より具体的には、メタン発酵処理システム100の嫌気処理部200において、嫌気処理を進行させるために設けられている既設の熱交換設備等が挙げられる。

既設の熱交換設備67を用いた温度制御手段66の一例としては、例えば、図11に示すように、既設の熱交換設備67の近傍に反応部2を設け、反応部2のセル（第1のセル21a及び第2のセル21b）、電極（電極23a及び電極23b）、導入口22a及び電子受容体供給口24a、並びにガス導入部3に対し、既設の熱交換設備67からの熱が供給されるように配置することで、反応部2自体並びに反応部2に導入するガスG及び電子受容体を加温することが挙げられる。これにより、温度制御に係る設備を新設することなく、ガスG中の硫化水素（還元性物質）を電子供与体とする反応を行う箇所及び反応に供される物質について、温度を制御することが可能となり、電極表面に対する電極反応成分の移動速度を制御することが可能となる。

[0125] 温度制御手段66の他の例としては、図12に示すように、既設の熱交換設備67と反応部2とを接続する配管68a、68bを設け、配管68a、68b内を空気や水等の熱媒体が移動することで、既設の熱交換設備67からの熱を反応部2に供給することが挙げられる。これにより、反応部2の温

度制御を行い、ガスG中の硫化水素（還元性物質）を電子供与体とする反応を行う箇所について温度を制御し、電極表面に対する電極反応成分の移動速度を制御することが可能となる。なお、配管68a、68bと反応部2の接続手段については特に限定されない。例えば、配管68a、68bが反応部2全体を囲むように配置されることや、配管68a、68bが反応部2の構成部材（電極23a及び電極23b、あるいは第1のセル21a、第2のセル21b）のいずれか一つに対して接するように配置されることなどが挙げられる。

また、温度制御手段66の他の例としては、図13に示すように、既設の熱交換設備67とガス導入部3の配管31を接続する配管69a、69bを設け、配管69a、69b内を空気や水等の熱媒体が移動することで、既設の熱交換設備67からの熱を配管31内のガスGに供給することが挙げられる。これにより、反応部2に導入するガスGの温度制御を行い、ガスG中の硫化水素（還元性物質）を電子供与体とする反応に用いる電極反応成分（電子供与体）あるいは媒体について温度を制御し、電極表面に対する電極反応成分の移動速度を制御することが可能となる。

さらに、配管69a、69bが接続する箇所として、配管31に代えて、電子受容体供給口24aとすることが挙げられる。これにより、既設の熱交換設備67からの熱を電子受容体に供給し、ガスG中の硫化水素（還元性物質）を電子供与体とする反応に用いる電極反応成分（電子受容体）について温度を制御し、電極表面に対する電極反応成分の移動速度を制御することが可能となる。

なお、図12及び図13に示す温度制御手段66は、それぞれ単独で設けるものとしてもよく、複数を組み合わせるものとしてもよい。温度制御手段66による温度制御効率や設備に係るコストを鑑み、適宜選択することが可能である。

[0126] さらに、温度制御手段66の他の例としては、既設の熱交換設備67に代えて、ガスG1として回収したガス（特にメタンガス等）を用いたガス発電

における排熱を用いることが挙げられる。より具体的には、この排熱を用いて加温された空気や水等の熱媒体を、配管を通して反応部2や配管31等に接触させ、熱を供給することで、ガスG中の硫化水素（還元性物質）を電子供与体とする反応に関する温度を制御することが可能となる。これにより、発電効率や脱硫処理効率を高めるとともに、メタンガス発電に係る排熱の有効利用が可能となる。

[0127] 本実施態様における接触効率向上手段5の他の例としては、電極反応成分の濃度を制御する濃度制御手段7を設けることが挙げられる。

[0128] 濃度制御手段7としては、反応部2における電極反応成分の濃度を制御し、少なくとも電極反応成分の濃度を高めることができるものが挙げられる。具体的には、反応部2に対して電極反応成分を追加供給することや、反応部2内の電極反応成分を電極23a及び電極23bの近傍に集約することのほか、第1のセル21aにおける媒体中に電極反応成分を溶存させる環境条件を維持すること等が挙げられる。

[0129] 濃度制御手段7の具体例としては、第1のセル21a及び第2のセル21b内に、電極反応成分を追加供給することが挙げられる。

図14は、本実施態様の濃度制御手段7として、第1のセル21a及び第2のセル21b内に電極反応成分を追加供給するものを用いた際の概略説明図である。なお、図14におけるガス処理装置1Cは、図1に示したガス処理装置1Aに対し、濃度制御手段7を設けたものを示している。

[0130] 図14に示すように、濃度制御手段7として、第1のセル21a及び第2のセル21bにそれぞれ電極反応成分添加口71a、71bと電極反応成分添加手段72を設けることが挙げられる。

[0131] 電極反応成分添加手段72は、第1のセル21a及び第2のセル21bに対して電極反応成分を追加供給することができるものであればよく、特に限定されない。例えば、電極反応成分添加手段72としては、電極反応成分を貯留する貯留部や、電極反応成分の添加量を決定・調整するための制御部等を備えること等が挙げられる。

[0132] 電極反応成分添加手段72により添加される電極反応成分の種類は、電極23a及び電極23bそれぞれにおいて、電極反応が進行するものであればよく、特に限定されない。例えば、第1のセル21aには、電極反応成分添加手段72を介し、電極反応成分として還元性物質を添加することが挙げられる。一方、第2のセル21bは、電極反応成分添加手段72を介し、電極反応成分として電子受容体を添加することが挙げられる。

[0133] なお、上述した移動速度制御手段6における流体として電極反応成分を用いることで、電極反応成分添加手段72の機能を兼ねるものとしてもよい。これにより、反応部2の電極表面と電極反応成分との接触効率をより一層向上させることが可能となる。

[0134] また、濃度制御手段7の他の具体例としては、反応部2内の電極反応成分を電極23a及び電極23bの近傍に集約することが挙げられる。

図15は、本実施態様の濃度制御手段7として、電極23a及び電極23bの近傍に電極反応成分を集約するものを用いた際の概略説明図である。

[0135] 図15に示すように、濃度制御手段7として、第1のセル21a及び第2のセル21bに吸着材73を備えるものが挙げられる。

[0136] 吸着材73は、電極反応成分を吸着することができるものであればよく、材質や形状については特に限定されない。例えば、第1のセル21aには、電極反応成分として硫化水素やその他の還元性物質を吸着することができる吸着材73を設けることが挙げられる。一方、第2のセル21bには、電極反応成分として電子受容体を吸着することができる吸着材73を設けることが挙げられる。また、吸着材73は、電極23a及び電極23bの近傍に設けるものであってもよく、電極23a及び電極23bとして多孔質からなるものを用い、電極23a及び電極23b自体が吸着材73としての機能を有するものとしてもよい。これにより、電極23a及び電極23bの近傍に電極反応成分を集約し、電極反応成分の濃度を制御することが可能となる。

[0137] さらに、濃度制御手段7の他の具体例としては、第1のセル21a内の媒体（主に水溶液）中に電極反応成分を溶存させる環境条件を維持することが

挙げられる。

図16は、本実施態様の濃度制御手段7として、第1のセル21a内の媒体（水溶液）中に電極反応成分を溶存させる環境条件を維持するものを用いた際の概略説明図である。なお、図16におけるガス処理装置1Cは、図3に示したガス処理装置1Aに対し、濃度制御手段7を設けたものを示している。

[0138] 本実施態様における処理対象となるガスG中に含まれる硫化水素は、pHに応じて水溶液中への溶解度が変化し、pH6以上のアルカリ寄りとする事で溶解度が高まり、水溶液外への硫化水素の放出が抑制されることが知られている。

したがって、硫化水素が溶存した状態の水溶液のpHを調整するpH制御手段74を設けることで、硫化水素の溶解度を変化させ、硫化水素を第1のセル21a内の媒体（水溶液）中に溶存させる環境条件を維持することが可能となる。これにより、第1のセル21a内の水溶液中に溶存する硫化水素の量を増加させ、反応に供する電子供与体の量を増加させることで、反応部2における発電効率や脱硫処理効率を高めることが可能となる。

[0139] pH制御手段74は、硫化水素が溶存した状態の水溶液のpHを調整し、硫化水素を第1のセル21a内の水溶液中に溶存させることができるものであればよく、特に限定されない。

pH制御手段74としては、図16に示すように、水槽33を備えるガス導入部3に対し、pH調整剤を貯留する貯留部75と、pH調整剤を水溶液中に添加する添加部76と、pH検出部77とを設けるものが挙げられる。

[0140] 貯留部75は、pH調整剤を貯留することができるものであればよく、特に限定されない。また、貯留部75内に貯留するpH調整剤の種類については特に限定されず、硫化水素の溶解度のpH依存性や水槽33内のpHに応じ、硫化水素の溶解度が高くなるpHに調整することができるpH調整剤の種類を選択することが好ましい。より具体的には、pH調整剤としては、水酸化ナトリウムや水酸化カルシウムのような水酸化物のほか、塩酸や硫酸な

どの酸を用いることが挙げられる。

[0141] 添加部 7 6 は、貯留部 7 5 内の pH 調整剤を水溶液中に添加するためのものである。また、本実施態様における添加部 7 6 は、図 1 6 に示すように、配管 3 2 a 上に設けられている。このとき、添加部 7 6 としては、配管 3 2 a 内の水溶液中に pH 調整剤を添加することができる構造を有するものであればよく、特に限定されない。例えば、配管 3 2 a と貯留部 7 5 とを接続し、流量調整機能を備える配管からなるものなどが挙げられる。

[0142] 添加部 7 6 の配置位置は特に限定されないが、水溶液の pH を調整し、硫化水素の溶解度を適切に制御することができる箇所を選択することが好ましい。例えば、図 1 6 に示すように、配管 3 2 a 上に添加部 7 6 を設けること以外に、水槽 3 3 に対して添加部 7 6 を設けることが挙げられる。これにより、水槽 3 3 内の環境を硫化水素の溶解度が高くなる条件とすることができ、ガス導入部 3 において、ガス G 中の硫化水素を高効率で水溶液に溶存させた状態とすることが可能となる。また、これにより、ガス導入部 3 を介して反応部 2 のアノード側（第 1 のセル 2 1 a）に導入する硫化水素の量が増大し、反応部 2 における電極反応効率を効果的に高めることが可能となる。

[0143] 図 1 6 に示すように、水槽 3 3 に pH 検出部 7 7 を設け、pH 検出部 7 7 の検出結果に応じ、添加部 7 6 から添加する pH 調整剤の量を制御することが好ましい。なお、pH 検出部 7 7 を設ける箇所は特に限定されず、配管 3 1 や配管 3 2 a 上に設けるものとしてもよい。これにより、水溶液の pH 調整が容易になるとともに、適切なタイミングで行うことが可能となる。この結果、配管 3 2 a を介し、反応部 2 に導入する水溶液中における硫化水素の量を増加させ、反応に供する電子供与体の量を増加させることで、反応部 2 における発電効率や脱硫処理効率を高めることが可能となる。

なお、pH 検出部 7 7 の検出結果に応じた添加部 7 6 の制御手段は特に限定されない。例えば、pH 検出部 7 7 の検出結果を作業員が目視で確認し、その結果に応じて添加部 7 6 を手動で作動させることや、pH 検出部 7 7 と添加部 7 6 を制御可能に接続し、水溶液の pH 検出と pH 調整剤の添加を自

動制御することなどが挙げられる。

[0144] 本実施態様における接触効率向上手段5は、作動に係る条件を適宜設定することが可能である。例えば、反応部2の駆動時（発電時）において、常に作動させるものであってもよく、作動の間隔やタイミング等を定期あるいは不定期に変更するものであってもよい。これにより、ガス処理装置1Cによる発電や脱硫処理を効率的に実施することができる作動条件を設定し、効率的なエネルギーの回収・利用及び脱硫処理効率の向上が可能となる。

[0145] 本実施態様におけるガス処理装置1Cは、電極23a及び電極23bの表面に堆積物が堆積することを抑制するために、移動速度制御手段6や濃度制御手段7の作動条件を設定するものとしてもよい。また、電極表面の堆積物を除去するために、移動速度制御手段6や濃度制御手段7自体が、後述する洗浄手段8の機能を兼ねるものとしてもよい。これにより、接触効率向上手段5を、電極表面と電極反応成分との接触効率を向上させるための複数の機能を備えるものとし、装置構成を簡略化することができる。

[0146] 以上のように、本実施態様のガス処理装置1Cにおいて、反応部の電極表面と電極反応成分との接触効率を向上させる接触効率向上手段を備えることにより、電極反応の効率が低下することを抑制し、発電及び脱硫処理の効率向上が可能となる。

[0147] また、本実施態様のガス処理装置1Cにおいては、第1の実施態様と同様の工程により発電及び脱硫処理を行うことが可能である。

さらに、本実施態様におけるガス処理装置1Cは、本発明におけるメタン発酵処理シス

テム100に係るガス処理部310として適用することができる。

[0148] 特に、本実施態様のガス処理装置1Cにおける接触効率向上手段として、電極表面に対し、電極反応成分の移動速度を制御する移動速度制御手段を備えることにより、電極表面に対して速やかに電極反応成分を供給することが可能となる。これにより、電極表面と電極反応成分との接触効率を向上させることができ、電極反応の効率低下を抑制し、発電効率の向上が可能となる

。

[0149] また、本実施態様のガス処理装置 1 Cにおける接触効率向上手段として、電極反応成分の濃度を制御する濃度制御手段を備えることにより、電極反応に参与する電極反応成分量を増大させることが可能となる。これにより、電極表面と電極反応成分との接触効率を向上させることができ、電極反応の効率低下を抑制し、発電効率の向上が可能となる。

[0150] さらに、本実施態様のガス処理装置 1 Cにおける接触効率向上手段として、上述した移動速度制限手段及び濃度制御手段を兼ねるものを用いることで、より一層電極反応の効率低下を抑制することが可能となる。特に、水溶性成分（電解質や電極反応成分など）を含む流体（気体）を用い、移動速度制御手段における乱流形成のための流体、及び、濃度制御手段における追加供給のための電極反応成分として用いることで、反応部の電極表面と電極反応成分との接触効率をより一層向上させるとともに、流体中の水溶性成分を除去することが可能となる。したがって、本実施態様におけるガス処理装置 1 Cは、硫化水素を含有するガスのガス処理（脱硫処理）及び発電に加え、ガス精製の機能を備えることができるという効果も奏する。

[0151] [第 4 の実施態様]

第 4 の実施態様に係るガス処理装置 1 Dは、第 1～第 3 の実施態様におけるガス処理装置 1 A～1 Cに対し、接触効率向上手段 5 として、電極 2 3 a 及び電極 2 3 b の表面に堆積した堆積物を洗浄する洗浄手段 8 を設けるものである。なお、第 1～第 3 の実施態様の構成と同じものについては、説明を省略する。

[0152] 電極 2 3 a の表面には、式 1 及び式 2 に示すように、電極反応により生成した生成物（硫黄など）が電極 2 3 a の表面に付着し、堆積物として堆積する。また、第 2 の実施態様のガス処理装置 1 B において示したように、硫黄処理のために、微生物添加手段 4 によって添加した微生物が、電極 2 3 a の表面に付着して堆積物となることがある。このとき、電極 2 3 a に対する硫化水素（還元性物質）の物質移動速度が堆積物により阻害され、電極反応効

率を低下させるという問題が生じる。また、電極 2 3 b においても同様に、電子受容体として導入した物質及び混入した不純物が電極 2 3 b に付着し、堆積物として堆積することで、電極反応の効率が低下するという問題が生じる。したがって、接触効率向上手段 5 として洗浄手段 8 を設けることで、電極表面の堆積物を除去し、電極と電極反応成分との接触効率を向上させることができる。また、反応部 2 における電極反応効率の低下を抑制し、発電効率及び脱硫処理効率を向上させることができる。

[0153] 洗浄手段 8 は、反応部 2 における電極 2 3 a 及び電極 2 3 b の表面を洗浄し、電極反応効率の低下を抑制するためのものである。

洗浄手段 8 としては、電極 2 3 a 及び電極 2 3 b の表面に堆積した堆積物を除去することができるものであればよく、特に限定されない。なお、本実施態様における洗浄手段 8 としては、電極 2 3 a 及び電極 2 3 b を反応部 2 内に留めたまま洗浄を行うものや、反応部 2 から電極 2 3 a 及び電極 2 3 b を取り出して洗浄を行うものが挙げられるが、洗浄効果や作業の容易さ等を鑑みて適宜選択することが可能である。

[0154] 以下、洗浄手段の具体例について説明する。なお、以下に示す洗浄手段 8 に係る説明は、本実施態様における洗浄手段 8 の一例について示すものであり、これに限定されるものではない。

[0155] 本実施態様の洗浄手段 8 としては、電極表面に堆積した堆積物に外力を与えて剥離する剥離手段 8 A を備えるものが挙げられる。

剥離手段 8 A としては、堆積物に外力を与えて剥離させることができるものであればよく、例えば、電極 2 3 a 及び電極 2 3 b の表面を機械的に擦る手段や、電極 2 3 a 及び電極 2 3 b の表面に堆積した堆積物に対し、気体や液体による剪断力を与える手段などが挙げられる。洗浄手段 8 として剥離手段 8 A を用いることで、堆積物を強制的に電極 2 3 a 及び電極 2 3 b の表面から引き剥がすことができ、堆積物の種類によらず高い洗浄効果を得ることができる。また、剥離手段 8 A を用いることで、洗浄手段 8 によって第 1 のセル 2 1 a 及び第 2 のセル 2 1 b 内の環境条件（pH、各種化合物の濃度等

) を変えることなく洗浄を行うことができる。

[0156] 剥離手段 8 A の具体例としては、スポンジやスクレーパーなど、電極 2 3 a 及び電極 2 3 b の表面を擦る部材を設けることが挙げられる。

電極 2 3 a 及び電極 2 3 b の表面を擦る部材を用いる例としては、電極 2 3 a 及び電極 2 3 b の表面を自動的に擦ることができるように駆動部や制御部を設け、洗浄の頻度やタイミングを設定するものとすることが挙げられる。これにより、電極 2 3 a 及び電極 2 3 b の表面に堆積した堆積物の洗浄作業が容易となる。また、定期的に部材を動かすことで、堆積物が電極 2 3 a 及び電極 2 3 b の表面に堆積すること自体を抑制することが可能となる。

また、電極 2 3 a 及び電極 2 3 b の表面を擦る部材を用いる別の例としては、作業者が電極 2 3 a 及び電極 2 3 b の表面を直接洗浄するものとすることが挙げられる。これにより、電極 2 3 a 及び電極 2 3 b の表面の洗浄とともに、作業者の目視によるメンテナンスを行うことが可能となる。

[0157] 剥離手段 8 A の他の具体例としては、電極 2 3 a 及び電極 2 3 b の表面に対して気泡や圧縮流体（気体又は液体）を当てることが挙げられる。

図 1 7 は、本実施態様の剥離手段 8 A として、電極 2 3 a 及び電極 2 3 b の表面に対して流体（気体又は液体）を当てるものを用いた際の概略説明図である。なお、図 1 6 におけるガス処理装置 1 D は、図 1 に示した第 1 の実施態様におけるガス処理装置 1 A に対し、洗浄手段 8 を設けたものを示している。

[0158] 図 1 7 に示すように、剥離手段 8 A として、第 1 のセル 2 1 a 及び第 2 のセル 2 1 b にそれぞれ流体供給口 8 1 a、8 1 b と流体供給手段 8 2 を設け、電極 2 3 a 及び電極 2 3 b の表面に流体が当たるように配置することが挙げられる。なお、図 1 7 における破線の矢印は、流体の移動方向を示している。また、流体供給口 8 1 a、8 1 b と流体供給手段 8 2 は、上述した移動速度制御手段 6 における流体供給口 6 1 a、6 1 b と流体供給手段 6 2 と同様の構造を有するものとし、移動速度制御手段 6 と剥離手段 8 A の機能を兼ねるものとしてもよい。

- [0159] 流体供給手段 8 2 としては、流体を供給することができるものであればよく、特に限定されない。なお、流体供給手段 8 2 は、ガス処理装置 1 D に対し、専用の付帯設備として設けるものとしてもよいが、他の処理設備における処理手段を利用することが好ましい。
- [0160] 流体供給手段 8 2 から供給する流体として気体を用いる場合、例えば、他の処理設備における処理工程から発生する気体を供給することや、他の処理設備における処理工程で使用する気体を一部流用して供給することなどが挙げられる。より具体的な例としては、例えば、本実施態様におけるガス処理装置 1 D を、被処理物 S を処理するメタン発酵処理システム 1 0 0 に適用する際、メタン発酵処理システム 1 0 0 における処理水 W 2 の処理設備として設けた曝気槽の曝気用気体の一部を流体供給口 8 1 a、8 1 b から供給すること等が挙げられる。これにより、被処理物 S の処理手段と洗浄手段 8 の気体供給源を兼用することができ、処理コストの低減が可能となる。このとき、流体供給手段 8 2 として、気体を圧縮可能な設備（ブロー、コンプレッサー等）を設け、圧縮気体を供給するものとしてもよい。圧縮気体を用いることで、電極 2 3 a 及び電極 2 3 b の表面に堆積した堆積物に対する剪断力が強まり、洗浄効果を高めることができる。
- [0161] また、流体供給手段 8 2 から供給する流体として液体を用いる場合、例えば、例えば、他の処理設備における処理工程で使用する液体を一部流用して供給するものなどが挙げられる。具体的な例としては、例えば、本実施態様におけるガス処理装置 1 D を、被処理物 S を処理するメタン発酵処理システム 1 0 0 に適用する際、メタン発酵処理システム 1 0 0 における処理水 W 2 の一部を流体供給口 8 1 a、8 1 b から供給すること等が挙げられる。これにより、被処理物 S の処理手段と洗浄手段 8 の液体供給源を兼用することができ、処理コストの低減が可能となる。このとき、流体供給手段 8 2 として、液体を圧縮可能な設備（高圧ポンプ等）を設け、高圧液体を供給するものとしてもよい。高圧液体を用いることで、電極 2 3 a 及び電極 2 3 b の表面に堆積した堆積物

に対する剪断力が強まり、洗浄効果を高めることができる。

なお、処理対象となるガスGがバイオガスである場合、バイオガス由来以外の気体成分がガスG1に混入することは好ましくない。このため、流体供給手段82から供給する流体としては、液体を用いることが好ましい。

[0162] 剥離手段8Aとして、流体供給口81a、81bと流体供給手段82を設ける場合、流体の移動方向は、電極反応成分（電子供与体及び電子受容体）の移動方向と逆方向になることが好ましい。これにより、電極反応成分の移動方向に沿って電極23a及び電極23bの表面に堆積した堆積物に対し、逆方向の剪断力を加えて剥離することになるため、洗浄効果をより一層高めることができる。

[0163] 剥離手段8Aの別の態様として、図17に示した流体供給口81a、81bを別体として設けることなく、導入口22a及び排水口22c、並びに電子受容体供給口24a及び電子受容体排出口24bを、それぞれ流体供給口81a、81bとして兼用させることが挙げられる。これにより、反応部2に洗浄手段8としての新たな構造を設ける必要がなく、設備コストの低減が可能となる。

[0164] 図18は、本実施態様の剥離手段8Aの別態様を示した概略説明図である。なお、図18におけるガス処理装置1Dは、図3に示したガス処理装置1Aに対し、洗浄手段8を設けたものを示している。また、図18における破線の矢印は、流体の移動方向を示している。

[0165] 図18に示すように、剥離手段8Aとしては、例えば、ガス導入部3の配管32a（又は配管31）上に流体の加圧が可能なポンプP1を設け、導入口22aを介して電極23aの表面に向けて高圧流体を供給して洗浄することが挙げられる。また、剥離手段8Aとしては、ガス導入部3の配管32b上に流体の加圧が可能なポンプP2を設け、排水口22c側から電極23aの表面に向けて高圧流体を供給することが挙げられる。このとき、配管31あるいは配管32a上のポンプP1と、配管32b上のポンプP2の駆動を切り換える制御部83を設けるものとしてもよい。これにより、通常のガス

処理工程と洗浄工程の切り換えを容易に行うことができる。また、配管 3 2 a（又は配管 3 1）側及び配管 3 2 b 側から交互に高圧流体を供給可能なものとしてもよい。これにより、電極 2 3 a 表面の洗浄効果を向上させることが可能となる。

[0166] また、図 1 8 に示すように、剥離手段 8 A としては、例えば、電子受容体供給口 2 4 a 及び電子受容体排出口 2 4 b から圧縮流体を供給することで、電極 2 3 b の表面を洗浄することが挙げられる。このとき、他の処理設備における処理工程から発生した気体や、他の処理設備における処理に用いた流体などをポンプなどで圧縮し、供給するものとしてもよい。これにより、剥離手段 8 A として新たに設ける構造を最小限とし、設備コストを低減することが可能となる。

[0167] また、剥離手段 8 A において、第 1 のセル 2 1 a 及び第 2 のセル 2 1 b 内に供給された流体は、洗浄後、排水口 2 2 c 及び電子受容体排出口 2 4 b から排出するものとしてもよく、別途、流体排出口（不図示）を設けて排出させるものとしてもよい。なお、洗浄後の流体を回収する場合、上述した回収手段 6 3 と同様の構造を設けることなどが挙げられる。これにより、洗浄後の流体を回収・再利用することができ、ガス処理装置 1 D としてエネルギー回収・利用効率を高めることが可能となる。

[0168] 本実施態様の洗浄手段 8 の別の態様としては、電極表面に堆積した堆積物を溶解する溶解手段 8 B を備えるものが挙げられる。

溶解手段 8 B としては、堆積物を溶解させることができるものであればよく、例えば、電極 2 3 a 及び電極 2 3 b に対して堆積物を溶解させる薬剤を添加する手段や、電極 2 3 a 及び電極 2 3 b 間の電圧・電流を制御する電気化学的手段などが挙げられる。洗浄手段 8 として溶解手段 8 B を用いることで、新たに加える装置構成が少なく、設備の小型化が可能である。また、特に電極 2 3 a 及び電極 2 3 b の表面が多孔質である場合、電極 2 3 a 及び電極 2 3 b の表面及び内部に堆積した堆積物に対して高い洗浄効果を奏する。

[0169] 溶解手段 8 B の具体例としては、堆積物を溶解させる薬剤を添加すること

が挙げられる。

図19は、本実施態様の溶解手段8Bとして、電極23a及び電極23bの表面に対して薬剤を添加するものを用いた際の概略説明図である。

[0170] 図19に示すように、溶解手段8Bとして薬剤を添加するものを用いる例としては、第1のセル21a及び第2のセル21bにそれぞれ薬剤添加口84a、84bと薬剤添加手段85を設け、電極23a及び電極23bの表面に堆積した堆積物に対して薬剤が供給されるように配置することが挙げられる。なお、図19における破線の矢印は、薬剤の添加方向を示している。

[0171] 薬剤添加手段85は、第1のセル21a及び第2のセル21bに対して薬剤を添加することができるものであればよく、特に限定されない。例えば、薬剤添加手段85としては、薬剤を貯留する貯留部や、薬剤の添加量を決定・調整するための制御部等を備えること等が挙げられる。

[0172] 薬剤添加手段85により添加される薬剤の種類は、堆積物を溶解させることができるものであればよく、特に限定されない。薬剤としては、例えば、塩酸、硫酸などの酸や、水酸化ナトリウム水溶液などのアルカリを用いることが挙げられる。また、例えば、本実施態様におけるガス処理装置1Dを、被処理物Sを処理するメタン発酵処理システム100に適用する際、被処理物Sを処理する処理工程で使用されるpH調整剤などの薬剤を利用するものとしてもよい。これにより、洗浄手段8のために新たな薬剤を用意する必要がなく、ランニングコストを低減させることが可能となる。

[0173] 溶解手段8Bとして、薬剤添加口84a、84bと薬剤添加手段85を設ける場合、図19に示すように、薬剤の添加方向は、電極23a及び電極23bの上部から下部に向かうようにすることが好ましい。特に、第1のセル21a及び第2のセル21b内に貯留されているものが液体である場合、電極23a及び電極23bの上部から薬剤を添加することで、セル21a、21b内に薬剤が速やかに拡散する。これにより、電極23a及び電極23bの表面全体に効率的に薬剤が行き渡るため、洗浄効果を高めることが可能となる。

[0174] また、ガス導入部 3（配管 3 1）に薬剤添加手段 8 5 を接続し、導入口 2 2 a を介して薬剤を電極 2 3 a に対して供給するものとしてもよい。これにより、薬剤添加口 8 4 a を別体として設ける必要がなくなるため、装置構成の簡略化が可能となる。

[0175] 溶解手段 8 B の別の態様として、電極 2 3 a 及び電極 2 3 b と接続するように電圧・電流制御装置を設け、電気化学的処理を行うことが挙げられる。より具体的には、電極 2 3 a 及び電極 2 3 b 間に高電圧を印加することや、発電時の電極反応とは逆の方向に電流を流すこと等が挙げられる。これにより、電極 2 3 a 及び電極 2 3 b が多孔質であった場合、電極 2 3 a 及び電極 2 3 b の表面及び多孔質内に堆積した堆積物を効果的に溶解させることが可能となる。特に、堆積物が主に電極反応により生成したものからなる場合において、発電時の電極反応とは逆の方向に電流を流すことによって、堆積物を強制的に酸化（又は還元）させることができ、高い洗浄効果を奏する。

[0176] 本実施態様の洗浄手段 8 の別の態様としては、電極表面に堆積した堆積物を分散して離散させる分散手段 8 C を備えるものが挙げられる。

分散手段 8 C としては、電極表面の堆積物を分散させ、その結果電極表面から堆積物を離散させることができるものであればよく、例えば、電極 2 3 a 及び電極 2 3 b に対して堆積物の分散効果がある薬剤を添加する手段や、電極 2 3 a 及び電極 2 3 b 表面に対して振動を与える手段などが挙げられる。洗浄手段 8 として分散手段 8 C を用いることで、堆積物を一度分散させ、電極 2 3 a 及び電極 2 3 b の表面から離散させるため、電極 2 3 a 及び電極 2 3 b 表面に対する負荷が少ない状態で洗浄を行うことが可能となる。また、電極 2 3 a 及び電極 2 3 b が多孔質である場合、多孔質内に堆積した堆積物に対しても高い洗浄効果を奏する。

[0177] 分散手段 8 C の具体例としては、堆積物を分散させる効果がある薬剤を添加することが挙げられる。

図 2 0 は、本実施態様の分散手段 8 C として、電極 2 3 a 及び電極 2 3 b の表面に対して薬剤を添加するものを用いた際の概略説明図である。

[0178] 図20に示すように、分散手段8Cとして薬剤を添加するものを用いる例としては、第1のセル21a及び第2のセル21bにそれぞれ薬剤添加口86a、86bと薬剤添加手段87を設け、電極23a及び電極23bの表面に堆積した堆積物に対して薬剤が供給されるように配置することが挙げられる。なお、図20における破線の矢印は、薬剤の添加方向を示している。

[0179] 薬剤添加手段87は、第1のセル21a及び第2のセル21bに対して薬剤を添加することができるものであればよく、特に限定されない。例えば、薬剤添加手段87としては、薬剤を貯留する貯留部や、薬剤の添加量を決定・調整するための制御部等を備えること等が挙げられる。

[0180] 薬剤添加手段87により添加される薬剤の種類は、堆積物を分散させることができるものであればよく、特に限定されない。薬剤としては、例えば、界面活性剤、酵素などを用いることが挙げられる。このとき用いる薬剤は、電極23a及び電極23bに対する腐食などの影響が小さく、電極23a及び電極23bの表面に対し必要以上の負荷をかけることがないという効果がある。また、特に堆積物が主に微生物からなる場合、界面活性剤や酵素を用いることで、電極23a及び電極23bの表面で微生物を分散させ、電極23a及び電極23bの表面から微生物を離散させることが可能となる。これにより、電極23a及び電極23bの表面で死滅した微生物が堆積物として残り続けることを回避し、電極反応効率の低下を抑制することが可能となる。

[0181] 分散手段8Cとして、薬剤添加口86a、86bと薬剤添加手段87を設ける場合、図20に示すように、薬剤の添加方向は、電極23a及び電極23bの上部から下部に向かうようにすることが好ましい。特に、第1のセル21a及び第2のセル21b内に貯留されているものが液体である場合、電極23a及び電極23bの上部から薬剤を添加することで、セル21a、21b内に薬剤が速やかに拡散する。これにより、電極23a及び電極23bの表面全体に効率的に薬剤が行き渡るため、洗浄効果を高めることが可能となる。

[0182] また、ガス導入部 3（配管 3 1）に薬剤添加手段 8 7 を接続し、導入口 2 2 a を介して薬剤を電極 2 3 a に対して供給するものとしてもよい。これにより、薬剤添加口 8 6 a を別体として設ける必要がなくなるため、装置構成の簡略化が可能となる。

[0183] 分散手段 8 C の別の態様として、電極 2 3 a 及び電極 2 3 b に対して振動を与えることが挙げられる。より具体的には、電極 2 3 a 及び電極 2 3 b に対して超音波を照射することができるように超音波発生装置を配設すること等が挙げられる。これにより、電極 2 3 a 及び電極 2 3 b の表面に堆積した堆積物を細分化して分散させ、電極 2 3 a 及び電極 2 3 b の表面から離散させることが可能となる。特に、堆積物が微生物の集合体である場合や、電極反応による生成物が塊状になっている場合などにおいて、超音波によって一旦細分化させることができるため、電極 2 3 a 及び電極 2 3 b の表面には負荷をかけることなく堆積物を容易に引き剥がすことが可能となる。

[0184] 本実施態様の洗浄手段 8 の別の態様としては、電極表面の周辺環境を変化させる周辺環境変化手段 8 D を備えるものが挙げられる。

周辺環境変化手段 8 D としては、電極表面の周辺環境を変化させるものであればよく、例えば、加熱・冷却のような温度制御手段、第 1 のセル 2 1 a 及び第 2 のセル 2 1 b 内の物性を変化させる添加物を供給する手段、堆積物に一定のダメージを与える手段などが挙げられる。洗浄手段 8 として周辺環境変化手段 8 D を用いることで、堆積物が微生物を含む場合、微生物が電極表面周辺の環境変化に耐えられず、電極表面から離れる方向に微生物を自発的に移動させることが可能となる。これにより、電極表面から効果的に微生物を剥離させることが可能となり、電極表面に対する高い洗浄効果を得ることができる。

[0185] 周辺環境変化手段 8 D の具体例としては、第 1 のセル 2 1 a 及び第 2 のセル 2 1 b 内の物性を変化させる添加物を供給することが挙げられる。

図 2 1 は、本実施態様の周辺環境変化手段 8 D として、電極 2 3 a 及び電極 2 3 b の表面に対して添加物を供給するものを用いた際の概略説明図であ

る。

[0186] 図21に示すように、周辺環境変化手段8Dとして添加物を供給するものを用いる例としては、第1のセル21a及び第2のセル21bにそれぞれ添加物供給口88a、88bと添加物供給手段89を設け、電極23a及び電極23bの表面及び堆積した堆積物の周辺環境を変化させることが挙げられる。なお、図21における破線の矢印は、添加物の添加方向を示している。

[0187] 添加物供給手段89は、第1のセル21a及び第2のセル21bに対して添加物を供給することができるものであればよく、特に限定されない。例えば、添加物供給手段89としては、添加物を貯留する貯留部や、添加物の供給量を決定・調整するための制御部等を備えること等が挙げられる。

[0188] 添加物供給手段89により供給される添加物の種類は、第1のセル21a及び第2のセル21b内の物性を変化させることができるものであればよく、特に限定されない。添加物としては、例えば、塩化ナトリウムや塩化カリウムなどの塩類や、電解水などのイオンを含まないものを用いることが挙げられる。これにより、第1のセル21a及び第2のセル21b内の塩濃度を変えることができ、その結果、電極23a及び電極23bの表面周辺における浸透圧が変化し、微生物が電極23a及び電極23bの表面から自発的に移動することを促すことができる。

[0189] 周辺環境変化手段8Dとして、添加物供給口88a、88bと添加物供給手段89を設ける場合、図21に示すように、添加物の供給方向は、電極23a及び電極23bの上部から下部に向かうようにすることが好ましい。特に、第1のセル21a及び第2のセル21b内に貯留されているものが液体である場合、電極23a及び電極23bの上部から添加物を供給することで、電極23a及び電極23bの表面に沿って添加物が広がっていく。これにより、電極23a及び電極23bの表面周辺における物性変化を効果的に行うことができ、洗浄効果を高めることが可能となる。

[0190] 周辺環境変化手段8Dの別の態様として、堆積物に一定のダメージを与えることが挙げられる。より具体的には、電極23a及び電極23b表面の堆

積物が微生物である場合に、微生物に対して塩素やオゾンを供給することや、紫外線を照射すること等が挙げられる。これにより、電極 23 a 及び電極 23 b の表面に堆積した堆積物（微生物）に対して一定のダメージを与えることができる。このとき、微生物はダメージを与えられるという環境変化に耐えられず、自発的に電極 23 a 及び電極 23 b の表面から移動するように促すことが可能となる。なお、塩素やオゾンの供給量、あるいは紫外線照射量が過多になると、微生物が電極 23 a 及び電極 23 b の表面で死滅してしまい、堆積物となって残存する。したがって、塩素やオゾンの供給量、あるいは紫外線照射量は抑えることが好ましく、これにより、ランニングコストを低減させることができるという効果も奏する。

[0191] 本実施態様のガス処理装置 1 D における洗浄手段 8 としては、上記した剥離手段 8 A、溶解手段 8 B、分散手段 8 C 及び周辺環境変化手段 8 D をそれぞれ単独で行うものに限定されるものではなく、上記手段 8 A～8 D を複数組み合わせるものとしてもよい。これにより、堆積物の種類によって好適な洗浄手段 8 を選択して実施することが可能となり、より高い洗浄効果が得られる。特に、洗浄手段 8 の手段 8 B～8 D において、第 1 のセル 21 a 及び第 2 のセル 21 b 内に薬剤・添加物などの添加を行う構成については、添加する薬剤や添加物を変更することのみで、それぞれの手段 8 B～8 D を実施することが可能である。したがって、堆積物の種類に応じて手段 8 B～8 D を容易に切り換えることができ、効果的な洗浄を行うことが可能となる。

[0192] 以上のように、本実施態様のガス処理装置 1 D において、接触効率向上手段として、電極表面に堆積した堆積物を洗浄する洗浄手段を備えることで、電極反応の効率が低下することを抑制し、発電及び脱硫処理の効率向上が可能となる。

[0193] なお、本実施態様のガス処理装置 1 D の反応部 2 において、電極表面に堆積物が堆積することで、反応部 2 内におけるセル（第 1 のセル 21 a 及び第 2 のセル 21 b）内の容積減や、電極（電極 23 a 及び電極 23 b）内部の詰まりが生じ、圧力損失の要因となることがある。したがって、本実施態様

におけるガス処理装置 1 D のように、接触効率向上手段として洗浄手段を設け、電極表面の堆積物を除去することにより、装置内の圧力損失を抑制することも可能となる。

[0194] また、本実施態様のガス処理装置 1 D においては、第 1 の実施態様と同様の工程により発電及び脱硫処理を行うことが可能である。

さらに、本実施態様におけるガス処理装置 1 D は、本発明におけるメタン発酵処理システム 1 0 0 に係るガス処理部 3 1 0 として適用することができる。

[0195] [第 5 の実施態様]

図 2 2 は、本発明の第 5 の実施態様におけるガス処理装置を示す概略説明図である。また、図 2 3 は、本発明の第 5 の実施態様におけるガス処理装置の別の態様を示す概略説明図である。

第 5 の実施態様に係るガス処理装置 1 E は、図 2 2 及び図 2 3 に示すように、第 1 の実施態様に係るガス処理装置 1 A において、カソード側の pH 上昇を抑制する手段として排ガス供給手段 9 を設けるものである。なお、図 2 2 及び図 2 3 におけるガス処理装置 1 E は、図 1 に示したガス処理装置 1 A に対し、排ガス供給手段 9 を設けたものを示している。また、第 1 の実施態様の構成と同じものについては、説明を省略する。

[0196] 上述したように、本実施態様のガス処理装置における電極反応では、反応 R 3 によりカソード側に水素イオン (H^+) が移動することで、式 3 に基づく反応 R 4 が進行する。しかし、反応 R 3 ではイオン交換体 2 5 を介して水素イオンが移動するため、カソード側である電極 2 3 b に対し、式 3 に基づく反応における十分な水素イオンが供給される前に、電極反応が進行することがある。このとき、電極 2 3 b では、式 3 に基づく水 (H_2O) を生成する反応ではなく、水酸化物イオン (OH^-) が生成する反応が進行し、電極 2 3 b (カソード側) では pH 上昇が起こる。これにより、電極反応効率が低下するという問題が生じる。

[0197] このため、ガス処理装置 1 E として、反応部 2 におけるカソード側の pH

上昇を抑制するための手段を設けることが好ましい。pH上昇を抑制する手段としては、例えば、酸性成分を添加することが挙げられる。ここで、pH上昇を抑制する手段としては、薬剤として酸性成分を添加する手段を新設すること以外に、より好ましい例として、既設装置等から排出される排出物を活用できる構成とすることが挙げられる。これにより、ガス処理装置1Eの省コスト化や省エネルギー化が可能となる。

既設装置等から排出される排出物を活用し、pH上昇を抑制する手段としては、例えば、各種燃焼装置で生じた排ガスをガス処理装置1Eに供給することが挙げられる。燃焼装置で生じた排ガスには、二酸化炭素(CO₂)、硫黄酸化物(SO_x)、窒素酸化物(NO_x)などが含まれており、これらの排ガス成分は水溶液に溶解すると酸性を示すことが知られている。したがって、燃焼装置で生じた排ガスを活用することで、反応部2におけるpH上昇を抑制することが可能となる。

[0198] (排ガス供給手段)

排ガス供給手段9は、反応部2に対して燃焼装置で生じた排ガスを供給し、pH上昇を抑制することで、電極反応効率の低下を抑制するためのものである。

排ガス供給手段9としては、反応部2に対して燃焼装置で生じた排ガスを供給することができるものであればよく、特に限定されない。なお、本実施態様における排ガス供給手段9としては、カソード側である電極23bを配した第2のセル21b内に排ガスを供給するものとするのが特に好ましい。このような排ガス供給手段9としては、第2のセル21bに直接排ガスを供給するための構造を設けるものや、電子受容体とともに排ガスを供給する構造を設けるもの等が挙げられる。

[0199] 排ガス供給手段9の具体例としては、反応部2内の第2のセル21bに、燃焼装置で生じた排ガスを供給する機構を直接設けることが挙げられる。

図22は、本実施態様の排ガス供給手段9として、第2のセル21bに排ガスを供給する機構を直接設ける際の概略説明図である。

[0200] 図22に示すように、排ガス供給手段9として、第2のセル21bに排ガス供給口91を設け、排ガス供給口91には、燃焼装置（不図示）で発生した排ガスを供給するための配管92を接続することが挙げられる。ここで、図22における破線の矢印は、排ガスの流入方向を示している。また、図22では、排ガス供給手段9として、第2のセル21bの上部に排ガス供給口91を設け、排ガスを供給するものを図示しているが、これに限定されるものではない。排ガス供給手段9の他の例としては、例えば、排ガス供給口91を第2のセル21bの下部に設け、排ガスが第2のセル21b内の下方から上方に向かって上昇するように供給するものとするなどが挙げられる。

[0201] 排ガス供給口91及び配管92は、気体の供給・移送に係る公知の構成を用いることができ、具体的な構造は特に限定されない。

また、配管92は、燃焼装置で生じた排ガスを移送するためのものであればよく、燃焼装置と直接接続するものであってもよく、間接的に接続するものであってもよい。

[0202] 排ガス供給手段9としては、図22に示すように、反応部2に対し、排ガス供給口91と配管92を設けるものに限定されない。例えば、排ガス供給手段9として、電子受容体の貯留箇所や電子受容体を供給するライン上に配管92を接続し、排ガスを電子受容体供給口24aから電極23bに対して供給するものとしてもよい。これにより、排ガス供給口91を別体として設ける必要がなくなるため、装置構成の簡略化が可能となる。

[0203] なお、本実施態様において、排ガス供給手段9と接続する燃焼装置自体の構造や、燃焼装置で燃焼させる対象などについては特に限定されない。

燃焼装置としては、物質の燃焼を行うことができる公知の構成を用いることができる。燃焼装置としては、本実施態様におけるガス処理装置のために新設するものとしてもよいが、コスト面を鑑み、既設の燃焼装置を利用するものとしてもよい。例えば、ごみ焼却施設における燃焼装置のほか、バイオガス等のガス燃焼による発電施設における燃焼装置などが挙げられる。

また、燃焼装置で燃焼させる物質としては、炭素成分、硫黄成分、窒素成分の少なくとも1つ以上を含み、燃焼後に、二酸化炭素、硫黄酸化物、窒素酸化物など、水溶液に溶解することで酸性を示す成分を含む排ガスを生じるものであればよく、具体的な物質としては特に限定されない。

[0204] 燃焼装置の例としては、ガス処理装置1Eを適用した処理システム内における処理過程で生じた排出物を燃焼対象とするものが挙げられる。より具体的には、ガス処理装置1Eを適用したメタン発酵処理システム100内における処理過程で生じた排出物を燃焼対象とするものが挙げられる。これにより、処理システム内における一連の処理過程の中で電極反応を行うことに加え、電極反応効率の低下抑制に係る工程も併せて実施することが可能となる。このため、ガス処理装置1E及び処理システムとして、エネルギーの回収・利用効率が向上するとともに、省コスト化が可能となる。

このような燃焼装置の具体的な例としては、例えば、メタン発酵処理システム100における嫌気処理部200における嫌気処理で発生したガス（バイオガス）を燃焼するものや、嫌気処理部200及び固液分離部460から排出される固形物（汚泥）を焼却するものなどが挙げられる。これにより、燃焼対象を容易に得ることができるとともに、嫌気処理部200及び固液分離部460から排出される固形物（汚泥）処理、並びにバイオガス利用等における既設の燃焼装置を利用することができる。さらに、本発明のガス処理装置のために、新たに燃焼装置を設ける必要がなく、イニシャルコストを大幅に低減することが可能となる。

また、燃焼対象を汚泥とした場合、汚泥には有機物が多く含まれるため、燃焼処理により二酸化炭素を多く含む排ガスが発生する。近年、環境への影響を鑑み、二酸化炭素の排出規制が厳しくなっている。このため、二酸化炭素を含む排ガスを反応部2に供給することで、反応部2における電極反応効率の低下を抑制するとともに、二酸化炭素が反応部2内の電解質溶液に溶解するため、二酸化炭素の系外への排出を抑制することが可能となるという効果も奏する。

なお、燃焼装置は1つに限定するものではなく、複数のものを組み合わせてもよい。例えば、固形物を焼却するものとガスを燃焼するものを組み合わせることなどが挙げられる。これにより、排ガス供給手段9に対して安定して排ガスを供給することができるとともに、各燃焼装置から排出される排ガス処理を低コストで行うことが可能となる。

[0205] 本実施態様の排ガス供給手段9の別の態様としては、排ガスの温度を調整するための機構を備えるものとしてもよい。

燃焼装置で生じた排ガスの温度は、100度を超えることもあることが知られている。一方、本実施態様におけるガス処理装置1Eの反応部2は、水溶液中に配置した電極による電気化学反応を実施するものであり、100度を超える排ガスをそのまま供給すると、電極の劣化を速めるとともに、反応部2内の電解質溶液が蒸発（気化）することで、電極反応効率の低下が生じるなど、熱による不具合が発生するおそれがある。したがって、排ガスの温度を調整し、反応部2に供給することが好ましい。

[0206] 図23は、本実施態様における排ガス供給手段9として、排ガスの温度を調整する機構を設けた際の概略説明図である。

図23に示すように、排ガスの温度を調整する機構として、配管92上に温度調整機構93を設け、排ガスの温度調整を行うことが挙げられる。より具体的には、温度調整機構93により、排ガスの温度を100度以下に冷却すること等が挙げられる。これにより、排ガスを反応部2（第2のセル21b）内に供給した際に、熱による不具合が発生することを抑制することが可能となる。

[0207] 温度調整機構93としては、ガス（排ガス）の温度調整が可能なものであればよく、公知の構成を用いることができる。温度調整機構93の一例としては、空気等の気体や冷却水等の液体を用いた熱交換器が挙げられる。また、温度調整機構93の他の例としては、本発明のメタン発酵処理システム100における嫌気処理部200等の処理設備に対し、排ガスを用いた加温が可能となるように排ガスの配管等の配置を行うことが挙げられる。これによ

り、嫌気処理部200等、ガス処理装置1E以外の処理設備を加温処理した後、冷却された排ガスを、配管92を介して反応部2に供給することで、電極反応効率の低下を抑制するとともに、ガス処理装置1E全体としての省エネルギー化が可能となる。

[0208] 以上のように、本実施態様のガス処理装置1Eにおいて、燃焼装置で生じた排ガスを反応部へ供給する排ガス供給手段を備えることにより、電極反応におけるカソード側のpH上昇を抑制することができる。これにより、電極反応の効率が低下することを抑制し、発電及び脱硫処理の効率向上が可能となる。

[0209] また、本実施態様のガス処理装置1Eにおいては、第1の実施態様と同様の工程により発電及び脱硫処理を行うことが可能である。

さらに、本実施態様におけるガス処理装置1Eは、本発明におけるメタン発酵処理シス

テム100に係るガス処理部310として適用することができる。

[0210] [第6の実施態様]

図24は、本発明の第6の実施態様におけるガス処理装置を示す概略説明図である。また、図25及び図26は、本発明の第6の実施態様におけるガス処理装置の別態様を示す概略説明図である。

第6の実施態様に係るガス処理装置1Fは、図24～図26に示すように、第1の実施態様に係るガス処理装置1Aにおいて、反応部2の電極21a、21bに含まれる気体を脱気する脱気手段10を設けるものである。なお、図24～図26におけるガス処理装置1Fは、図1に示したガス処理装置1Aに対し、脱気手段10を設けたものを示している。また、第1の実施態様の構成と同じものについては、説明を省略する。

[0211] 本実施態様における電極23aは、ガスG中の硫化水素を電子供与体とし、直接電子を回収するものである。したがって、電極23aと硫化水素との接触効率を向上させることで電子供与体としての反応効率（電極23aにおける電子の回収速度）が向上し、発電効率及び脱硫処理効率を向上させるこ

とが可能となる。また、電極 23 b においても同様に、電極 23 b と電子受容体との接触効率を向上させることで、発電効率及び脱硫処理効率を向上させることが可能となる。

[0212] 一方、電極 23 a や電極 23 b として、発電効率及び脱硫処理効率を鑑み、比表面積の大きい多孔質体を用いた場合、電極内部に気体が入り込む空間が存在することになる。したがって、多孔質体からなる電極 23 a、23 b をそのまま媒体（液体）を貯留するセル（第 1 のセル 21 a、第 2 のセル 21 b）に設置すると、電極 23 a、23 b 内に気泡が存在し、電極 23 a、23 b の表面と、水溶液中に溶存した硫化水素などの電極反応成分との接触面積が低下することになる。このとき、電極 23 a、23 b において、電子供与体や電子受容体による電極反応効率が低下するという問題が生じる。

[0213] （脱気手段）

脱気手段 10 は、反応部 2 における電極 23 a 及び電極 23 b に含まれる気体を除去し、電極反応効率の低下を抑制するためのものである。

脱気手段 10 としては、電極 23 a 及び電極 23 b に含まれる気体を除去することができるものであればよく、特に限定されない。なお、本実施態様における脱気手段 10 としては、電極 23 a 及び電極 23 b を反応部 2 内に設置したまま脱気を行うものや、反応部 2 に設置する前や反応部 2 から取り出した後など、反応部 2 外部において電極 23 a 及び電極 23 b の脱気を行うものが挙げられる。反応部 2 内の電極 23 a、23 b に対し、脱気を行う場合、電極 23 a、23 b の輸送や設置は通常通り行うことができ、反応工程の合間に脱気工程を行うことが容易である。このため、脱気処理に係る操作のタイミング等を容易に設定することが可能である。一方、反応部 2 外部において電極 23 a、23 b の脱気を行う場合、反応部 2 に脱気に係る設備を追加することなく、複数の電極を一括で処理することができるため、作業コストを低減させることができる。したがって、脱気手段 10 は、反応部 2 内部あるいは反応部 2 外部のいずれで行うものとしてもよく、脱気効果や作業効率等を鑑みて適宜選択することが可能である。

[0214] 本実施態様の脱気手段10としては、電極に対して薬剤を添加する薬剤添加手段10Aを備えるものが挙げられる。

薬剤添加手段10Aとしては、薬剤を加えることで電極に含まれる気体を除去することができるものであればよく、例えば、反応部2外で電極23a及び電極23bに薬剤を添加するものや、反応部2内に薬剤を添加するものなどが挙げられる。脱気手段10として薬剤添加手段10Aを用いることで、薬剤を添加するという比較的簡易な手段により、電極の脱気を行うことができる。この場合、電極の脱気に係る付帯設備の大型化を抑制し、イニシャルコストを低減することが可能となる。

[0215] 薬剤添加手段10Aの具体例としては、反応部2内に設置した電極23a及び電極23bに対して薬剤を添加する機構を設けることが挙げられる。

図24は、本実施態様の薬剤添加手段10Aとして、反応部2内の電極23a及び電極23bに対して薬剤を添加する機構を設ける際の概略説明図である。

図24に示すように、薬剤添加手段10Aとして、第1のセル21a及び第2のセル21bにそれぞれ薬剤供給口101a、101bと薬剤供給手段102を設け、電極23a及び電極23bの表面に薬剤が触れるように配置することが挙げられる。なお、図24における破線の矢印は、薬剤の流入方向を示している。

[0216] 薬剤供給手段102としては、薬剤を添加することができるものであればよく、特に限定されない。例えば、薬剤供給手段102としては、薬剤を貯留する貯留部や、薬剤の添加量を決定・調整するための制御部等を備えること等が挙げられる。

[0217] 薬剤供給手段102から供給する薬剤としては、電極23a、23b内の気体と置換し、気体を電極23a、23b外に押し出すもの、電極23a、23b内の気体が溶解するもの、電極23a、23b内の気体を破泡するものなどが挙げられる。より具体的には、アルコールなどの有機溶剤のほか、消泡剤として知られる物質が挙げられる。これにより、反応部2に配置され

た電極 23 a、23 b に含まれる気体を除去することが可能となる。

[0218] 薬剤添加手段 10 A としては、図 24 に示すように、反応部 2 に対し、薬剤供給口 101 a、101 b と薬剤供給手段 102 を設けるものに限定されない。例えば、ガス導入部 3（配管 31）に薬剤供給手段 102 を接続し、導入口 22 a を介して薬剤を電極 23 a に対して供給するものとしてもよい。これにより、薬剤供給口 101 a を別体として設ける必要がなくなるため、装置構成の簡略化が可能となる。

[0219] 薬剤添加手段 10 A の別の態様として、反応部 2 外で、電極 23 a、23 b に薬剤を添加する設備を設け、一括で脱気処理を行った後、保存溶液で満たした保存容器に電極 23 a、23 b を収容したものを反応部 2 に輸送、配置することが挙げられる。

[0220] このとき、保存溶液としては、脱気処理後の電極 23 a、23 b 内に再度気体が流入することを抑制することができる液体であればよく、例えば、脱気処理に使用した薬剤（溶液）のほか、純水等が挙げられる。また、保存溶液としては、純水等の水溶液を用いることが好ましい。これにより、反応部 2 に電極 23 a、23 b を配置した際、保存溶液が処理水と置換されやすく、また、処理水中に保存溶液が流出しても、第 1 のセル 21 a 及び第 2 のセル 21 b 内の環境条件に対する影響を抑えることができる。

[0221] また、このとき、保存容器としては、電極 23 a、23 b 及び保存溶液を収容し、脱気処理後の電極 23 a、23 b 内に再度気体が流入することを抑制することができる容器であればよく、例えば、通気性及び通水性を有さない材質からなる箱体や袋体等が挙げられる。このような保存容器の具体的な例としては、例えば、プラスチックフィルムや金属薄膜からなる袋体や、プラスチック板や金属板からなる箱体等が挙げられる。

[0222] 薬剤添加手段 10 A として、反応部 2 外で薬剤による脱気処理を行うものとした場合、反応部 2 内に直接薬剤を投入することがないため、第 1 のセル 21 a 及び第 2 のセル 21 b 内の環境変化が少なく、電極反応に対する影響を抑制することができるという効果も奏する。

[0223] 本実施態様の脱気手段10の別の態様としては、電極に対して電圧印加を行う電氣的処理手段10Bを備えるものが挙げられる。

電氣的処理手段10Bとしては、溶液に浸漬した状態で電極に対して電圧印加を行うことができるものであればよく、例えば、反応部2内に配置した電極23a及び電極23b間の電圧・電流を制御する電氣化学的装置を設けることや、反応部2外において電極23a及び電極23b間に印加する電圧・電流を制御する電氣化学的装置を備えた設備を設けることなどが挙げられる。特に、脱気手段10として、反応部2内に電氣的処理手段10Bを設けることで、新たに加える装置構成が少なく、設備の小型化が可能となる。

[0224] 図25は、本実施態様の電氣的処理手段10Bとして、反応部2内の電極23a及び電極23b間に電圧印加するものを用いた際の概略説明図である。

図25に示すように、電氣的処理手段10Bとして、電極23a及び電極23bと接続するように電圧・電流制御装置103を設け、電氣化学的処理を行うことが挙げられる。より具体的には、電極23a及び電極23bからガスが発生する電極反応が進行するように電圧を印加すること等が挙げられる。これにより、電極23a、23bに含まれる気体は、電極反応により発生するガスによって電極23a、23bの外部に押し出されるため、電極の脱気処理が可能となる。このとき、ガスが発生する電極反応としては、第1のセル21a及び第2のセル21b内に貯留された水溶液（水）の電氣分解が挙げられる。反応部2内での水の電氣分解によって水素及び酸素が発生し、電極23a、23bに含まれる気体ごと電極23a、23b外に放出し、電極の脱気を行うことができる。これにより、脱気手段10として新たな設備追加がほとんど不要となるため、設備コストを大幅に削減することが可能となる。

[0225] 本実施態様の脱気手段10の別の態様としては、電極に対して減圧処理を行う減圧手段10Cを備えるものが挙げられる。

減圧手段10Cとしては、少なくとも電極に対して減圧処理を行い、その

結果電極に含まれる気体を除去することができるものであればよく、例えば、反応部2内に電極23a及び電極23bを配置した状態でセル（第1のセル21a及び／又は第2のセル21b）内を減圧する手段や、反応部2外で電極23a及び電極23bに対して減圧処理を行った後、減圧状態を保ったまま保存容器に收容する手段などが挙げられる。脱気手段10として減圧手段10Cを用いることで、第1のセル21a及び第2のセル21b内の環境条件（pH、各種化合物の濃度等）を変えことなく電極の脱気を行うことができる。

[0226] 図26は、本実施態様の減圧手段10Cとして、反応部2内に電極23a及び電極23bを配置した状態で第1のセル21a及び第2のセル21b内を減圧するものを用いた際の概略説明図である。

図26に示すように、減圧手段10Cとしては、流量調節弁104a～104dと減圧装置105を設けることが挙げられる。

図26に基づき、本実施態様の減圧手段10Cの一例を説明する。図26に示した減圧手段10Cは、第1のセル21aに対してガスGを導入する配管31及びガスG1を排出する配管26上に流量調節弁104a、104bを設け、第2のセル21bに対して電子受容体を導入・排出する電子受容体供給口24a及び電子受容体排出口24bに接続する配管106、107上に流量調節弁104c、104dを設けている。これにより、流量調節弁104a～104dの開閉操作により、第1のセル21a及び第2のセル21bを、ガス処理装置1F以外の他の設備（嫌気処理部200や排水処理部400等）から区画することが可能となる。そして、区画した空間内を減圧するために、図26に示した減圧手段10Cでは、第1のセル21a及び第2のセル21bと接続するように減圧装置105を設けている。これにより、減圧装置105を駆動することで、区画された空間である第1のセル21a及び第2のセル21b内が減圧される。このとき、電極23a、23bに含まれる気体は、電極23a、23b外に放出されるため、電極の脱気を行うことができる。

[0227] 減圧装置105は、第1のセル21a及び第2のセル21b内の圧力を低減することができるものであればよく、特に限定されない。例えば、減圧装置105としては、減圧ポンプとして知られるもの等が挙げられる。

[0228] 減圧手段10Cとしては、図26に示す構成に限定されない。例えば、第2のセル21bに供給する電子受容体が気体であり、電極23bにおいて脱気処理が不要である場合、第1のセル側のみに減圧手段10Cを設けるものとしてもよい。このとき、減圧手段10Cとしては、流量調節弁104a、104bと、第1のセル21aのみに接続されている減圧装置105を設けることが挙げられる。これにより、硫化水素と接触し、気体を除去する必要のある電極23a側のみ脱気処理を行うことができ、ガス処理装置1F全体としての簡略化が可能となる。

一方、第1のセル21aあるいは第2のセル21bのどちらか片方のみに減圧手段10Cを設け、減圧による脱気処理を行うと、セル間の圧力差により、電極23a、23bやイオン交換体25の破損が生じるおそれがある。したがって、脱気手段10として減圧手段10Cを用いる場合、図26に示すように、流量調節弁104a～104dを設けることで、第1のセル21a及び第2のセル21bの両方を含むように区画し、区画された空間内を減圧することがより好ましい。これにより、電極23a及び電極23bの脱気処理を安定して行うことが可能となる。

[0229] また、減圧装置105を、第1のセル21a及び第2のセル21bに接続する際、新たな配管を設けるものとしてもよく、既設の配管を活用するものとしてもよい。特に、既設の配管を活用することにより、装置構成の簡略化が可能となる。

[0230] 本実施態様のガス処理装置1Fにおける脱気手段10としては、上記した薬剤添加手段10A、電氣的処理手段10B及び減圧手段10Cをそれぞれ単独で行うものに限定されるものではなく、上記手段10A～10Cを複数組み合わせるものとしてもよい。これにより、電極23a、23bの形態や配設状況等に応じて好適な脱気手段10を選択して実施することが可能とな

り、より高い脱気効果が得られる。

また、処理対象となるガスGとしてバイオガスを用いる場合のように、処理後のガスG 1に、ガスG（バイオガス）由来以外の気体が混入することが好ましくないガス処理においては、脱気手段10として、薬剤添加手段10Aあるいは反応部2外で行う各脱気手段10（手段10A～10C）から選択することが好ましい。

[0231] 本実施態様における脱気手段10による電極の脱気を実施する条件（実施回数や実施時期等）については特に限定されない。例えば、各脱気手段10（手段10A～10C）は、反応部2に電極を設置する前や設置した後に、1回だけ行うものとしてもよく、複数回繰り返すものとしてもよい。なお、脱気手段10を繰り返し実施することで、脱気効率を高めることができるが、脱気手段10の駆動に係るコスト（薬剤コストや電力コスト等）を鑑み、実施の回数を適宜設定することができる。また、脱気手段10を実施する時期については、例えば、電極の交換時など、新規の電極を使用するタイミングのほか、電極のメンテナンス（洗浄等）後のタイミングなどが挙げられる。

[0232] 以上のように、本実施態様のガス処理装置1Fにおいて、電極内部に含まれる気体を除去する脱気手段を備えることにより、電極内部の比表面積が低下するという問題を解決することができる。これにより、電極反応の効率が低下することを抑制し、発電及び脱硫処理の効率向上が可能となる。

[0233] また、本実施態様のガス処理装置1Fにおいては、第1の実施態様と同様の工程により発電及び脱硫処理を行うことが可能である。

さらに、本実施態様におけるガス処理装置1Fは、本発明におけるメタン発酵処理システム100に係るガス処理部310として適用することができる。

[0234] なお、上述した実施態様は、ガス処理装置、ガス処理方法及びメタン発酵処理システムの一例を示すものである。本発明に係るガス処理装置、ガス処理方法及びメタン発酵処理システムは、上述した実施態様に限られるもので

はなく、請求項に記載した要旨を変更しない範囲で、上述した実施態様に係るガス処理装置、ガス処理方法及びメタン発酵処理システムを變形してもよい。

[0235] 例えば、本実施態様のガス処理装置は、上述した接触効率向上手段（移動速度制御手段、濃度制御手段、洗浄手段）、排ガス供給手段、脱気手段のいずれか一つ以上を選択し、複数の構成を組み合わせて備えるものとしてもよい。これにより、電極反応の効率向上に係る効果を高めることが可能となる。

[0236] また、例えば、本実施態様におけるガス処理装置は、電極 2 3 a 及び電極 2 3 b に対して微生物の付着、堆積を防ぐような手段を設けるものとしてもよい。このような手段としては、例えば、電極表面を微生物の付着を防ぐ材質でコーティングすることや、電極の構造そのものが微生物の付着を困難にするような形状となっているものとする等が挙げられる。これにより、反応部 2 の第 1 のセル 2 1 a 及び第 2 のセル 2 1 b 内に微生物が流入した際においても、電極 2 3 a 及び電極 2 3 b での電極反応に対する微生物による阻害を抑制することが可能となる。

[0237] さらに、例えば、本実施態様におけるガス処理装置は、一部の構造を省略し、装置構成をより簡略化するものとしてもよい。

省略可能な構造としては、例えば、イオン交換体 2 5 が挙げられる。これにより、反応部 2 の簡略化が可能となるとともに、メンテナンス作業が容易となる。

また、省略可能な構造の他の例としては、第 2 のセル 2 1 b における電子受容体供給口 2 4 a 及び電子受容体排出口 2 4 b が挙げられる。これにより、反応部 2 をより簡略化することが可能となる。このとき、電極 2 3 b の一面が第 1 のセル 2 1 a 内の水溶液又はイオン交換体 2 5 に接触し、もう一方の面が全体的に外気（空気）に直接接触する構造とすること等が挙げられる。さらに、外気側の電極 2 3 b 表面に交換又は洗浄容易な通気性素材を設けることが好ましい。これにより、塵などの固体不純物が電極 2 3 b 表面に付

着することを抑制することができる。

- [0238] また、本実施態様に係るメタン発酵処理システムにおける排水処理部（固液分離部を除く）についても、ガス処理部と同様に、本実施態様におけるガス処理装置に係る構造を用い、還元性物質（硫化水素を含む）による電極反応を進行させることができる。また、ガス処理部の構造と排水処理部の構造は同一としてもよく、異なるものとしてもよい。ガス処理部で処理対象となるガスG中の含有成分と、排水処理部で処理対象となる排水W1あるいは濾液F中の含有成分に応じ、それぞれの電極反応における処理条件（処理環境）が最適となるよう、ガス処理部と排水処理部の構造を適宜選択することができる。これにより、メタン発酵処理システム全体に係るランニングコストの低減や処理能力の向上が可能となる。

産業上の利用可能性

- [0239] 本発明のガス処理装置及びガス処理方法は、硫化水素を含有するガスの処理に利用される。特に、メタン発酵処理により発生するバイオガス中に硫化水素を含有する際のガス処理において好適に利用されるものである。
- [0240] 本発明のメタン発酵処理システムは、被処理物のメタン発酵処理に利用される。特に、被処理物の嫌気処理時に発生するバイオガス中に硫化水素が含まれるとともに、嫌気処理後の排水中に還元性物質が含有されるメタン発酵処理において好適に利用されるものである。

符号の説明

- [0241] 1 A, 1 B, 1 C, 1 D, 1 E, 1 F ガス処理装置、2 反応部、2 1 a 第1のセル、2 1 b 第2のセル、2 2 a 導入口、2 2 b 回収口、2 2 c 排水口、2 3 a, 2 3 b 電極、2 4 a 電子受容体供給口、2 4 b 電子受容体排出口、2 5 イオン交換体、2 6 配管、2 7 循環流路、3 ガス導入部、3 1, 3 2 a, 3 2 b 配管、3 3 水槽、4 微生物添加手段、4 1, 4 2 配管、5 接触効率向上手段、6 移動速度制御手段、6 1 a, 6 1 b 流体供給口、6 2 流体供給手段、6 3 回収手段、6 4 a, 6 4 b 流体排出口、6 5 気液分離部、6 6 温度制御手段、6 7

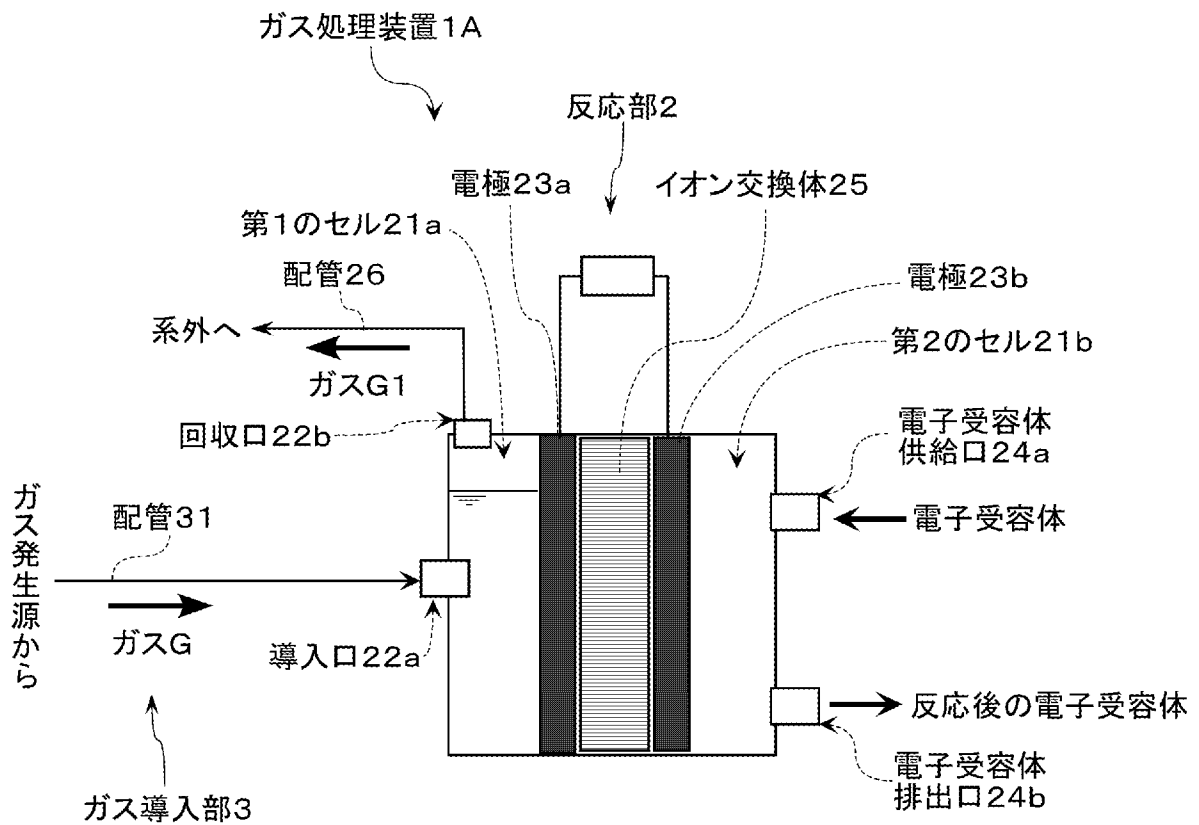
既設の熱交換設備、68 a, 68 b, 69 a, 69 b 配管、7 濃度制御手段、71 a, 71 b 電極反応成分添加口、72 電極反応成分添加手段、73 吸着材、74 pH制御手段、75 貯留部、76 添加部、77 pH検出部、8 洗浄手段、8A 剥離手段、8B 溶解手段、8C 分散手段、8D 周辺環境変化手段、81 a, 81 b 流体供給口、82 流体供給手段、83 制御部、84 a, 84 b 薬剤添加口、85 薬剤添加手段、86 a, 86 b 薬剤添加口、87 薬剤添加手段、88 a, 88 b 添加物供給口、89 添加物供給手段、9 排ガス供給手段、91 排ガス供給口、92 配管、93 温度調整機構、10 脱気手段、10A 薬剤添加手段、10B 電氣的処理手段、10C 減圧手段、101 a, 101 b 薬剤供給口、102 薬剤供給手段、103 電圧・電流制御装置、104 a, 104 b, 104 c, 104 d 流量調節弁、105 減圧装置、100A, 100B メタン発酵処理システム、200 嫌気処理部、300 バイオガス回収部、310 ガス処理部、400 排水処理部、410 a 第1のセル、410 b 第2のセル、420 a 導入口、420 b 排水口、430 a, 430 b 電極、440 a 電子受容体供給口、440 b 電子受容体排出口、450 イオン交換体、460 固液分離部、L1, L3, L6 導入配管、L2, L5 接続配管、L4, L7 排出配管、F 濾液、G 硫化水素を含有するガス、G1 硫化水素が除去されたガス、M 微生物、N 養分、S 被処理物、W1 排水、W2, W3, W4 処理水

請求の範囲

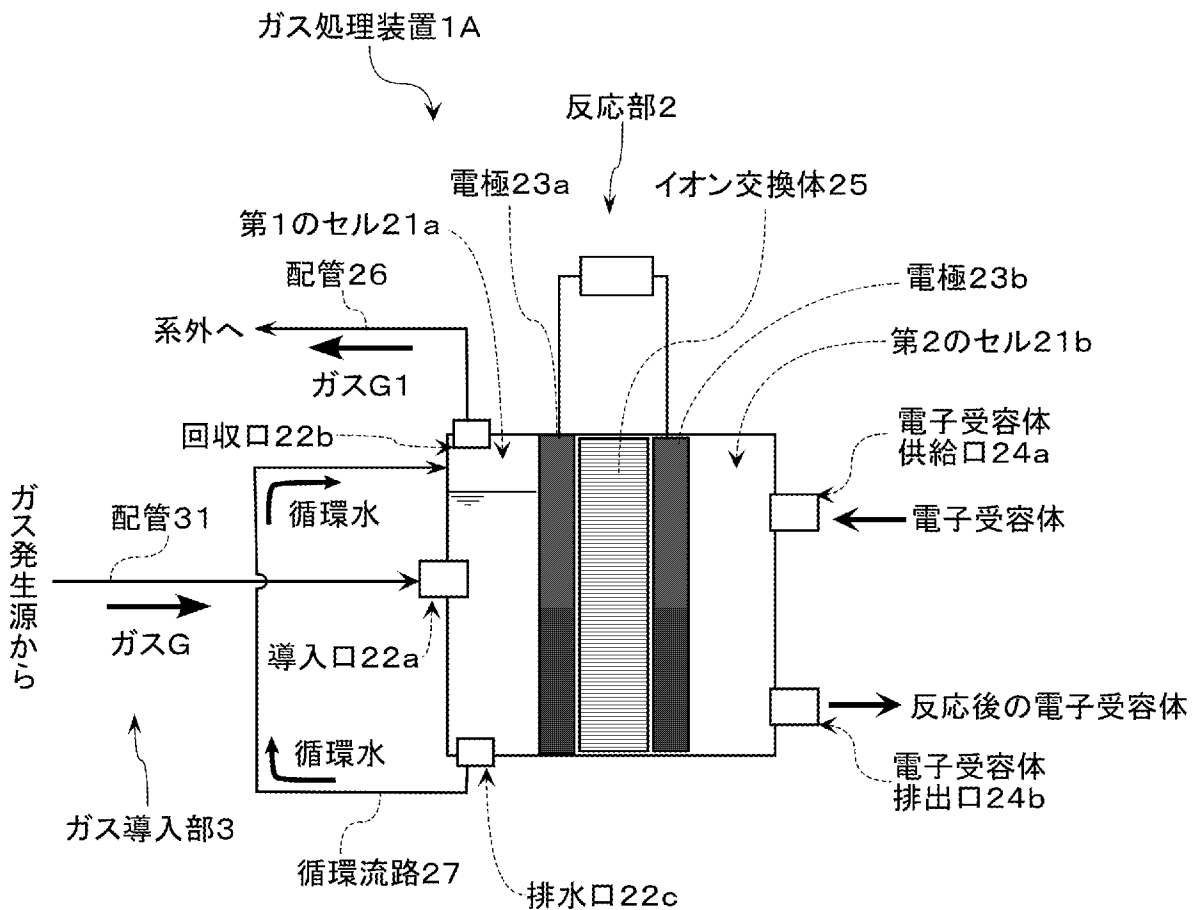
- [請求項1] 硫化水素を含有するガスの処理を行うガス処理装置であって、
一対の電極を有する反応部と、
前記反応部のアノード側に硫化水素を含有するガスを導入するガス導入部と、を備え、
前記反応部は、硫化水素の反応により発電及び／又は硫黄成分の除去を行うことを特徴とする、ガス処理装置。
- [請求項2] 前記反応部において、硫化水素が水溶液中に溶存した状態にあることを特徴とする、請求項1に記載のガス処理装置。
- [請求項3] 前記硫化水素を含有するガスは、メタン発酵処理により発生するバイオガスであることを特徴とする、請求項1又は2に記載のガス処理装置。
- [請求項4] 硫化水素を含有するガスの処理を行うガス処理方法であって、
一対の電極を有する反応部を備え、
前記反応部のアノード側に硫化水素を含有するガスを導入するガス導入工程と、
硫化水素の反応により発電及び／又は硫黄成分の除去を行う反応工程と、を備えることを特徴とする、ガス処理方法。
- [請求項5] 被処理物の処理を行うメタン発酵処理システムであって、
被処理物の嫌気処理を行う嫌気処理部と、
前記嫌気処理部で発生するバイオガスを回収するバイオガス回収部と、
前記嫌気処理部からの排水を処理する排水処理部と、を備え、
前記バイオガス回収部には、一対の電極を有する反応部と、前記反応部のアノード側に前記バイオガスを導入するガス導入部とを備え、
前記反応部において前記バイオガス中の硫化水素の反応により発電及び／又は硫黄成分の除去を行うガス処理部を設け、
前記排水処理部は、前記嫌気処理部からの排水と電極を接触させ、

前記排水中の還元性物質を電子供与体として電極反応させることを特徴とする、メタン発酵処理システム。

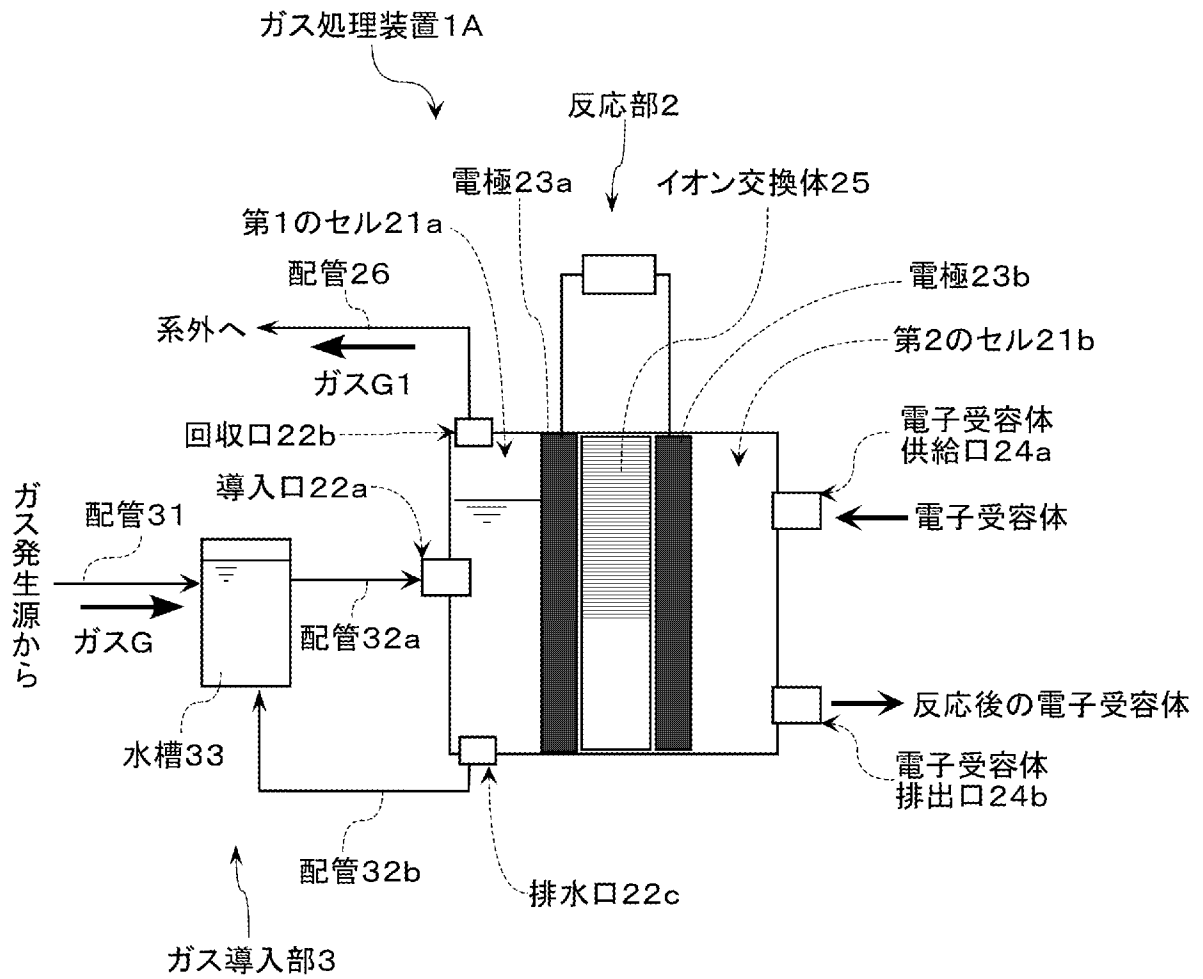
[図1]



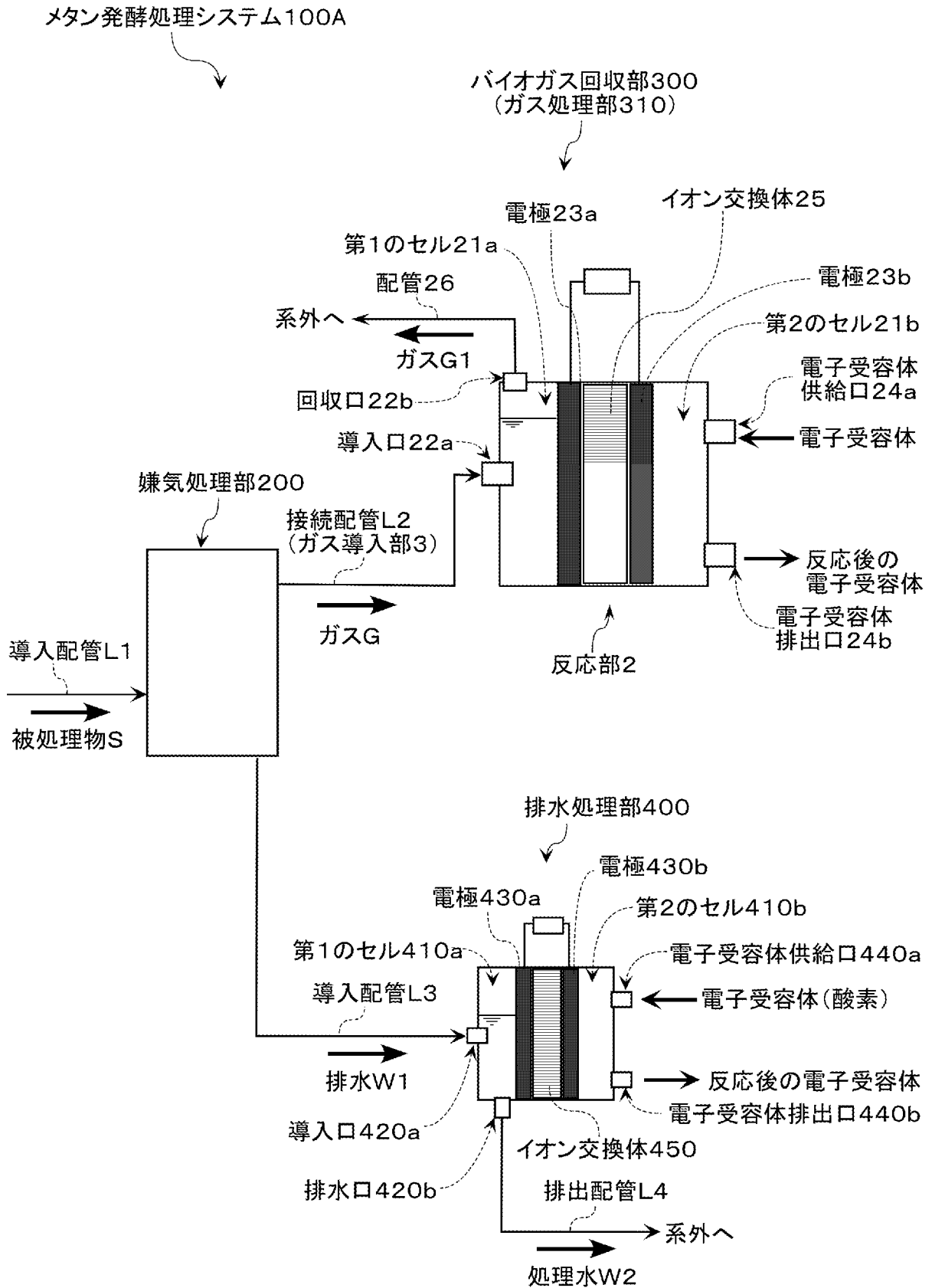
[図2]



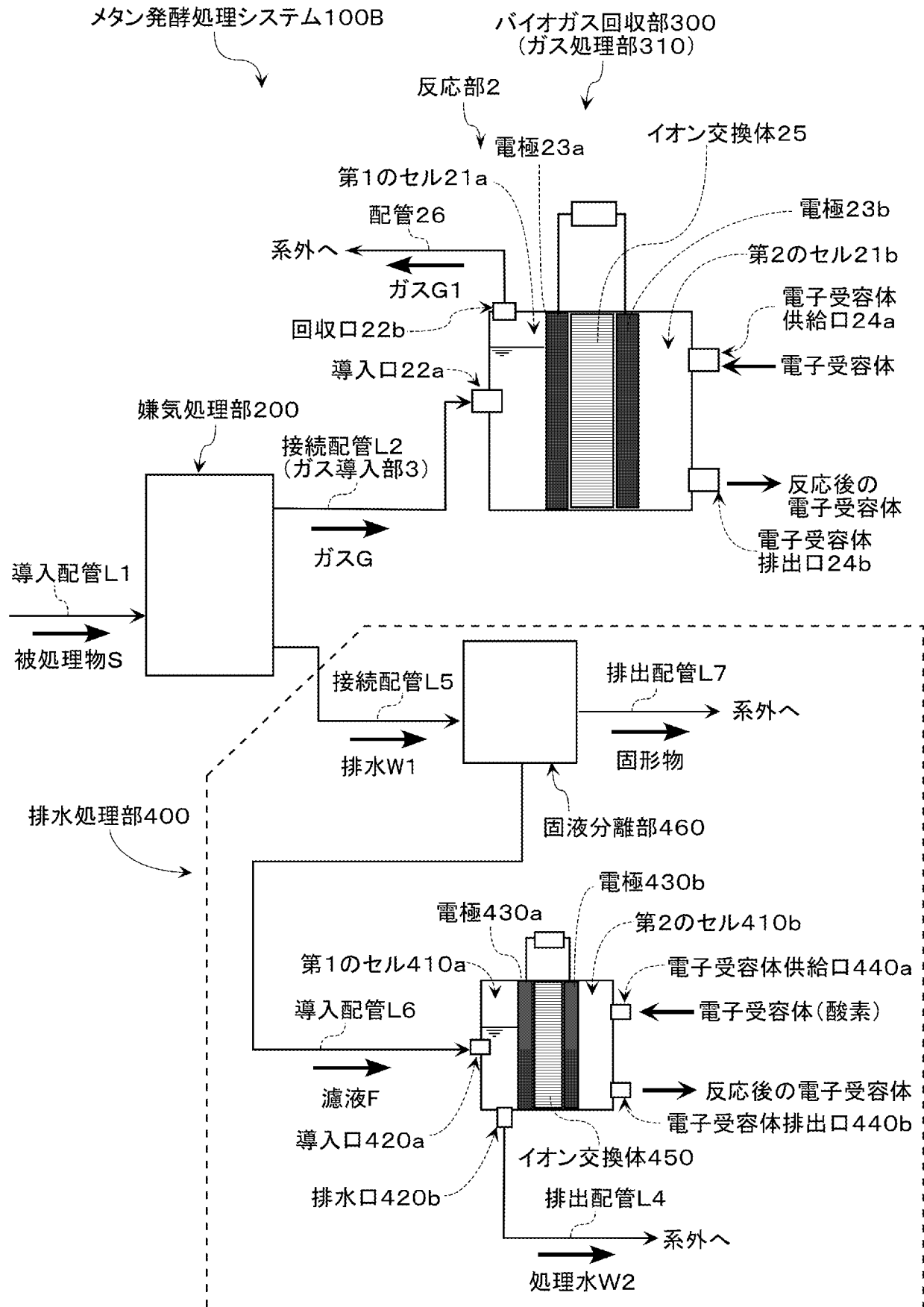
[図3]



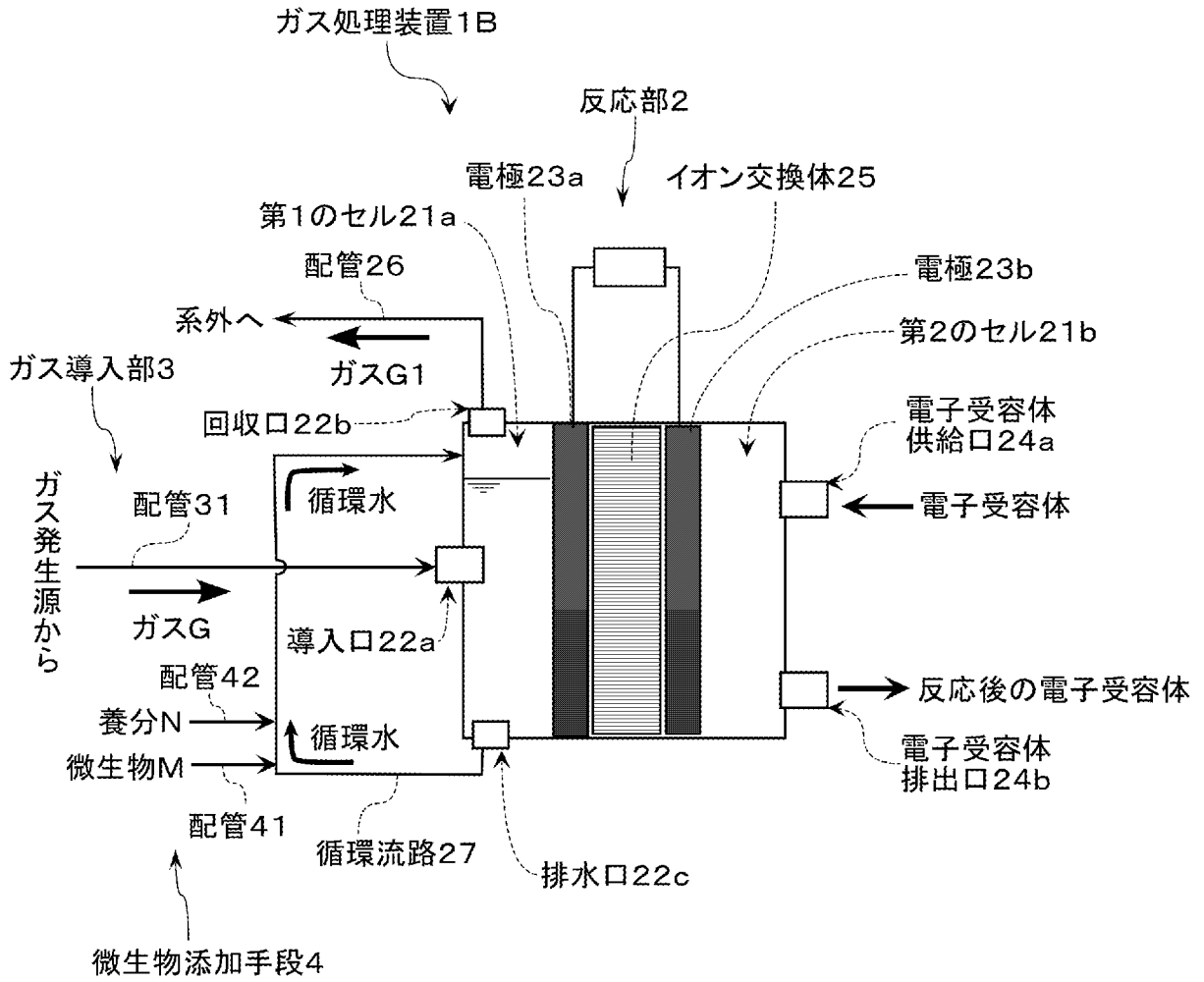
[図4]



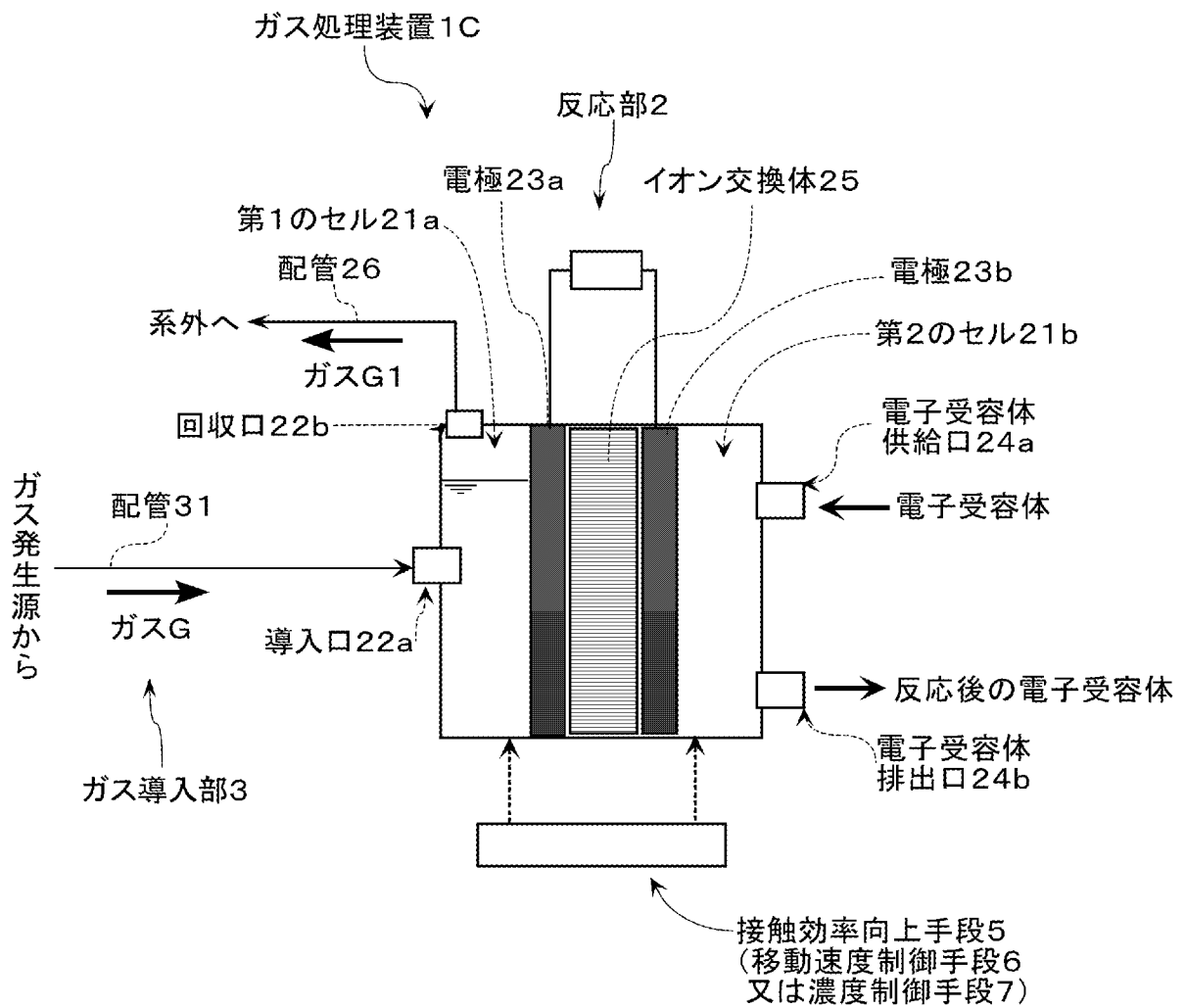
[図5]



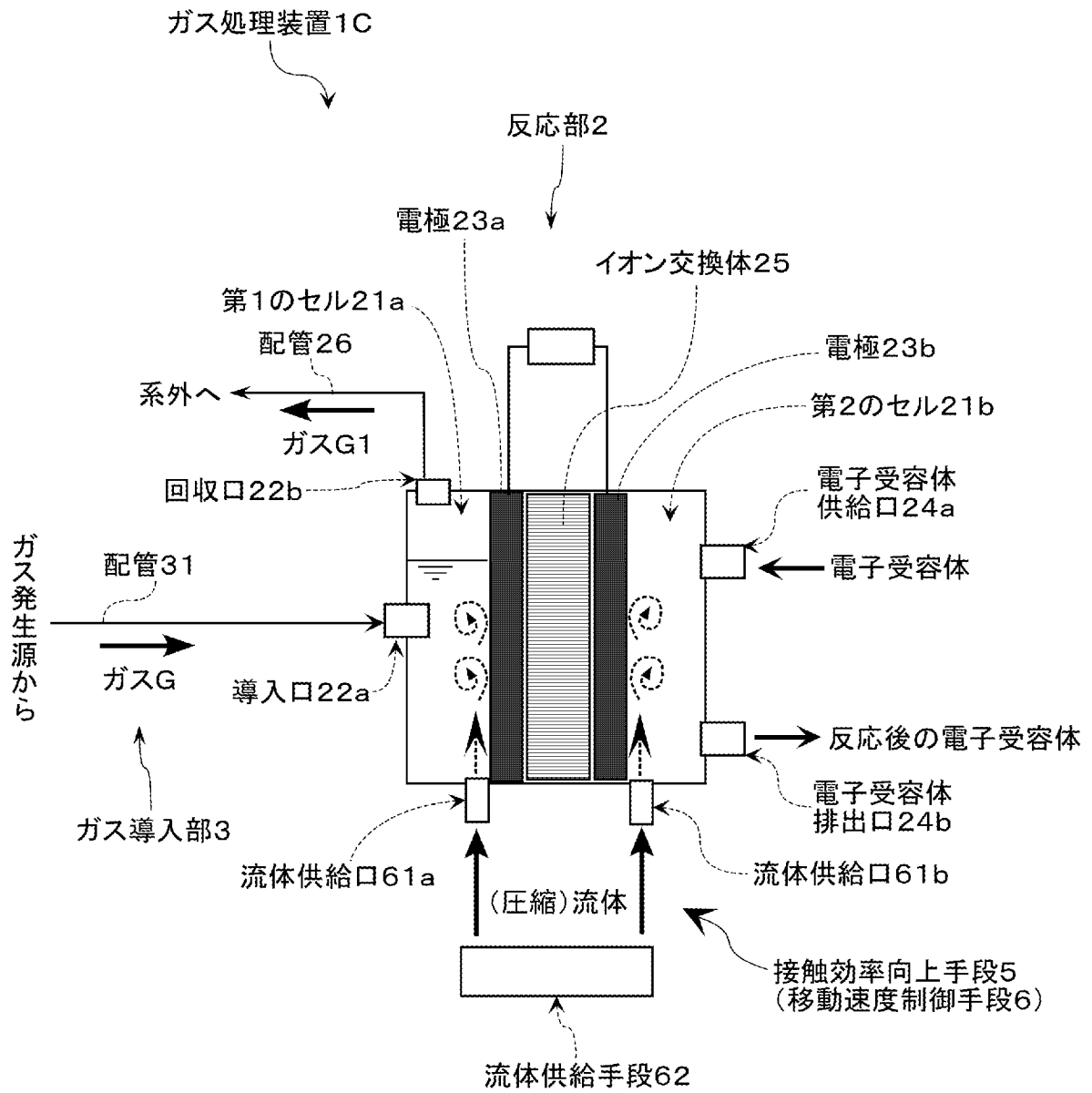
[図6]



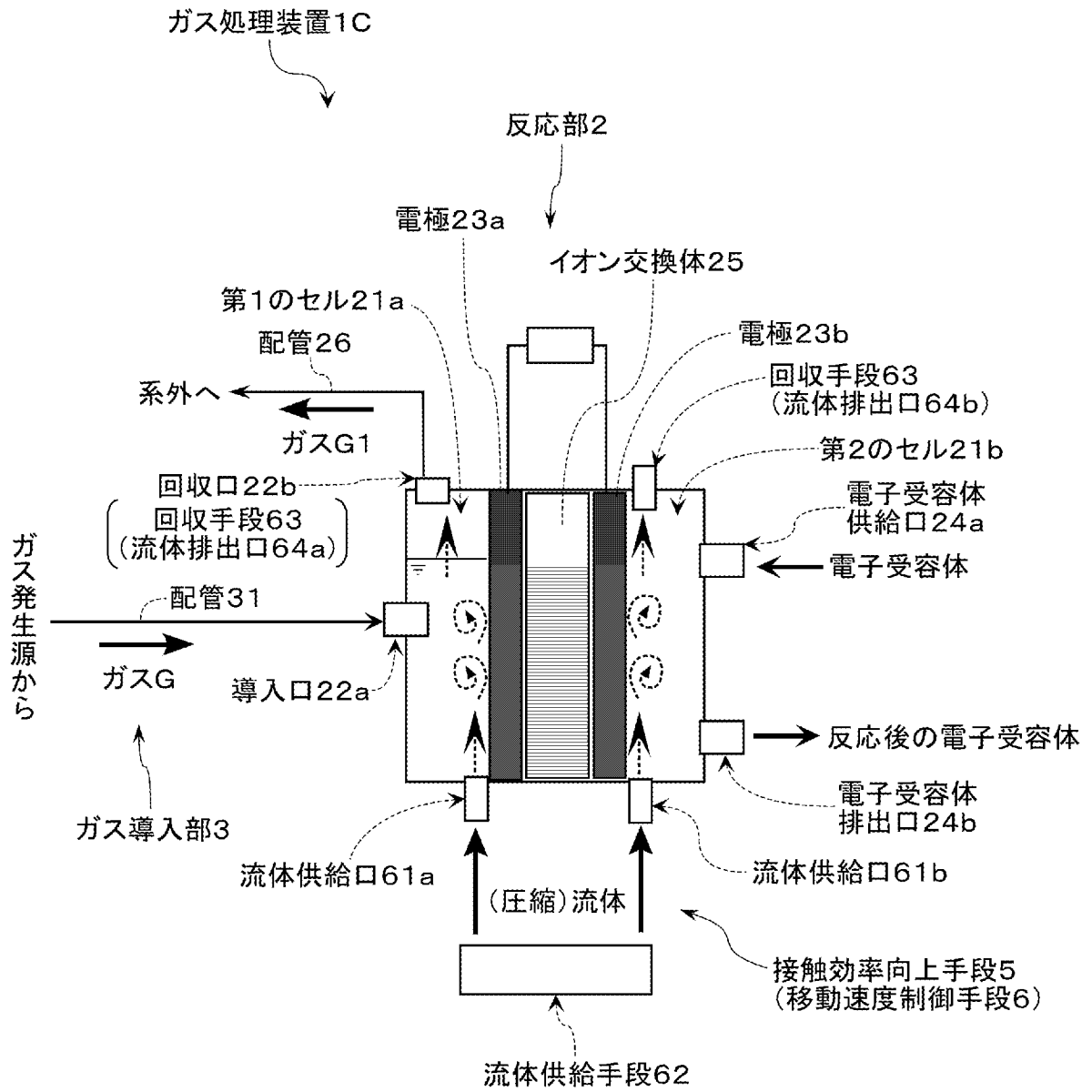
[図7]



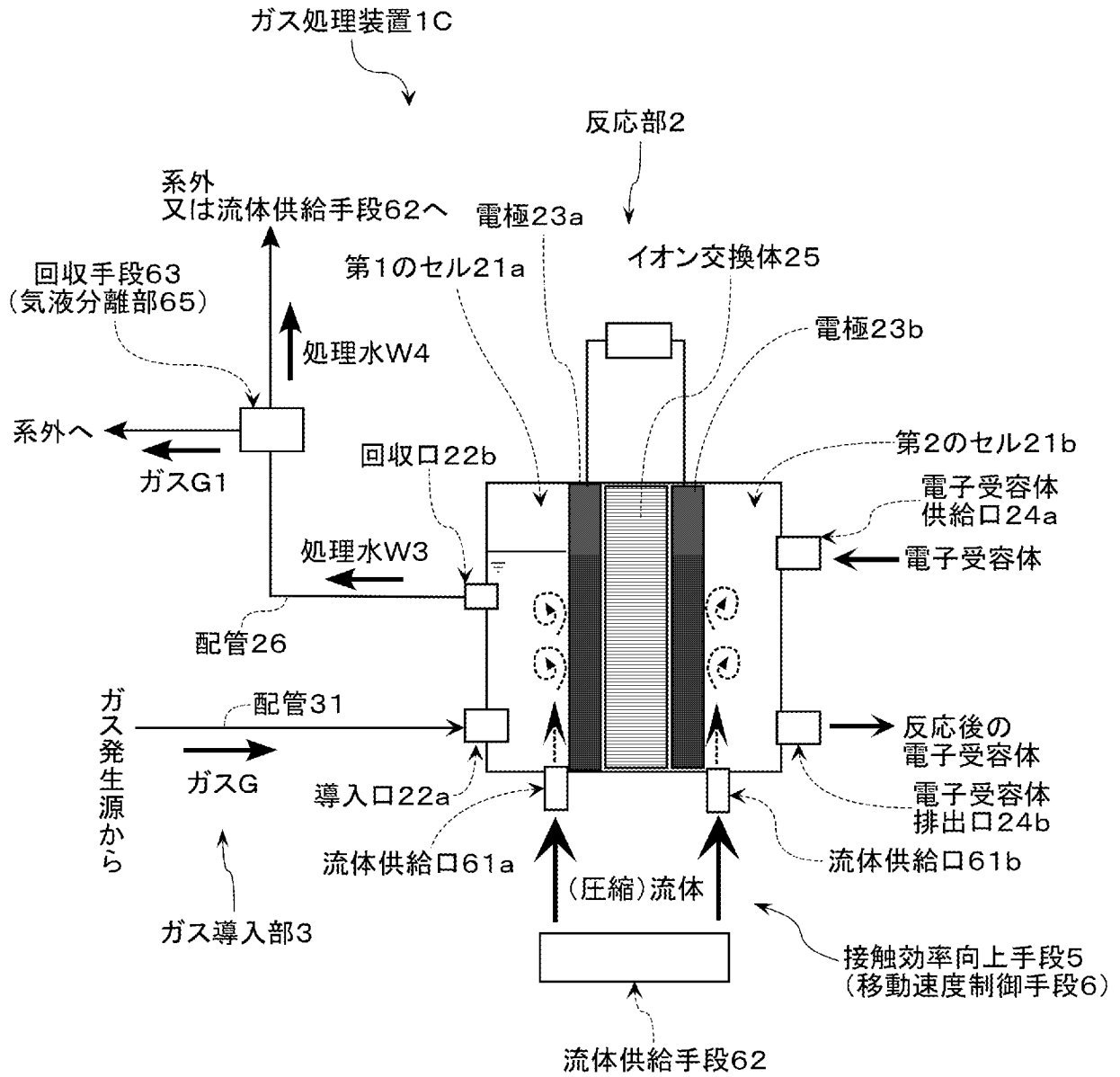
[図8]



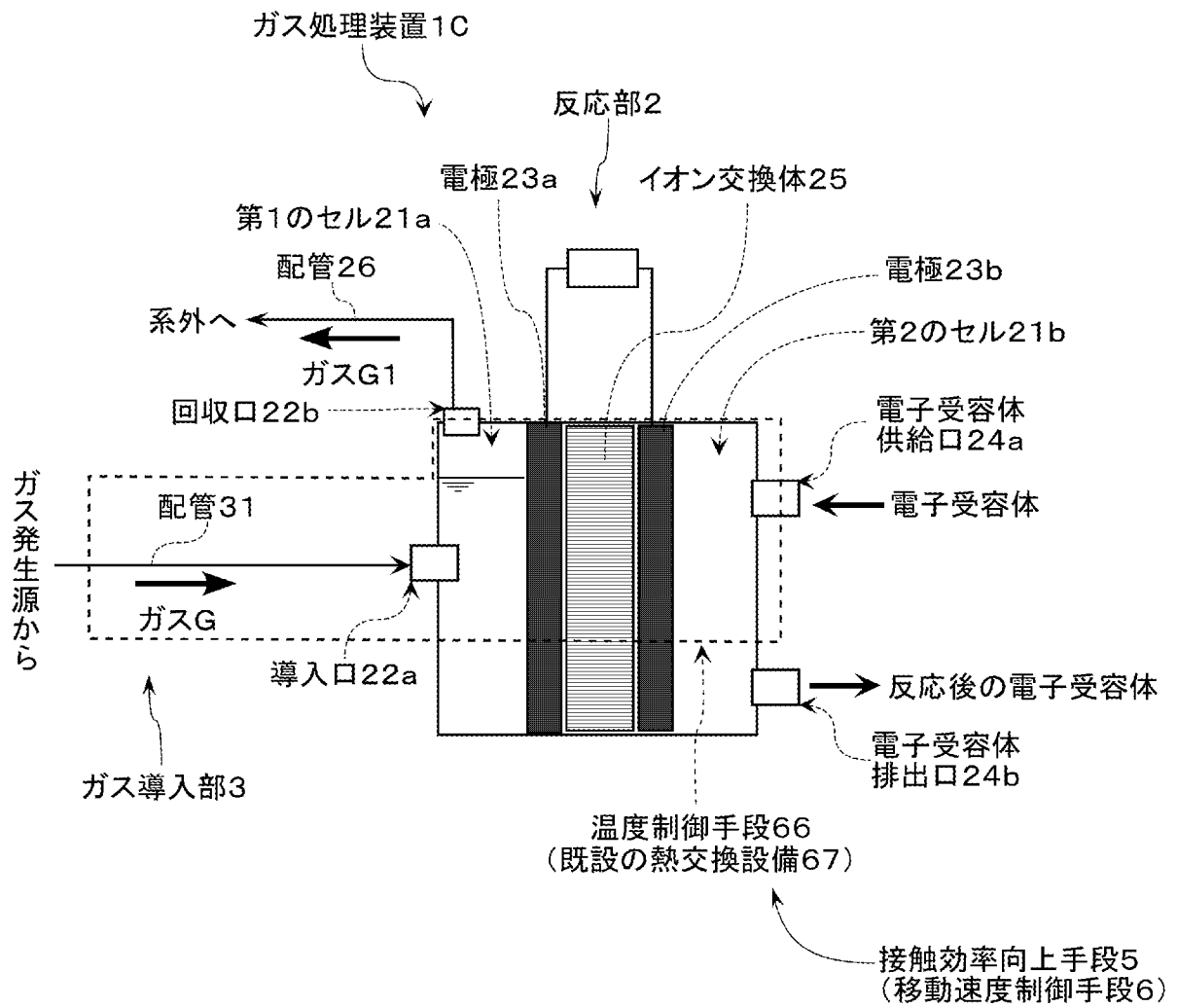
[図9]



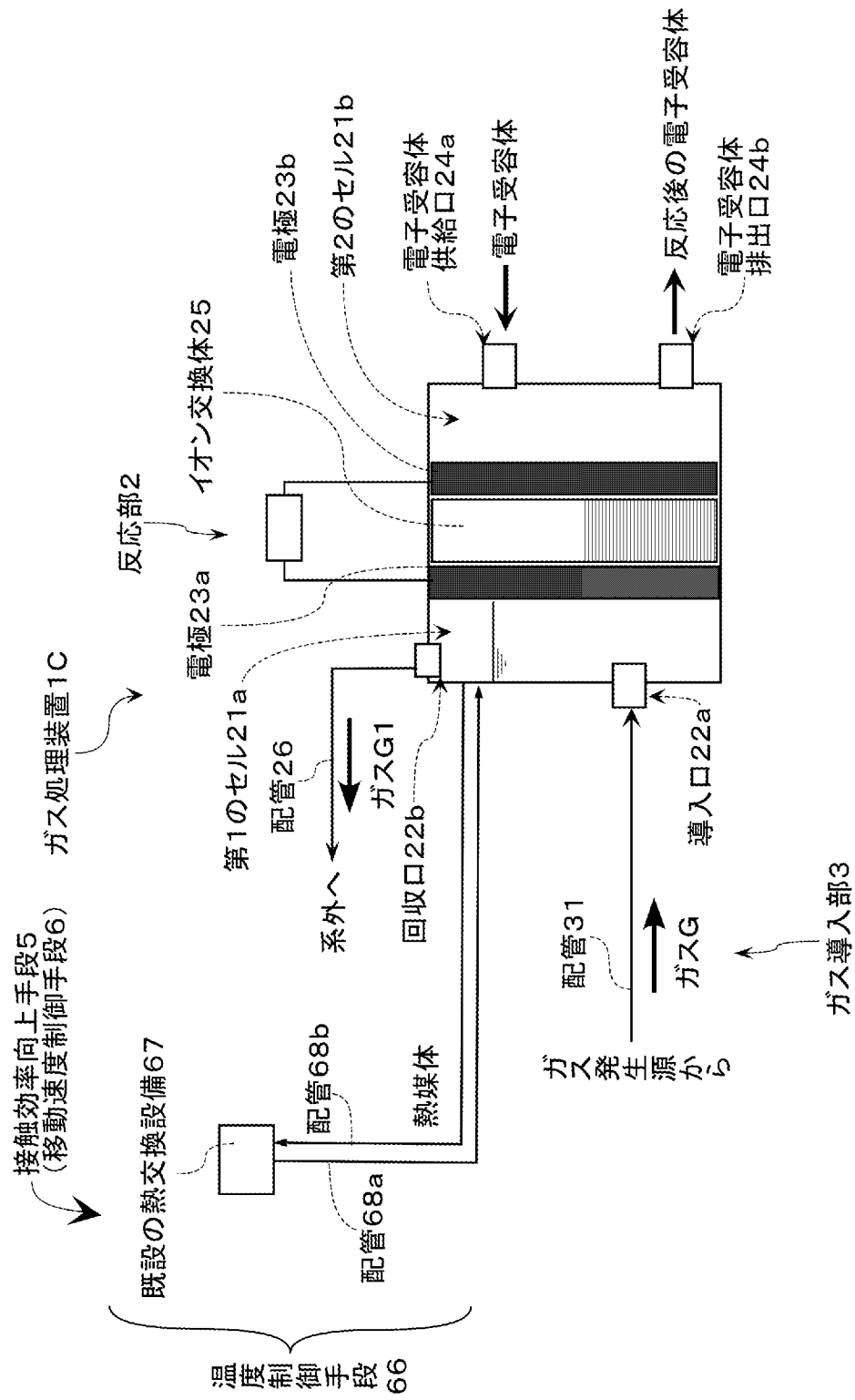
[図10]



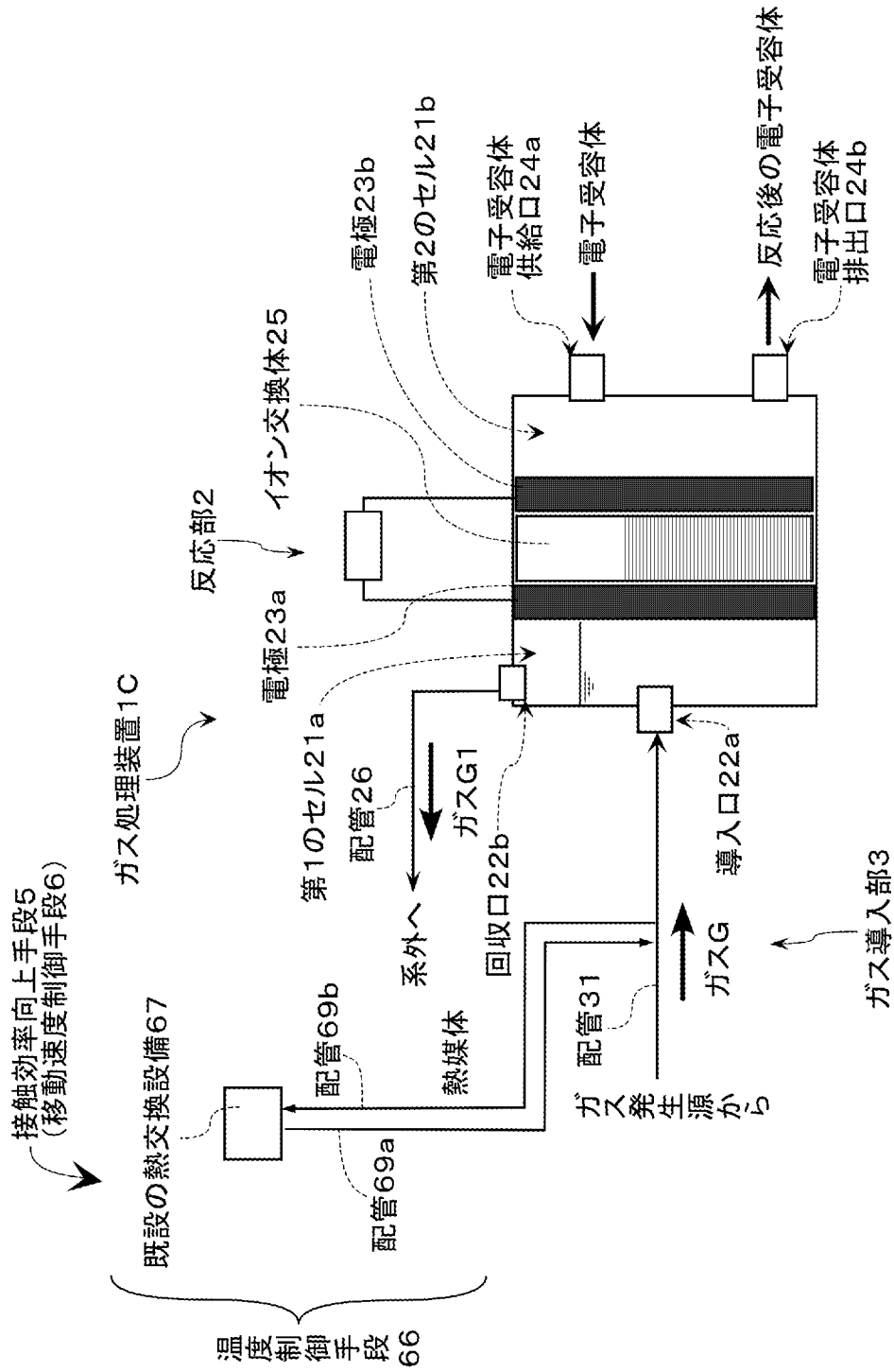
[図11]



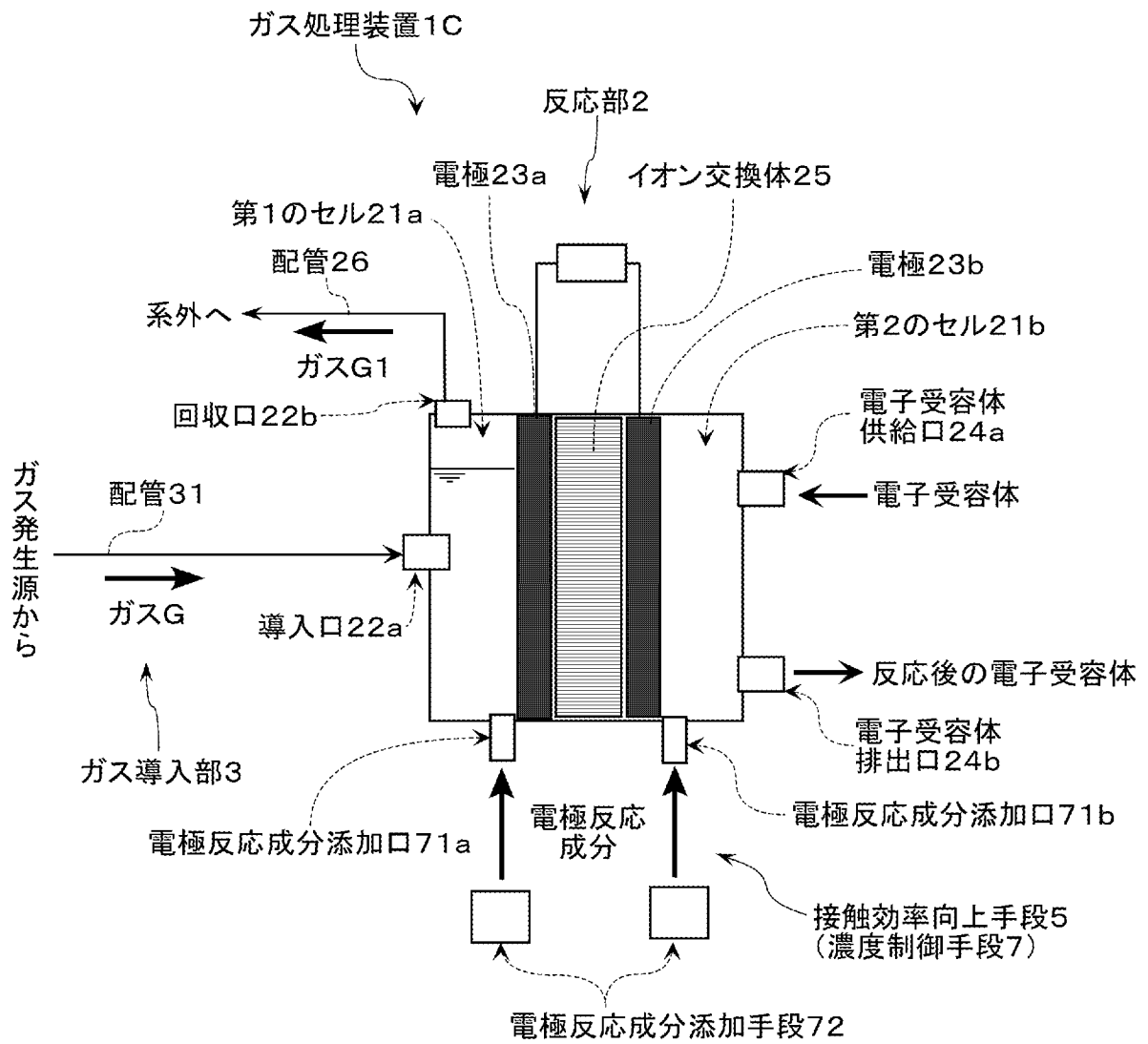
[図12]



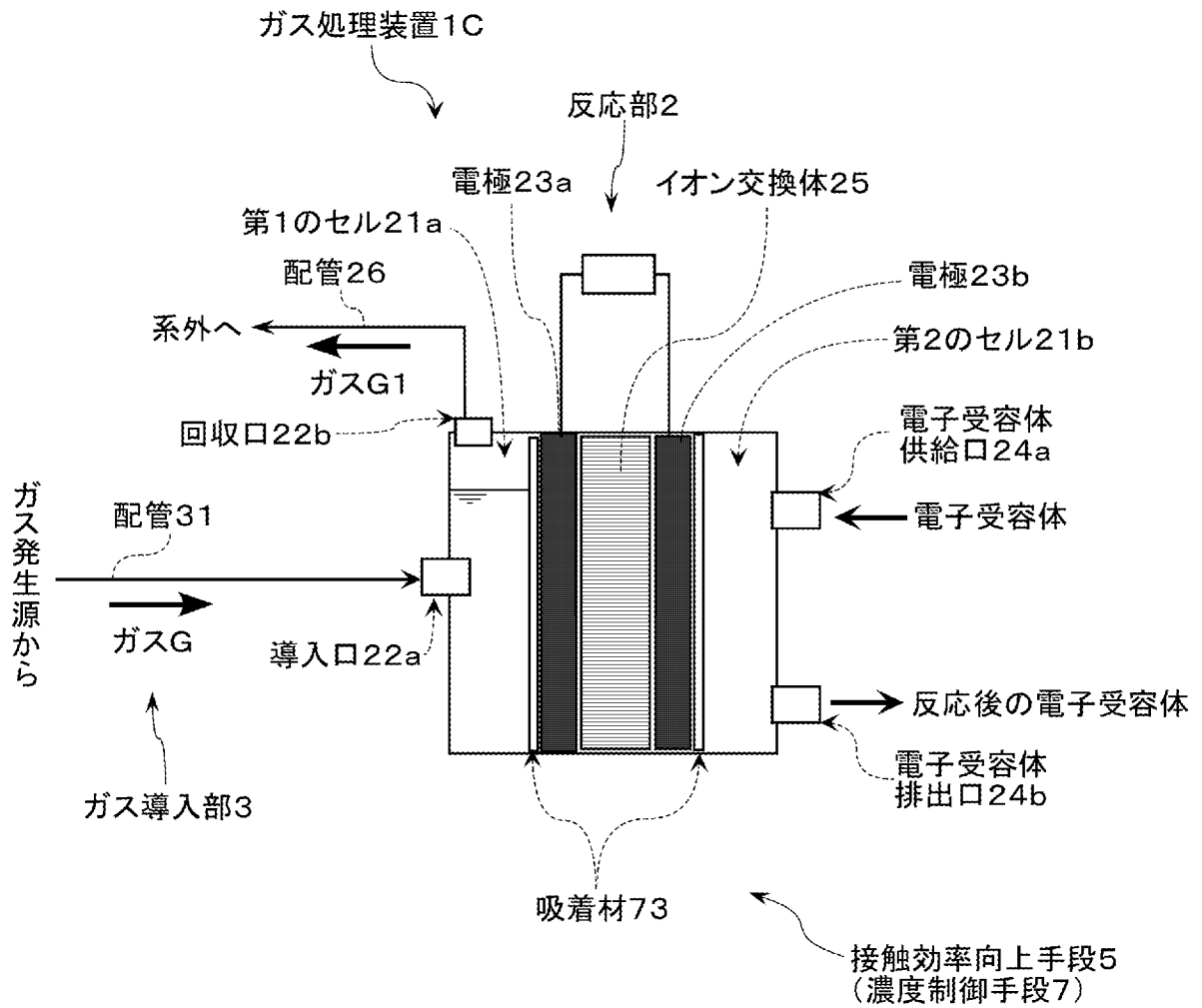
[図13]



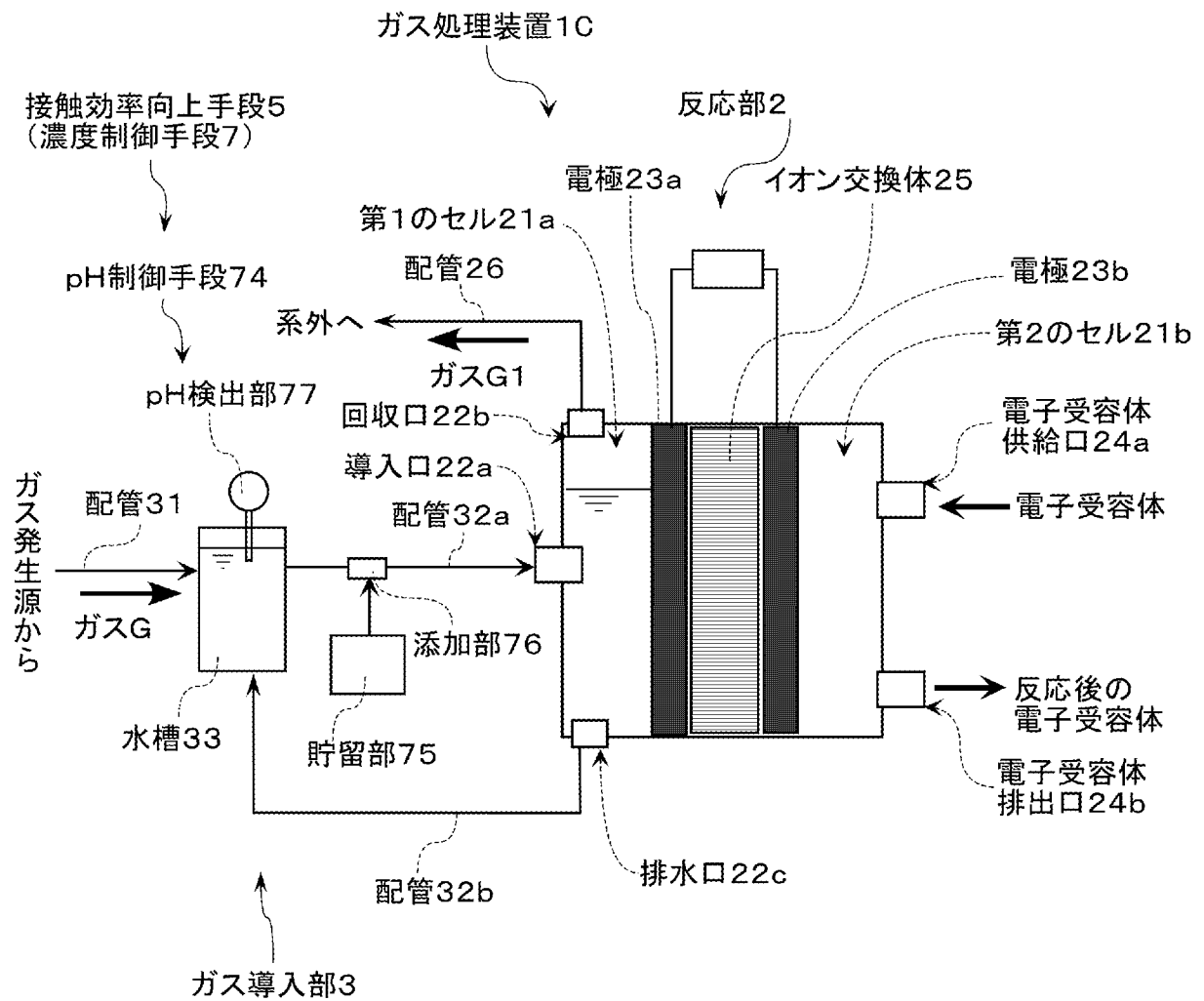
[図14]



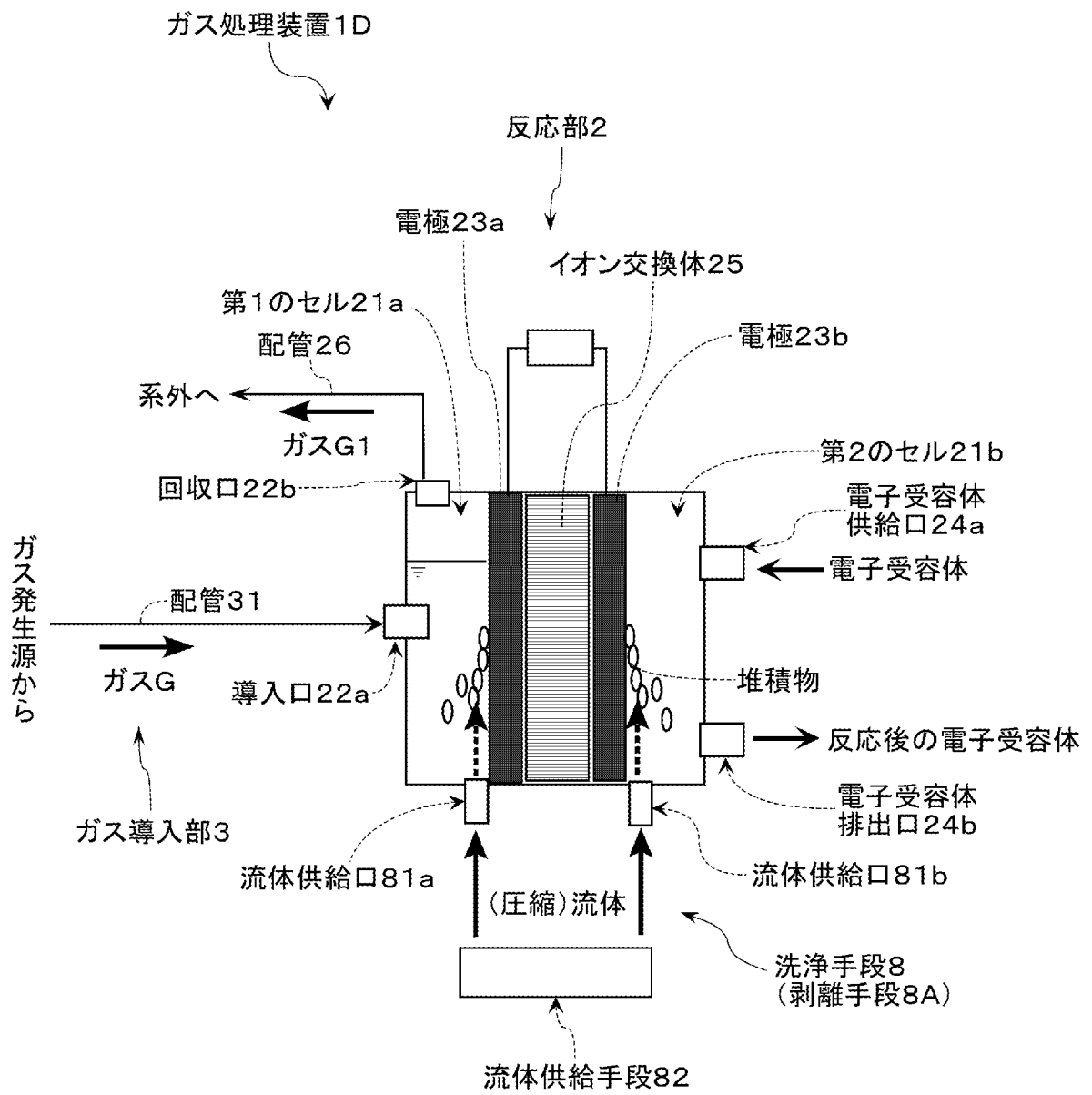
[図15]



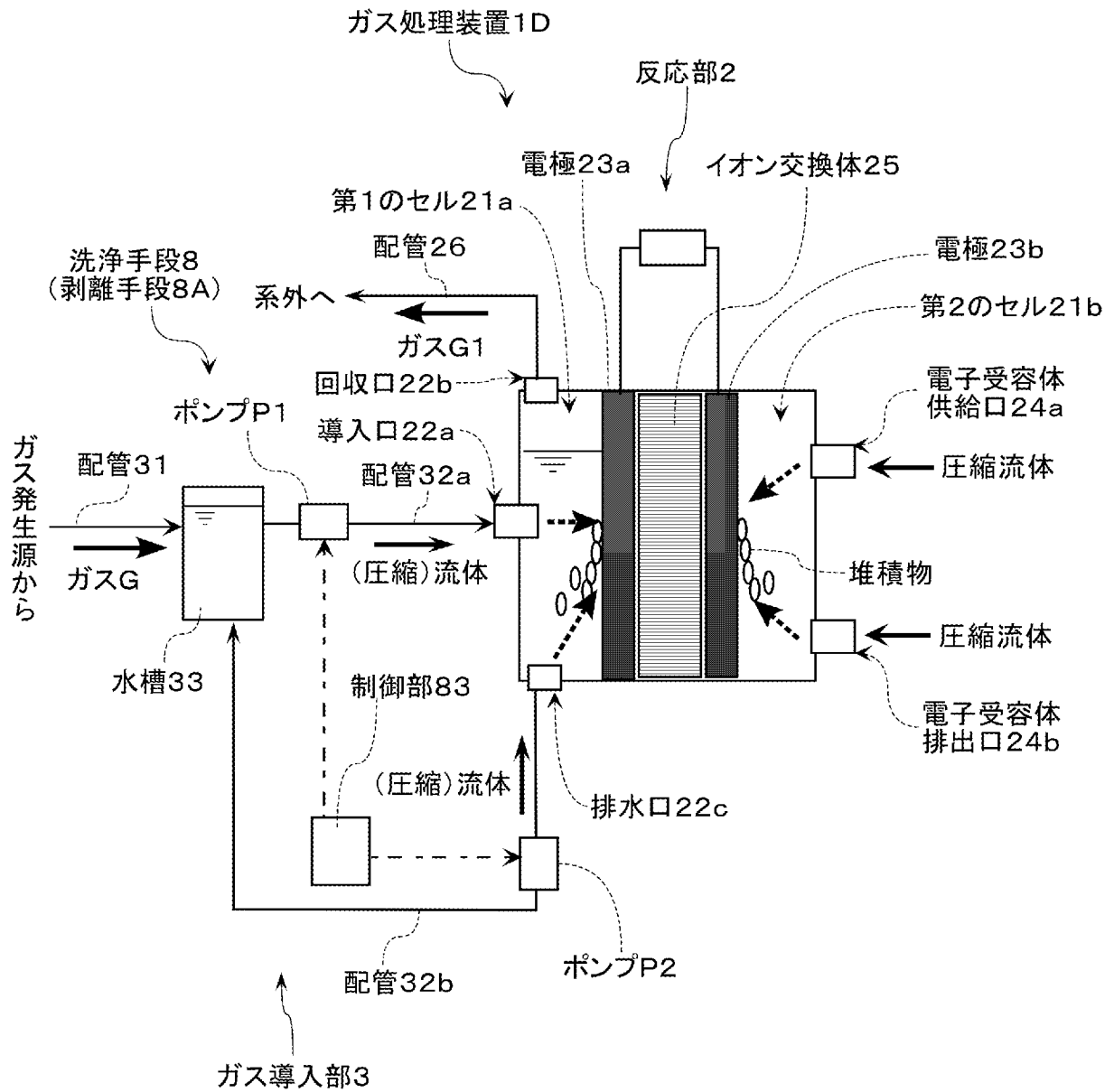
[図16]



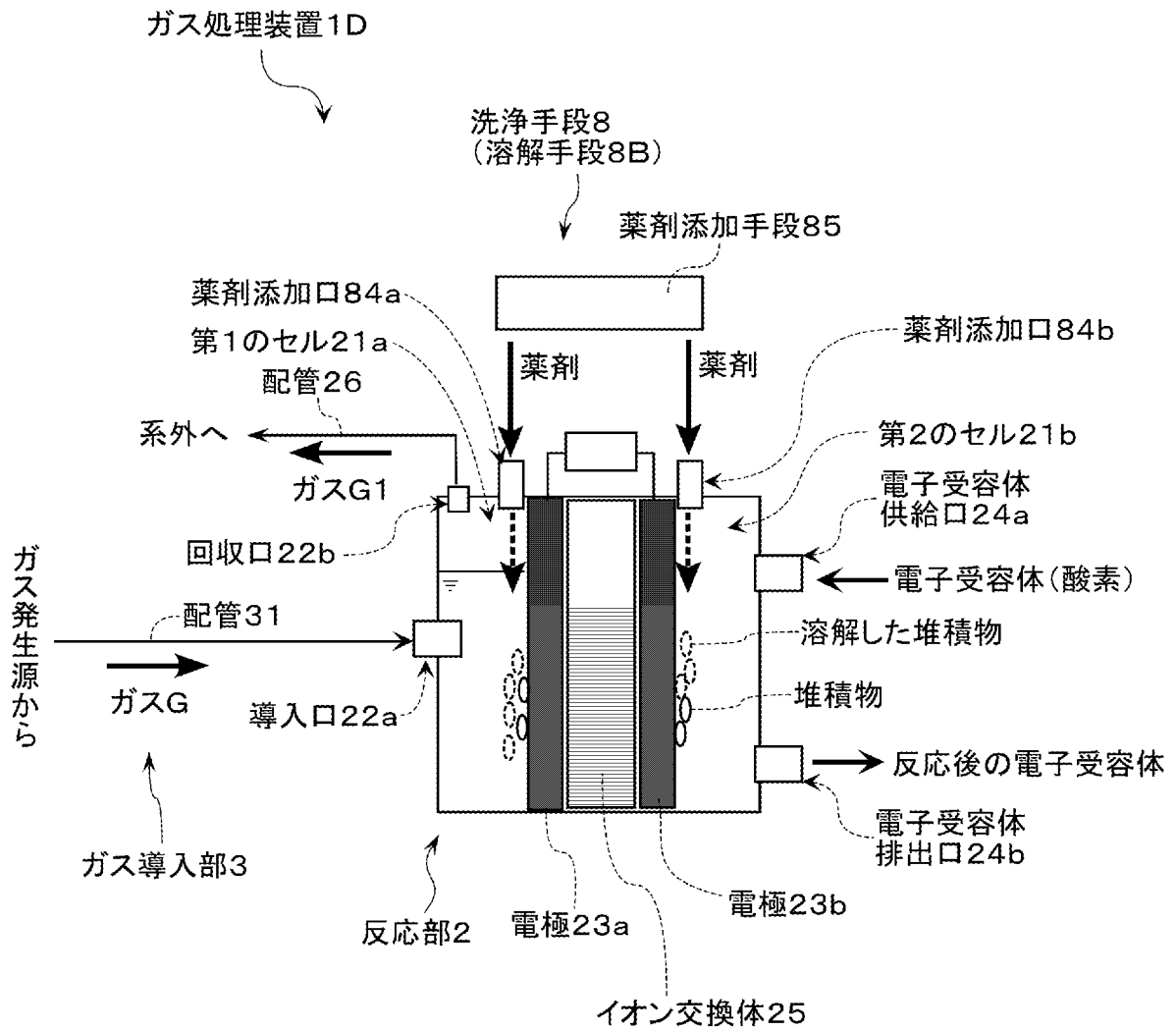
[図17]



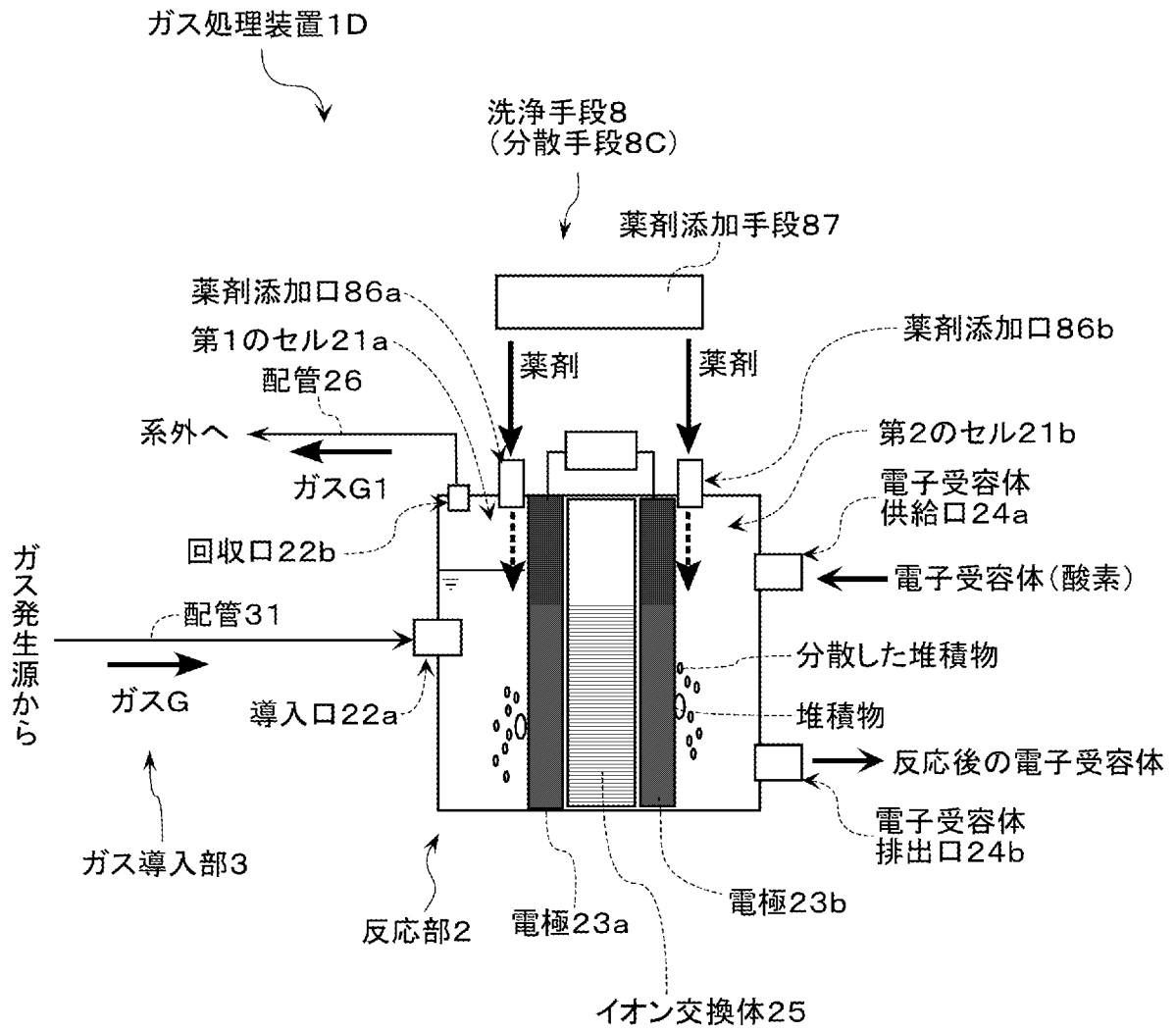
[図18]



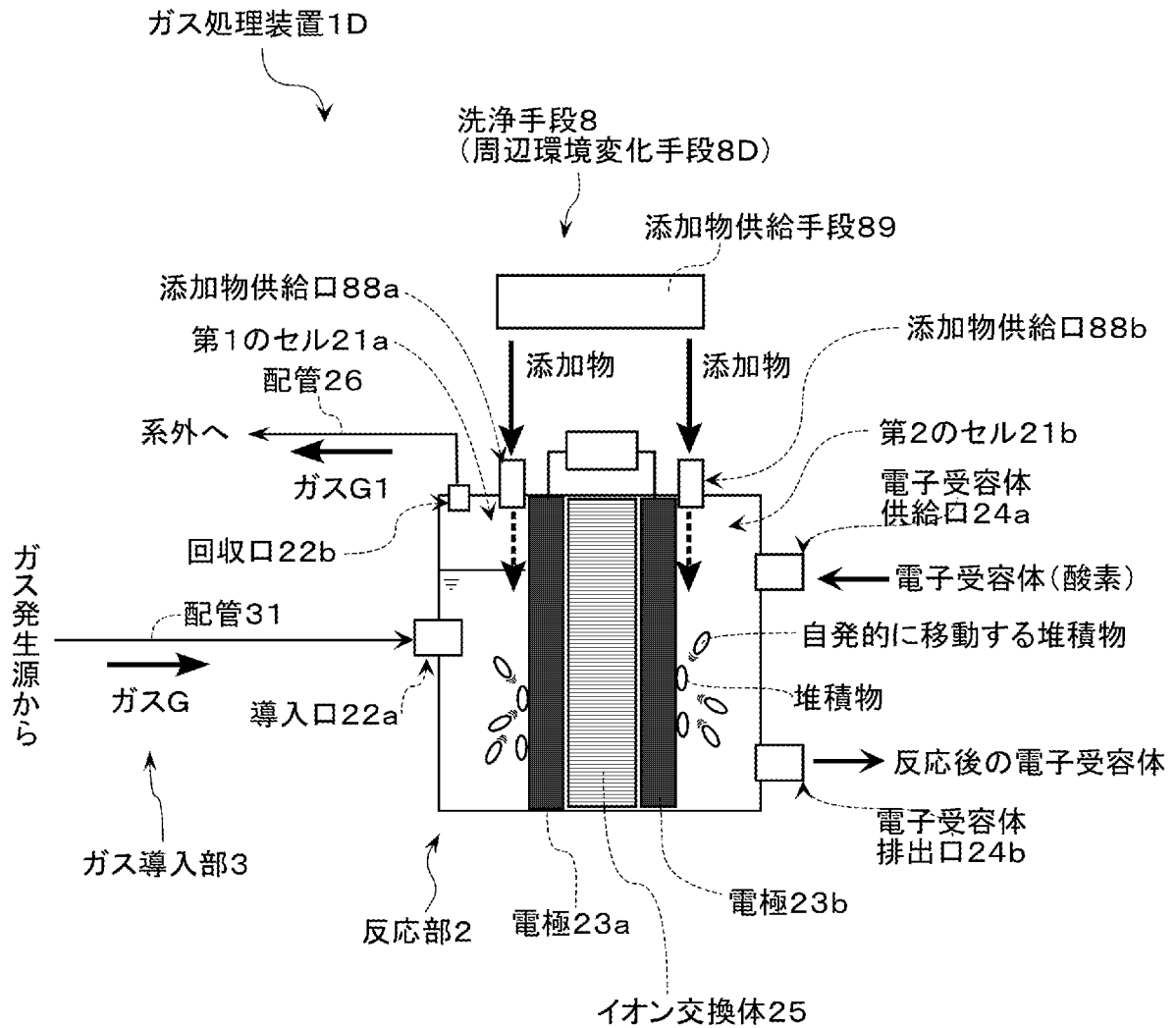
[図19]



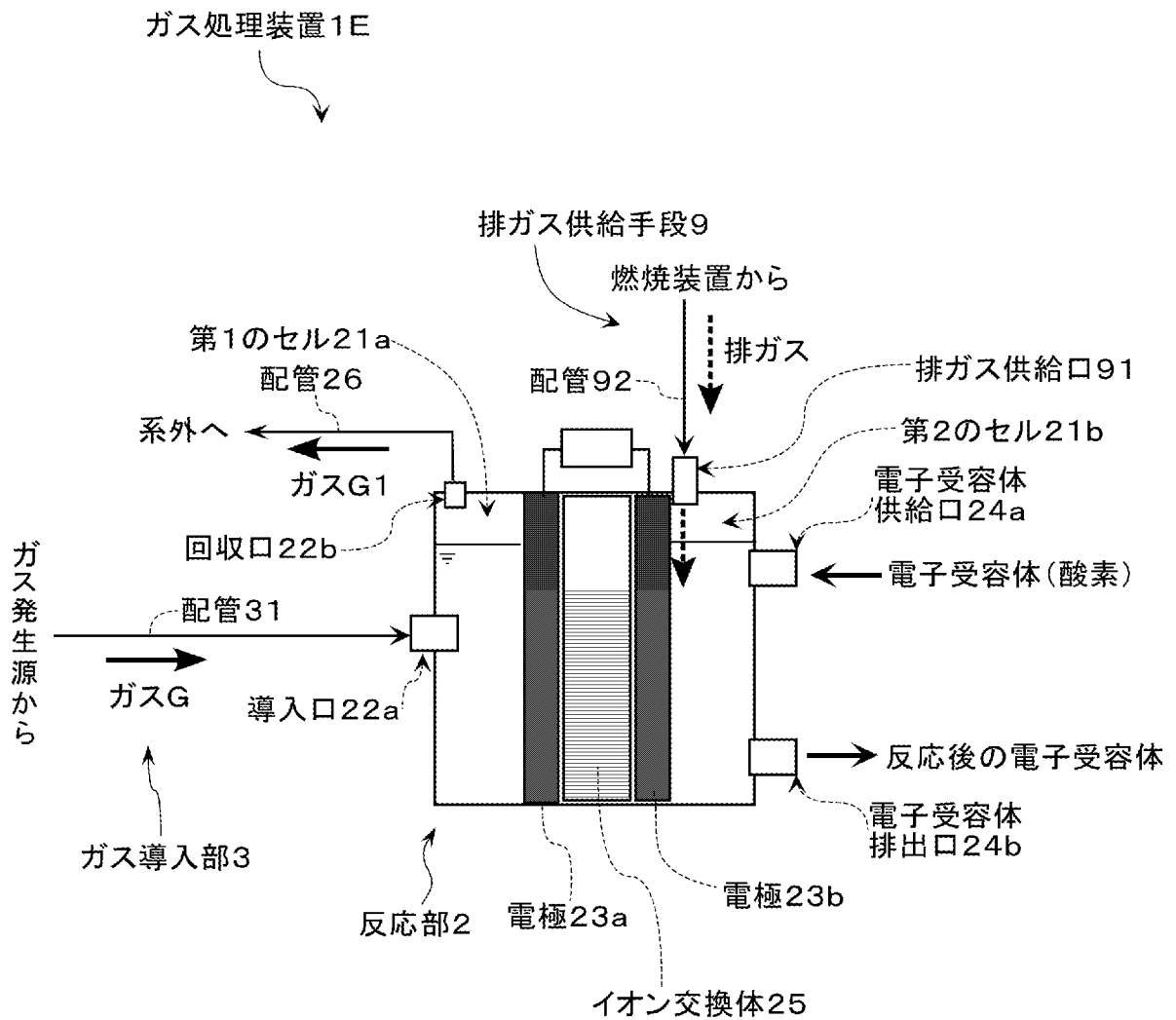
[図20]



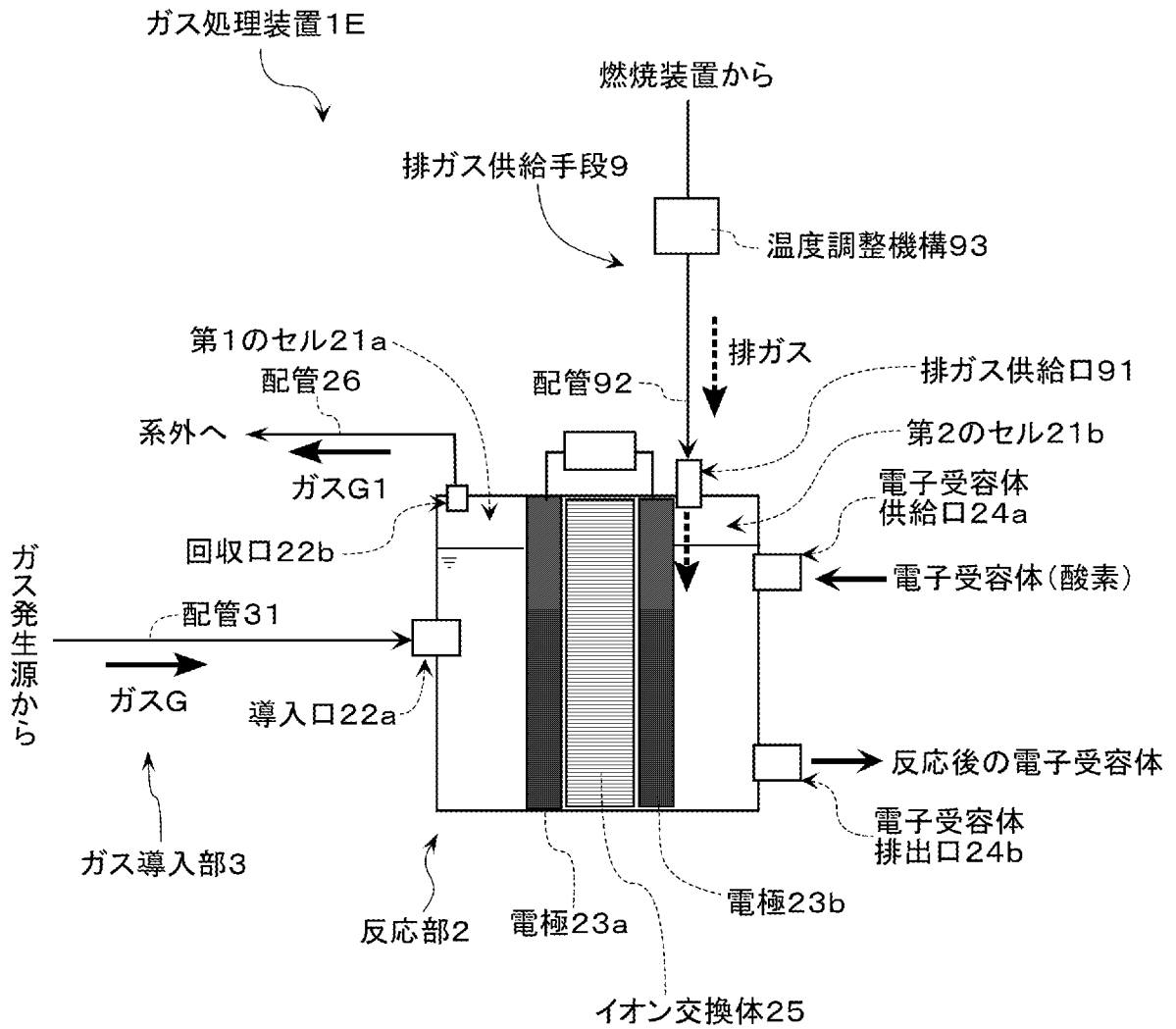
[図21]



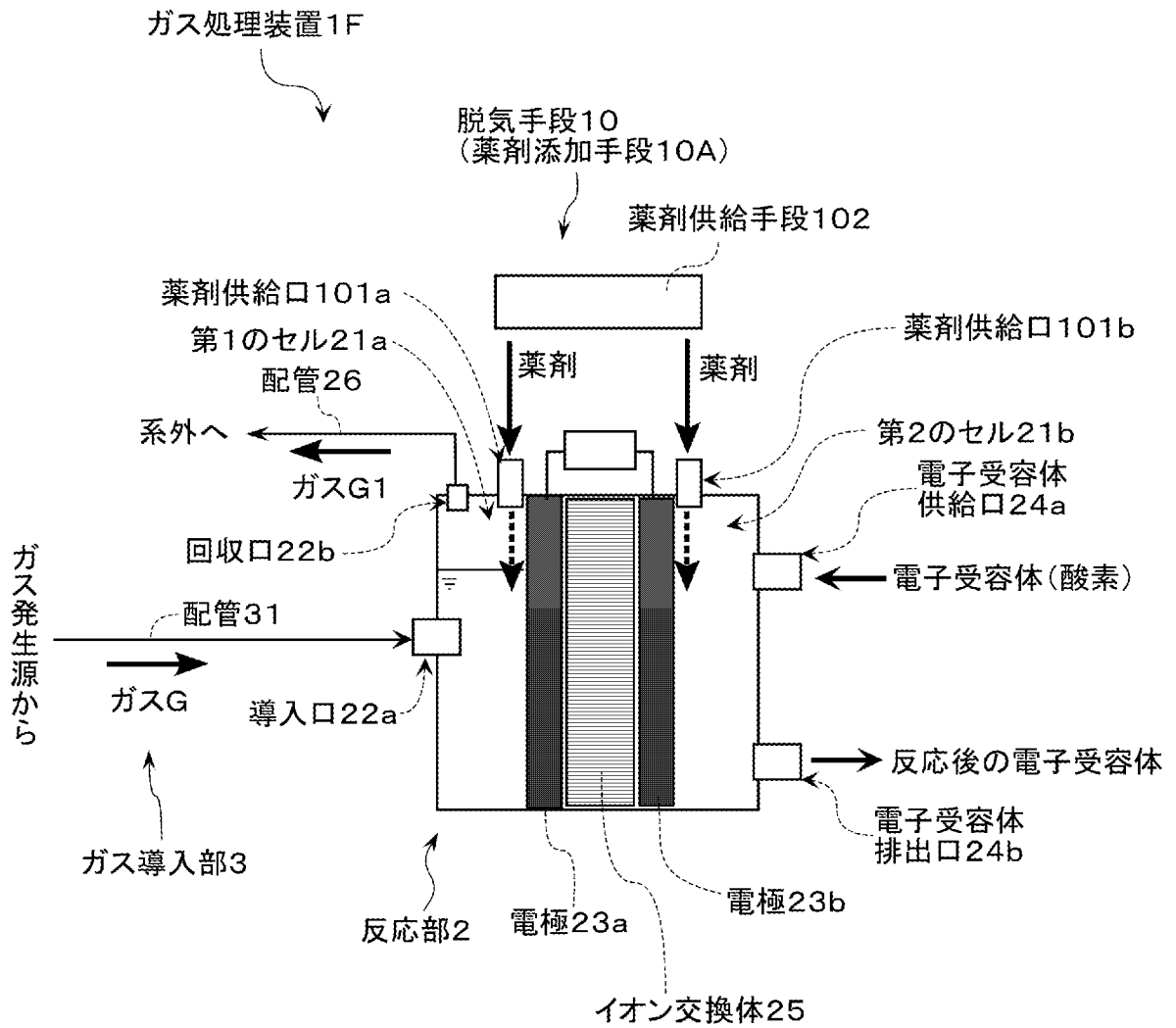
[図22]



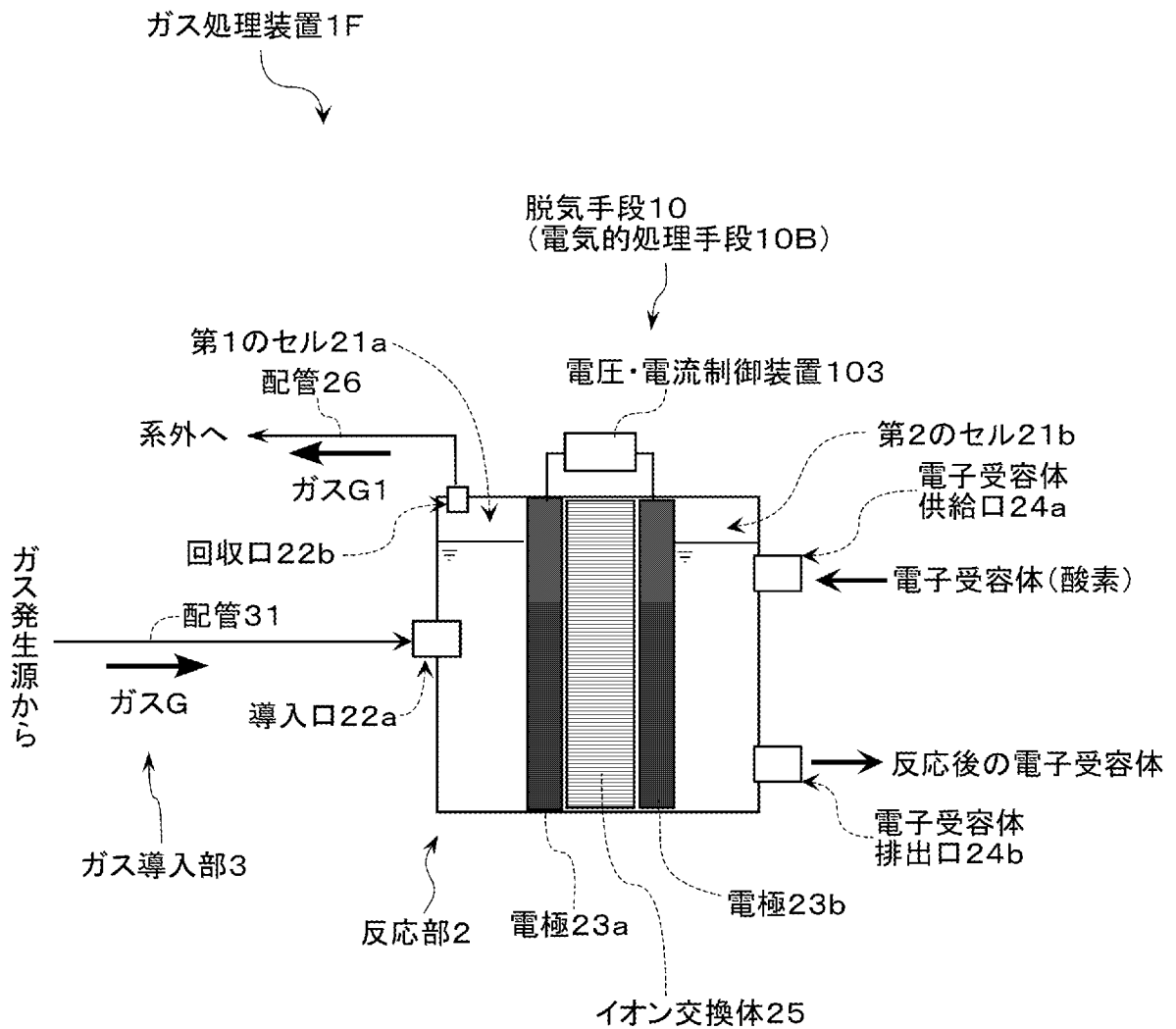
[図23]



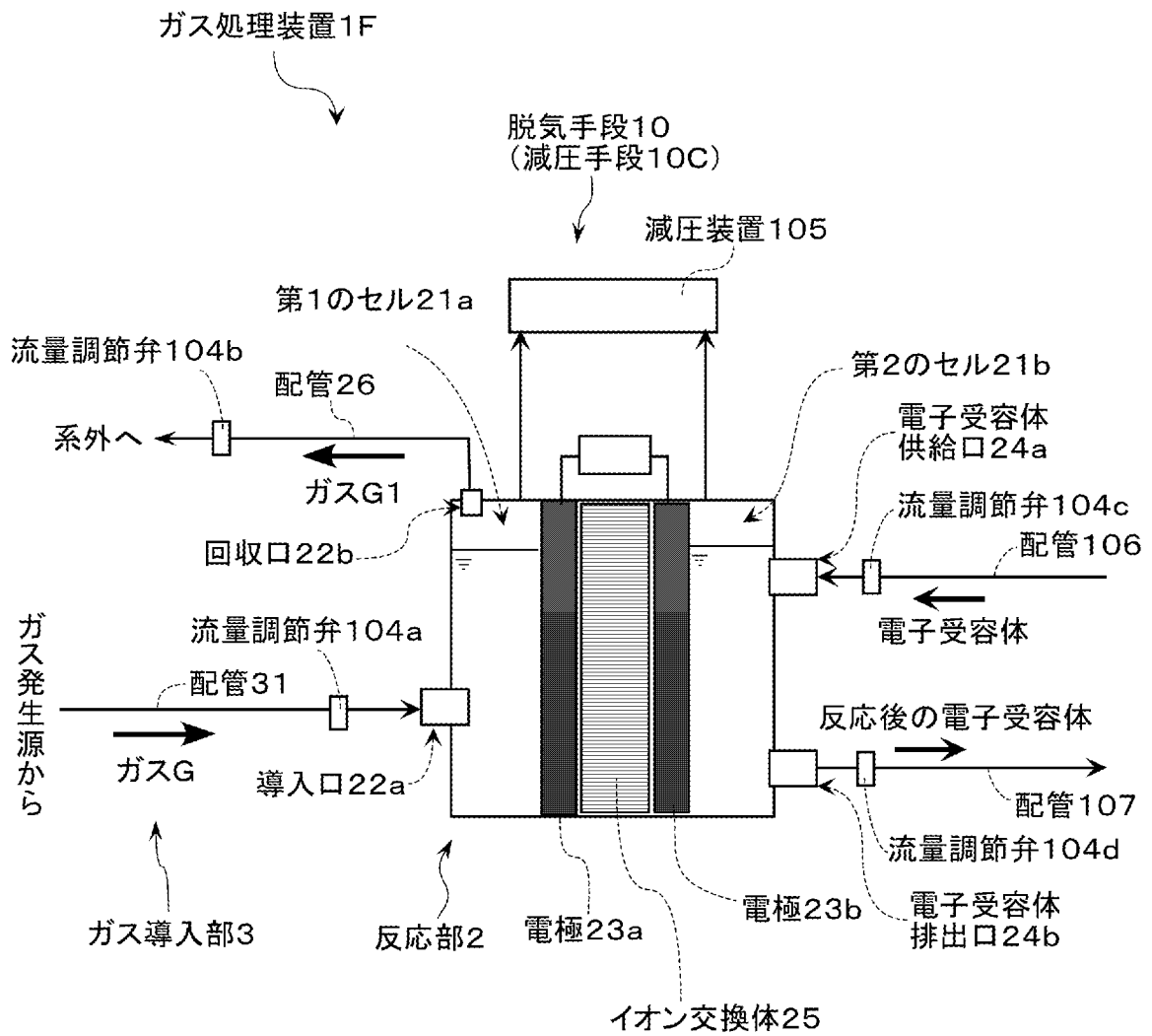
[図24]



[図25]



[図26]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/040035

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>B01D 53/52</i> (2006.01)i; <i>B01D 53/73</i> (2006.01)i; <i>B01D 53/78</i> (2006.01)i; <i>C02F 1/461</i> (2023.01)i; <i>C02F 3/28</i> (2023.01)i; <i>C02F 11/04</i> (2006.01)i; <i>C10L 3/00</i> (2006.01)i FI: B01D53/52 200; C02F1/461 101A; C02F11/04 A ZAB; C02F3/28 A; B01D53/78; B01D53/73; C10L3/00 Z		
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) B01D53/52; B01D53/73; B01D53/78; C02F1/461; C02F3/28; C02F11/04; C10L3/00		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2022 Registered utility model specifications of Japan 1996-2022 Published registered utility model applications of Japan 1994-2022		
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.
X	JP 63-45760 A (MITSUBISHI HEAVY IND., LTD.) 26 February 1988 (1988-02-26) claims, page 2, upper left column, line 20 to page 4, upper left column, line 7, fig. 1-3	1, 4
Y		2-3, 5
X	JP 2020-524873 A (SAUDI ARABIAN OIL CO.) 20 August 2020 (2020-08-20) claims, paragraphs [0012]-[0037], fig. 1	1, 4
Y		2-3, 5
X	JP 2006-159112 A (NATIONAL INST. OF ADVANCED INDUSTRIAL & TECHNOLOGY) 22 June 2006 (2006-06-22) claims, paragraphs [0008], [0018]-[0030], fig. 1	1, 4
Y		2-3, 5
X	JP 59-82925 A (SHELL INTERN. RES. MAATSCHAPPIJ BV) 14 May 1984 (1984-05-14) claims, page 7, upper right column, line 8 to page 8, lower left column, line 3, fig. 1-6	1-2, 4
Y		3, 5
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 26 December 2022		Date of mailing of the international search report 17 January 2023
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/040035

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2021-35668 A (SUMITOMO HEAVY IND., LTD.) 04 March 2021 (2021-03-04) claims, paragraphs [0027]-[0071], fig. 1-3	1-4
Y		3, 5
Y	JP 2011-212599 A (MITSUI ENG. & SHIPBUILD. CO., LTD.) 27 October 2011 (2011-10-27) claims, paragraphs [0020]-[0055], fig. 1, 2	3, 5
A	JP 2001-949 A (MITSUBISHI KAKOKI KAISHA, LTD.) 09 January 2001 (2001-01-09)	1-5
A	JP 2021-35672 A (SUMITOMO HEAVY IND., LTD.) 04 March 2021 (2021-03-04)	1-5
A	JP 2021-112705 A (SUMITOMO HEAVY IND., LTD.) 05 August 2021 (2021-08-05)	1-5
P, X	JP 2022-73392 A (SUMITOMO HEAVY IND., LTD.) 17 May 2022 (2022-05-17) particularly, paragraphs [0075]-[0081], fig. 3	1-4
P, A		5
P, A	JP 2022-67576 A (SUMITOMO HEAVY IND., LTD.) 06 May 2022 (2022-05-06)	1-5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2022/040035

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 63-45760 A	26 February 1988	(Family: none)	
JP 2020-524873 A	20 August 2020	US 2018/0375141 A1 claims, paragraphs [0012]- [0034], fig. 1 WO 2018/236685 A1 CN 110770954 A	
JP 2006-159112 A	22 June 2006	(Family: none)	
JP 59-82925 A	14 May 1984	US 4436712 A claims, column 5, line 31 to column 7, line 6, fig. 1-6 EP 107213 A1	
JP 2021-35668 A	04 March 2021	(Family: none)	
JP 2011-212599 A	27 October 2011	(Family: none)	
JP 2001-949 A	09 January 2001	(Family: none)	
JP 2021-35672 A	04 March 2021	(Family: none)	
JP 2021-112705 A	05 August 2021	(Family: none)	
JP 2022-73392 A	17 May 2022	(Family: none)	
JP 2022-67576 A	06 May 2022	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B01D 53/52(2006.01)i; B01D 53/73(2006.01)i; B01D 53/78(2006.01)i; C02F 1/461(2023.01)i; C02F 3/28(2023.01)i; C02F 11/04(2006.01)i; C10L 3/00(2006.01)i FI: B01D53/52 200; C02F1/461 101A; C02F11/04 A ZAB; C02F3/28 A; B01D53/78; B01D53/73; C10L3/00 Z		
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）） B01D53/52; B01D53/73; B01D53/78; C02F1/461; C02F3/28; C02F11/04; C10L3/00 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 1971-2022年 日本国実用新案登録公報 1996-2022年 日本国登録実用新案公報 1994-2022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
X Y	JP 63-45760 A（三菱重工業株式会社）26.02.1988（1988-02-26） 特許請求の範囲、2頁左上欄20行-4頁左上欄7行、第1-3図	1,4 2-3,5
X Y	JP 2020-524873 A（サウジ アラビアン オイル カンパニー）20.08.2020（2020-08-20） 特許請求の範囲、[0012]-[0037]、図1	1,4 2-3,5
X Y	JP 2006-159112 A（独立行政法人産業技術総合研究所）22.06.2006（2006-06-22） 特許請求の範囲、[0008]、[0018]-[0030]、図1	1,4 2-3,5
X Y	JP 59-82925 A（シエル・インターナショナル・リサーチ・マーチャツピイ・ ベー・ウイ）14.05.1984（1984-05-14） 特許請求の範囲、7頁右上欄8行-8頁左下欄3行、図1-6	1-2,4 3,5
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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、一般的な技術水準を示すもの “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 “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） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “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 “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 “&” 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日	26.12.2022	国際調査報告の発送日 17.01.2023
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 小久保 勝伊 4Q 9831 電話番号 03-3581-1101 内線 3468	

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
X Y	JP 2021-35668 A (住友重機械工業株式会社) 04.03.2021 (2021 - 03 - 04) 特許請求の範囲、 [0 0 2 7] - [0 0 7 1]、図 1 - 3	1-4 3, 5
Y	JP 2011-212599 A (三井造船株式会社) 27.10.2011 (2011 - 10 - 27) 特許請求の範囲、 [0 0 2 0] - [0 0 5 5]、図 1、2	3, 5
A	JP 2001-949 A (三菱化工機株式会社) 09.01.2001 (2001 - 01 - 09)	1-5
A	JP 2021-35672 A (住友重機械工業株式会社) 04.03.2021 (2021 - 03 - 04)	1-5
A	JP 2021-112705 A (住友重機械工業株式会社) 05.08.2021 (2021 - 08 - 05)	1-5
P, X P, A	JP 2022-73392 A (住友重機械工業株式会社) 17.05.2022 (2022 - 05 - 17) 特に [0 0 7 5] - [0 0 8 1]、図 3	1-4 5
P, A	JP 2022-67576 A (住友重機械工業株式会社) 06.05.2022 (2022 - 05 - 06)	1-5

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2022/040035

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 63-45760 A	26.02.1988	(ファミリーなし)	
JP 2020-524873 A	20.08.2020	US 2018/0375141 A1 特許請求の範囲、[0012] - [0034]、図1 WO 2018/236685 A1 CN 110770954 A	
JP 2006-159112 A	22.06.2006	(ファミリーなし)	
JP 59-82925 A	14.05.1984	US 4436712 A 特許請求の範囲、5欄31行-7欄6行、図1-6 EP 107213 A1	
JP 2021-35668 A	04.03.2021	(ファミリーなし)	
JP 2011-212599 A	27.10.2011	(ファミリーなし)	
JP 2001-949 A	09.01.2001	(ファミリーなし)	
JP 2021-35672 A	04.03.2021	(ファミリーなし)	
JP 2021-112705 A	05.08.2021	(ファミリーなし)	
JP 2022-73392 A	17.05.2022	(ファミリーなし)	
JP 2022-67576 A	06.05.2022	(ファミリーなし)	