(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7310031号
(P7310031)

(45)発行日　令和5年7月18日(2023.7.18)

(24)登録日　令和5年7月7日(2023.7.7)

(51)国際特許分類

Ｂ０１Ｄ　53/047(2006.01)	Ｂ０１Ｄ	53/047	
Ｃ０１Ｂ　23/00　(2006.01)	Ｃ０１Ｂ	23/00	Ｐ

請求項の数　16　（全26頁）

(21)出願番号　特願2022-552092(P2022-552092)
(86)(22)出願日　令和3年9月27日(2021.9.27)
(86)国際出願番号　PCT/JP2021/035248
(87)国際公開番号　WO2022/065466
(87)国際公開日　令和4年3月31日(2022.3.31)
審査請求日　令和4年11月18日(2022.11.18)
(31)優先権主張番号　特願2020-162196(P2020-162196)
(32)優先日　令和2年9月28日(2020.9.28)
(33)優先権主張国・地域又は機関
日本国(JP)
早期審査対象出願

(73)特許権者　320011650
大陽日酸株式会社
東京都品川区小山一丁目３番２６号
(74)代理人　110001634
弁理士法人志賀国際特許事務所
(72)発明者　山脇 正也
東京都品川区小山一丁目３番２６号 大陽日酸株式会社内
審査官　中村 泰三

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　ガス分離方法、およびガス分離装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

ガス分離装置を用いて、複数のガス成分を含む原料ガスから、第１のガス成分と、第２のガス成分とを分離する、ガス分離方法であって、

前記ガス分離装置は、

吸着塔を有し、複数のガス成分を含む原料ガスから、前記第１のガス成分と、前記第２のガス成分とを圧力吸着式で分離する分離部と、

前記原料ガスを貯留する原料ガス容器と、

希ガス使用設備から排出される排出ガスを前記原料ガス容器に供給する第１の供給配管と、

前記原料ガス容器と、前記分離部とを接続する第２の供給配管と、

前記分離部で分離された前記第１のガス成分を貯留する第１の分離ガス容器と、

前記分離部で分離された前記第２のガス成分を貯留する第２の分離ガス容器と、

前記第１の分離ガス容器内の前記第１のガス成分を第１の導入ガスとして、前記原料ガスに導入する第１の導入配管と、

前記第２の分離ガス容器内の前記第２のガス成分を第２の導入ガスとして、前記原料ガスに導入する第２の導入配管と、

前記第１の導入配管に設けられた第１の流量制御器と、

前記第２の導入配管に設けられた第２の流量制御器と、

前記第１の供給配管を流れる、前記第１のガス成分と、前記第２のガス成分との情報を

取得するためのガス成分情報取得装置と、
前記第１の流量制御器、前記第２の流量制御器、及び前記ガス成分情報取得装置とそれぞれ電気的に接続された演算装置とを備え、
前記ガス成分情報取得装置が、
前記第１の供給配管に設けられた流量計と、
前記第１の供給配管に設けられた前記第１のガス成分の濃度を測定する濃度計、および前記第１の供給配管に設けられた前記第２のガス成分の濃度を測定する濃度計の少なくとも一方とを含み、
前記原料ガスから分離した後の前記第１のガス成分を、前記第１の導入ガスとして前記原料ガスに導入し、かつ、前記原料ガスから分離した後の前記第２のガス成分を、前記第２の導入ガスとして前記原料ガスに導入する工程を具備し、
前記工程において、前記ガス成分情報取得装置により得られる、前記排出ガスに含まれる、前記第１のガス成分と、前記第２のガス成分との各流量に基づいて、下記のガス流量和Ｓ$_1$及び下記のガス流量和Ｓ$_2$をそれぞれ一定の値に制御する、ガス分離方法
ガス流量和Ｓ$_1$：前記排出ガス中の前記第１のガス成分の流量Ｖ$_{F1}$と、前記第１の導入ガスの流量Ｖ$_{R1}$との合計値
ガス流量和Ｓ$_2$：前記排出ガス中の前記第２のガス成分の流量Ｖ$_{F2}$と、前記第２の導入ガスの流量Ｖ$_{R2}$との合計値。
【請求項２】
ガス分離装置を用いて、複数のガス成分を含む原料ガスから、第１のガス成分と、第２のガス成分とを分離するガス分離方法であって、
前記ガス分離装置は、
吸着塔を有し、複数のガス成分を含む原料ガスから、前記第１のガス成分と、前記第２のガス成分とを圧力吸着式で分離する分離部と、
前記原料ガスを貯留する原料ガス容器と、
希ガス使用設備から排出される排出ガスを前記原料ガス容器に供給する第１の供給配管と、
前記原料ガス容器と、前記分離部とを接続する第２の供給配管と、
前記分離部で分離された前記第１のガス成分を貯留する第１の分離ガス容器と、
前記分離部で分離された前記第２のガス成分を貯留する第２の分離ガス容器と、
前記第１の分離ガス容器内の前記第１のガス成分を第１の導入ガスとして、前記原料ガスに導入する第１の導入配管と、
前記第２の分離ガス容器内の前記第２のガス成分を第２の導入ガスとして、前記原料ガスに導入する第２の導入配管と、
前記第１の導入配管に設けられた第１の流量制御器と、
前記第２の導入配管に設けられた第２の流量制御器と、
前記第１の供給配管を流れる、前記第１のガス成分と、前記第２のガス成分との情報を取得するためのガス成分情報取得装置と、
前記第１の流量制御器、前記第２の流量制御器、及び前記ガス成分情報取得装置とそれぞれ電気的に接続された演算装置とを備え、
前記ガス成分情報取得装置が、
前記第１の供給配管に設けられた流量計と、
前記希ガス使用設備から排出される前記第１のガス成分の流量情報を前記希ガス使用設備から電気的に受信する受信機、及び前記希ガス使用設備から排出される前記第２のガス成分の流量情報を前記希ガス使用設備から電気的に受信する受信機の少なくとも一方とを含み、
前記原料ガスから分離した後の前記第１のガス成分を、前記第１の導入ガスとして前記原料ガスに導入し、かつ、前記原料ガスから分離した後の前記第２のガス成分を、前記第２の導入ガスとして前記原料ガスに導入する工程を具備し、
前記工程において、前記ガス成分情報取得装置により得られる、前記排出ガスに含まれ

る、前記第１のガス成分と、前記第２のガス成分との各流量に基づいて、下記のガス流量和S_1及び下記のガス流量和S_2をそれぞれ一定の値に制御する、ガス分離方法
ガス流量和S_1：前記排出ガス中の前記第１のガス成分の流量V_{F1}と、前記第１の導入ガスの流量V_{R1}との合計値
ガス流量和S_2：前記排出ガス中の前記第２のガス成分の流量V_{F2}と、前記第２の導入ガスの流量V_{R2}との合計値。
【請求項３】
ガス分離装置を用いて、第１のガス成分と、第２のガス成分と、不可避成分とからなる原料ガスを分離する、ガス分離方法であって、
前記ガス分離装置は、
吸着塔を有し、原料ガスから、前記第１のガス成分と、前記第２のガス成分とを圧力吸着式で分離する分離部と、
前記原料ガスを貯留する原料ガス容器と、
希ガス使用設備から排出される排出ガスを前記原料ガス容器に供給する第１の供給配管と、
前記原料ガス容器と、前記分離部とを接続する第２の供給配管と、
前記分離部で分離された前記第１のガス成分を貯留する第１の分離ガス容器と、
前記分離部で分離された前記第２のガス成分を貯留する第２の分離ガス容器と、
前記第１の分離ガス容器内の前記第１のガス成分を第１の導入ガスとして、前記原料ガスに導入する第１の導入配管と、
前記第２の分離ガス容器内の前記第２のガス成分を第２の導入ガスとして、前記原料ガスに導入する第２の導入配管と、
前記第１の導入配管に設けられた第１の流量制御器と、
前記第２の導入配管に設けられた第２の流量制御器と、
前記第１の供給配管を流れる、前記第１のガス成分と、前記第２のガス成分との情報を取得するためのガス成分情報取得装置と、
前記第１の流量制御器、前記第２の流量制御器、及び前記ガス成分情報取得装置とそれぞれ電気的に接続された演算装置とを備え、
前記ガス成分情報取得装置が、
前記第１の供給配管に設けられた前記第１のガス成分の濃度を測定する濃度計、および前記第１の供給配管に設けられた前記第２のガス成分の濃度を測定する濃度計の少なくとも一方と、
前記希ガス使用設備から排出される前記第１のガス成分の流量情報を、前記希ガス使用設備から電気的に受信する受信機、および前記希ガス使用設備から排出される前記第２のガス成分の流量情報を、前記希ガス使用設備から電気的に受信する受信機の少なくとも一方とを含み、
前記原料ガスから分離した後の前記第１のガス成分を、前記第１の導入ガスとして前記原料ガスに導入し、かつ、前記原料ガスから分離した後の前記第２のガス成分を、前記第２の導入ガスとして前記原料ガスに導入する工程を具備し、
前記工程において、前記ガス成分情報取得装置により得られる、前記排出ガスに含まれる、前記第１のガス成分と、前記第２のガス成分との各流量に基づいて、下記のガス流量和S_1及び下記のガス流量和S_2をそれぞれ一定の値に制御する、ガス分離方法
ガス流量和S_1：前記排出ガス中の前記第１のガス成分の流量V_{F1}と、前記第１の導入ガスの流量V_{R1}との合計値
ガス流量和S_2：前記排出ガス中の前記第２のガス成分の流量V_{F2}と、前記第２の導入ガスの流量V_{R2}との合計値。
【請求項４】
ガス分離装置を用いて、複数のガス成分を含む原料ガスから、第１のガス成分と、第２のガス成分とを分離する、ガス分離方法であって、
前記ガス分離装置は、

吸着塔を有し、複数のガス成分を含む原料ガスから、前記第１のガス成分と、前記第２のガス成分とを圧力吸着式で分離する分離部と、
前記原料ガスを貯留する原料ガス容器と、
希ガス使用設備から排出される排出ガスを前記原料ガス容器に供給する第１の供給配管と、
前記原料ガス容器と、前記分離部とを接続する第２の供給配管と、
前記分離部で分離された前記第１のガス成分を貯留する第１の分離ガス容器と、
前記分離部で分離された前記第２のガス成分を貯留する第２の分離ガス容器と、
前記第１の分離ガス容器内の前記第１のガス成分を第１の導入ガスとして、前記原料ガスに導入する第１の導入配管と、
前記第２の分離ガス容器内の前記第２のガス成分を第２の導入ガスとして、前記原料ガスに導入する第２の導入配管と、
前記第１の導入配管に設けられた第１の流量制御器と、
前記第２の導入配管に設けられた第２の流量制御器と、
前記第１の供給配管を流れる、前記第１のガス成分と、前記第２のガス成分との情報を取得するためのガス成分情報取得装置と、
前記第１の流量制御器、前記第２の流量制御器、及び前記ガス成分情報取得装置とそれぞれ電気的に接続された演算装置とを備え、
前記ガス成分情報取得装置が、
前記希ガス使用設備から排出される前記第１のガス成分の流量情報を、前記希ガス使用設備から電気的に受信する受信機と、
前記希ガス使用設備から排出される前記第２のガス成分の流量情報を、前記希ガス使用設備から電気的に受信する受信機とを含み、
前記原料ガスから分離した後の前記第１のガス成分を、前記第１の導入ガスとして前記原料ガスに導入し、かつ、前記原料ガスから分離した後の前記第２のガス成分を、前記第２の導入ガスとして前記原料ガスに導入する工程を具備し、
前記工程において、前記ガス成分情報取得装置により得られる、前記排出ガスに含まれる、前記第１のガス成分と、前記第２のガス成分との各流量に基づいて、下記のガス流量和S_1及び下記のガス流量和S_2をそれぞれ一定の値に制御する、ガス分離方法
ガス流量和S_1：前記排出ガス中の前記第１のガス成分の流量V_{F1}と、前記第１の導入ガスの流量V_{R1}との合計値
ガス流量和S_2：前記排出ガス中の前記第２のガス成分の流量V_{F2}と、前記第２の導入ガスの流量V_{R2}との合計値。

【請求項５】
前記第１のガス成分が、クリプトンまたはキセノンである、請求項１～４のいずれかに記載のガス分離方法。

【請求項６】
前記第２のガス成分が、水素、窒素、酸素、ヘリウム、ネオン及びアルゴンからなる群から選ばれる少なくとも１種類以上を含む、請求項１～４のいずれかに記載のガス分離方法。

【請求項７】
前記希ガス使用設備から排出される前記排出ガスが、第３のガス成分をさらに含み、
前記原料ガスから分離した前記第１のガス成分を、前記第１の導入ガスとして前記原料ガスに導入し、かつ、前記原料ガスから分離した後の前記第２のガス成分を、前記第２の導入ガスとして前記原料ガスに導入した後、前記原料ガスから前記第３のガス成分を除去する、請求項１～４のいずれか記載のガス分離方法。

【請求項８】
前記第３のガス成分が、有機化合物である、請求項７記載のガス分離方法。

【請求項９】
吸着塔を有し、複数のガス成分を含む原料ガスから、第１のガス成分と、第２のガス成分

と圧力吸着式で分離する分離部と、
前記原料ガスを貯留する原料ガス容器と、
希ガス使用設備から排出される排出ガスを前記原料ガス容器に供給する第１の供給配管と、
前記原料ガス容器と、前記分離部とを接続する第２の供給配管と、
前記分離部で分離された前記第１のガス成分を貯留する第１の分離ガス容器と、
前記分離部で分離された前記第２のガス成分を貯留する第２の分離ガス容器と、
前記第１の分離ガス容器内の前記第１のガス成分を第１の導入ガスとして、前記原料ガスに導入する第１の導入配管と、
前記第２の分離ガス容器内の前記第２のガス成分を第２の導入ガスとして、前記原料ガスに導入する第２の導入配管と、
前記第１の導入配管に設けられた第１の流量制御器と、
前記第２の導入配管に設けられた第２の流量制御器と、
前記第１の供給配管を流れる前記第１のガス成分と、前記第２のガス成分との流量の情報を取得するためのガス成分情報取得装置と、
前記第１の流量制御器、前記第２の流量制御器、及び前記ガス成分情報取得装置とそれぞれ電気的に接続された演算装置と、を備え、
前記第１の供給配管に設けられた流量計：Ａ
前記第１の供給配管に設けられた前記第１のガス成分の濃度を測定する濃度計：Ｂ
前記第１の供給配管に設けられた前記第２のガス成分の濃度を測定する濃度計：Ｃ
前記希ガス使用設備から排出される前記第１のガス成分の流量情報を、前記希ガス使用設備から電気的に受信する受信機：Ｄ
前記希ガス使用設備から排出される前記第２のガス成分の流量情報を、前記希ガス使用設備から電気的に受信する受信機：Ｅとした場合、
前記ガス成分情報取得装置が、
Ａと、ＢおよびＣの少なくとも一方との組み合わせ、
Ａと、ＤおよびＥの少なくとも一方との組み合わせ、および
Ｄと、Ｅとの組み合わせのうち、少なくとも１つの組み合わせにより構成され、
上記ガス成分情報取得装置により得られる、前記排出ガスに含まれる、前記第１のガス成分と、前記第２のガス成分との各流量に基づいて、前記希ガス使用設備から排出される前記排出ガス中の前記第１のガス成分の流量V_{F1}と、前記第１の分離ガス容器から前記第１の導入配管を介して前記原料ガスに導入される前記第１の導入ガスの流量V_{R1}との合計値であるガス流量和S_1が一定の値になるように、前記第１の流量制御器が、前記第１の分離ガス容器から前記第１の導入配管を介して前記原料ガスに導入される前記第１の導入ガスの流量V_{R1}を制御し、前記希ガス使用設備から排出される前記排出ガス中の前記第２のガス成分の流量V_{F2}と、前記第２の分離ガス容器から前記第２の導入配管を介して前記原料ガスに導入される前記第２の導入ガスの流量V_{R2}との合計値であるガス流量和S_2が一定の値になるように、前記第２の流量制御器が、前記第２の分離ガス容器から前記第２の導入配管を介して前記原料ガスに導入される前記第２の導入ガスの流量V_{R2}を制御するガス分離装置。

【請求項１０】
吸着塔を有し、第１のガス成分と、第２のガス成分と、不可避成分とからなる原料ガスを分離する分離部と、
前記原料ガスを貯留する原料ガス容器と、
希ガス使用設備から排出される排出ガスを前記原料ガス容器に供給する第１の供給配管と、
前記原料ガス容器と、前記分離部とを接続する第２の供給配管と、
前記分離部で分離された前記第１のガス成分を貯留する第１の分離ガス容器と、
前記分離部で分離された前記第２のガス成分を貯留する第２の分離ガス容器と、
前記第１の分離ガス容器内の前記第１のガス成分を第１の導入ガスとして、前記原料ガ

スに導入する第１の導入配管と、
　前記第２の分離ガス容器内の前記第２のガス成分を第２の導入ガスとして、前記原料ガスに導入する第２の導入配管と、
　前記第１の導入配管に設けられた第１の流量制御器と、
　前記第２の導入配管に設けられた第２の流量制御器と、
　前記第１の供給配管を流れる前記第１のガス成分と、前記第２のガス成分との情報を取得するためのガス成分情報取得装置と、
　前記第１の流量制御器、前記第２の流量制御器、及び前記ガス成分情報取得装置とそれぞれ電気的に接続された演算装置と、を備え、
　前記第１の供給配管に設けられた前記第１のガス成分の濃度を測定する濃度計：Ｂ
　前記第１の供給配管に設けられた前記第２のガス成分の濃度を測定する濃度計：Ｃ
　前記希ガス使用設備から排出される前記第１のガス成分の流量情報を、前記希ガス使用設備から電気的に受信する受信機：Ｄ
　前記希ガス使用設備から排出される前記第２のガス成分の流量情報を、前記希ガス使用設備から電気的に受信する受信機：Ｅとした場合、
　前記ガス成分情報取得装置がＢおよびＣの少なくとも一方と、ＤおよびＥの少なくとも一方との組み合わせにより構成され、
　上記ガス成分情報取得装置により得られる、前記排出ガスに含まれる、前記第１のガス成分と、前記第２のガス成分との各流量に基づいて、前記希ガス使用設備から排出される前記排出ガス中の前記第１のガス成分の流量V_{F1}と、前記第１の分離ガス容器から前記第１の導入配管を介して前記原料ガスに導入される前記第１の導入ガスの流量V_{R1}との合計値であるガス流量和S_1が一定の値になるように、前記第１の流量制御器が、前記第１の分離ガス容器から前記第１の導入配管を介して前記原料ガスに導入される前記第１の導入ガスの流量V_{R1}を制御し、前記希ガス使用設備から排出される前記排出ガス中の前記第２のガス成分の流量V_{F2}と、前記第２の分離ガス容器から前記第２の導入配管を介して前記原料ガスに導入される前記第２の導入ガスの流量V_{R2}との合計値であるガス流量和S_2が一定の値になるように、前記第２の流量制御器が、前記第２の分離ガス容器から前記第２の導入配管を介して前記原料ガスに導入される前記第２の導入ガスの流量V_{R2}を制御するガス分離装置。
【請求項１１】
　前記第１の導入配管内の前記第１のガス成分の濃度を測定する第１の濃度計が、前記第１の導入配管にさらに設けられ、前記第１の濃度計も前記演算装置と電気的に接続されている、請求項９または１０に記載のガス分離装置。
【請求項１２】
　前記第２の導入配管内の前記第２のガス成分の濃度を測定する第２の濃度計が、前記第２の導入配管にさらに設けられ、前記第２の濃度計も前記演算装置と電気的に接続されている、請求項９または１０に記載のガス分離装置。
【請求項１３】
　前記第１のガス成分が、クリプトンまたはキセノンである、請求項９または１０に記載のガス分離装置。
【請求項１４】
　前記第２のガス成分が、水素、窒素、酸素、ヘリウム、ネオン及びアルゴンからなる群から選ばれる少なくとも１種類以上を含む、請求項９または１０に記載のガス分離装置。
【請求項１５】
　前記希ガス使用設備から排出される前記排出ガスが第３のガス成分をさらに含み、
　前記第１の供給配管の、前記第１のガス成分の濃度を測定する濃度計の後段に、第３のガス成分を除去する第３ガス除去装置がさらに設けられ、
　前記第１の導入配管及び前記第２の導入配管は、前記濃度計と、前記第３ガス除去装置との間の前記第１の供給配管に接続される、請求項１１記載のガス分離装置。
【請求項１６】

前記第３のガス成分が、有機化合物である、請求項１５記載のガス分離装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、ガス分離方法、およびガス分離装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
クリプトン、キセノン等の高付加価値ガスは、高周波放電によりプラズマを発生させる産業分野、工業設備等で使用されている。これら高付加価値ガスを精製する方法として、複数のガス成分を含む原料ガスから、第１のガス成分と、第２のガス成分とを圧力吸着式で分離するガス分離方法が知られている（特許文献１）。
特許文献１では、平衡型圧力変動吸着分離法と、速度型圧力変動吸着分離法とを組み合わせることにより、クリプトン、キセノン等を分離精製することが提案されている。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００３】
【文献】特開２００２－１２６４３５号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００４】
希ガスは高付加価値ガスであるため、希ガス使用設備の希ガスを含む排出ガスの再利用は経済的な点で重要である。しかし、希ガス使用設備の排出ガス中の各ガス成分の濃度は、希ガス使用設備の運転状態によって大きく変化する。
【０００５】
特許文献１は、異なる吸着分離法を組み合わせて、原料ガスの希ガス以外の成分の除去（希ガスの高純度化）と、希ガスの除去（希ガス以外の成分の高純度化）とを両立させているが、希ガス使用設備からの排出ガスにおける各成分の濃度が変わると下記の問題が生じる。
・排出ガス中の希ガス成分の比率が低下し、希ガス成分以外のガス成分の比率が増加した場合、希ガス成分以外のガス成分を除去する吸着分離の吸着剤で吸着除去すべきガス成分の濃度が相対的に増加する。そのため、吸着塔内の圧力が低下するとともに希ガス成分以外のガス成分を充分に除去できなくなる。その結果、分離後の希ガスの純度が低下する。
・排出ガス中の希ガス成分の比率が増加し、希ガス成分以外のガス成分の比率が減少した場合、希ガス成分を除去する吸着分離の吸着剤で吸着除去すべき希ガス成分の濃度が相対的に増加する。そのため、吸着塔内の圧力が低下するとともに希ガス成分を十分に除去できなくなる。その結果、分離後の希ガス以外の成分の純度が低下、つまり希ガスの回収率が低下する。
【０００６】
上記の問題点への対策として、吸着塔の分離条件を排出ガスの組成の変動に応じて変更する手法も想定される。しかし、吸着塔の分離条件の制御には、圧縮機の吐出流量のインバータ制御、および吸着工程、再生工程の切替時間の変更を伴う。さらに、切替時間の変更により、特許文献１の特徴である吸着塔の再生工程で排出される各ガス成分の混合ガスを原料ガスに戻すタイミングやガス量が変わる。これにより、原料ガスの組成がより一層変動することになり、結果として非常に煩雑な制御負担が要求される。
以上説明したように、従来のガス分離方法にあっては、希ガス使用設備の排出ガスを再利用しようとすると、分離後の希ガスの純度、希ガスの回収率の両方を安定して高くすることが困難である。
【０００７】
本発明は、希ガス使用設備の排出ガスを再利用しながらも、分離後の希ガスの純度および希ガスの回収率の両方を安定して高くすることができるガス分離方法及びガス分離装置

を提供する。
【課題を解決するための手段】
【０００８】
上記課題を解決するため、本発明は下記ガス分離方法及びガス分離装置を提供する。
［１］　複数のガス成分を含む原料ガスから、第１のガス成分と第２のガス成分とを圧力吸着式で分離する、ガス分離方法であって、前記原料ガスから分離した後の前記第１のガス成分を第１の導入ガスとして前記原料ガスに導入し、かつ、前記原料ガスから分離した後の前記第２のガス成分を第２の導入ガスとして前記原料ガスに導入し、前記第１の導入ガスの流量V_{R1}及び前記第２の導入ガスの流量V_{R2}を、希ガス使用設備から排出される排出ガス中の前記第１のガス成分及び前記第２のガス成分の各流量に基づいてそれぞれ制御することを特徴とする、ガス分離方法。
［２］　さらに、下記のガス流量和S_1及び下記のガス流量和S_2をそれぞれ一定の値に制御する、［１］のガス分離方法。
ガス流量和S_1：前記排出ガス中の前記第１のガス成分の流量V_{F1}と、前記第１の導入ガスの流量V_{R1}との合計値。
ガス流量和S_2：前記排出ガス中の前記第２のガス成分の流量V_{F2}と、前記第２の導入ガスの流量V_{R2}との合計値。
［３］　前記第１のガス成分が、クリプトンまたはキセノンである、［１］または［２］のガス分離方法。
［４］　前記第２のガス成分が、水素、窒素、酸素、ヘリウム、ネオン及びアルゴンからなる群から選ばれる少なくとも１種類以上を含む、［１］～［３］のいずれかのガス分離方法。
［５］　前記希ガス使用設備から排出される排出ガスが、第３のガス成分をさらに含み、
前記原料ガスから分離した前記第１のガス成分を第１の導入ガスとして前記原料ガスに導入し、かつ、前記原料ガスから分離した前記第２のガス成分を、第２の導入ガスとして前記原料ガスに導入した後、前記原料ガスから前記第３のガス成分を除去する、[１]のガス分離方法。
［６］　前記第３のガス成分が、有機化合物である、［５］のガス分離方法。
［７］　複数のガス成分を含む原料ガスから、第１のガス成分と第２のガス成分とを圧力吸着式で分離する分離部と、前記原料ガスを貯留する原料ガス容器と、希ガス使用設備から排出される排出ガスを前記原料ガス容器に供給する第１の供給配管と、前記原料ガス容器と前記分離部とを接続する第２の供給配管と、前記分離部で分離された前記第１のガス成分を貯留する第１の分離ガス容器と、前記分離部で分離された前記第２のガス成分を貯留する第２の分離ガス容器と、前記第１の分離ガス容器内の前記第１のガス成分を第１の導入ガスとして、前記原料ガスに導入する第１の導入配管と、前記第２の分離ガス容器内の前記第２のガス成分を第２の導入ガスとして、前記原料ガスに導入する第２の導入配管と、前記第１の導入配管に設けられた第１の流量制御器と、前記第２の導入配管に設けられた第２の流量制御器と、前記第１の供給配管を流れる前記第１のガス成分と、前記第２のガス成分との流量の情報を取得するための流量情報取得装置と、前記第１の流量制御器、前記第２の流量制御器及び前記流量情報取得装置とそれぞれ電気的に接続された演算装置と、を備える、ガス分離装置。
［８］　前記流量情報取得装置が、前記第１の供給配管に設けられた流量計、前記第１の供給配管に設けられた第１のガス成分の濃度を測定する濃度計、前記第１の供給配管に設けられた第２のガス成分の濃度を測定する濃度計、前記希ガス使用設備から排気される第１のガス成分の流量情報を前記希ガス使用設備から電気的に受信する受信機、及び前記希ガス使用設備で使用される第２のガス成分の流量情報を前記希ガス使用設備から電気的に受信する受信機からなる群から選ばれる少なくとも１種以上を含む、［７］のガス分離装置。
［９］　前記第１の導入配管内の第１のガス成分の濃度を測定する第１の濃度計が、前記第１の導入配管にさらに設けられ、前記第１の濃度計も前記演算装置と電気的に接続され

ている、［７］または［８］のガス分離装置。
［１０］　前記第２の導入配管内の第２のガス成分の濃度を測定する第２の濃度計が、前記第２の導入配管にさらに設けられ、前記第２の濃度計も前記演算装置と電気的に接続されている、［７］～［９］のいずれかのガス分離装置。
［１１］　前記第１のガス成分が、クリプトンまたはキセノンである、［７］～［１０］のいずれかのガス分離装置。
［１２］　前記第２のガス成分が、水素、窒素、酸素、ヘリウム、ネオン及びアルゴンからなる群から選ばれる少なくとも１種類以上を含む、［７］～［１１］のいずれかのガス分離装置。
［１３］前記希ガス使用設備から排出される排出ガスが第３のガス成分をさらに含み、
　前記第１の供給配管の、前記第１の濃度計の後段に、第３のガス成分を除去する第３ガス除去装置がさらに設けられ、
　前記第１の導入配管及び前記第２の導入配管は、前記第１の濃度計と、前記第３ガス除去装置との間の前記第１の供給配管に接続される、［９］のガス分離装置。
［１４］　前記第３のガス成分が、有機化合物である、［１３］のガス分離装置。
【発明の効果】
【０００９】
　本発明によれば、希ガス使用設備の排出ガスを再利用しながらも、分離後の希ガスの純度、希ガスの回収率の両方を安定して高くすることができる。
【図面の簡単な説明】
【００１０】
【図１】第１実施形態にかかるガス分離装置と、希ガスを使用する希ガス使用設備とを説明するための概略図である。
【図２】図１のガス分離装置が備える分離部の構成を説明するための模式図である。
【図３】第２実施形態にかかるガス分離装置と、希ガスを使用する希ガス使用設備とを説明するための概略図である。
【発明を実施するための形態】
【００１１】
　以下、一実施形態例について図面を参照しながら詳細に説明する。以下の説明で用いる図面は、特徴をわかりやすくするために、便宜上特徴となる部分を拡大して示している場合があり、各構成要素の寸法比率などが実際と同じであるとは限らない。
　本明細書において、数値範囲を示す「～」は、その前後に記載された数値を下限値及び上限値として含むことを意味する。
【００１２】
第１実施形態
＜ガス分離装置＞
　以下、図１、２を参照して本実施形態に係るガス分離装置について説明する。
　図１は、本実施形態に係るガス分離装置１と希ガスを使用する希ガス使用設備２０とを示す概略図である。図２は分離部５の構成を説明するための模式図である。
【００１３】
　ガス分離装置１は、希ガス使用設備２０から排出される排出ガスを含む原料ガスから、第１のガス成分と、第２のガス成分とを圧力吸着式で分離する装置である。
　ガス分離装置１は、第１の供給配管Ｌ１と、流量計２と、濃度計１３と、原料ガス容器３と、第１のガス成分の供給源１５と、第２の供給配管Ｌ２と、圧縮機４と、分離部５と、還流配管Ｌ３と、第１の分離配管Ｌ４と、第２の分離配管Ｌ５と、第１の分離ガス容器６と、第１の導入配管Ｌ６と、第２の分離ガス容器７と、第２の導入配管Ｌ７と、第１の流量制御器８と、第２の流量制御器９と、第１の導出配管Ｌ８と、第２の導出配管Ｌ９と、第３の流量制御器１０と、第４の流量制御器１１と、演算装置１２と、受信機１４とを備える。
【００１４】

希ガス使用設備２０は、ガス分離装置１の第１の導出配管Ｌ８の第２の端部と接続されている。第１の導出配管Ｌ８内にはガス分離装置１で分離された第１のガス成分が流れる。また、希ガス使用設備２０は、第１の端部が第２のガス成分の供給設備（図示略）と接続された第３の供給配管Ｌ１１と接続されている。第３の供給配管Ｌ１１内には、第２のガス成分が流れる。そのため、希ガス使用設備２０は、ガス分離装置１で分離された第１のガス成分と、第２のガス成分供給設備（図示略）より供給される第２のガス成分を使用できる。

希ガス使用設備２０は、後述の演算装置１２と電気的に接続されていてもよい。また、希ガス使用設備２０は希ガス使用設備で使用して排気する第１のガス成分の流量と、第２のガス成分の流量値とを演算装置１２に電気信号として送信してもよい。

希ガス使用設備２０は、希ガスを使用する設備であれば特に限定されない。例えば、半導体集積デバイス等を製造する装置、検査装置、液晶パネル等の表示装置を製造する設備が挙げられる。

希ガス使用設備２０の排出ガスは、精製対象のガス成分として第１のガス成分を含み、除去対象のガス成分として第２のガス成分を含む。第１のガス成分としては、例えば、クリプトン、キセノン等の高付加価値ガスが挙げられる。第２のガス成分としては、水素、窒素、酸素、ヘリウム、ネオン、アルゴンが挙げられる。

【００１５】

第１の供給配管Ｌ１は、第１の端部が希ガス使用設備２０と接続され、第２の端部が原料ガス容器３と接続されている。第１の供給配管Ｌ１は、希ガス使用設備２０から排出される排出ガスを原料ガス容器３に供給する。

第１の供給配管Ｌ１には流量計２が設けられている。流量計２は、第１の供給配管Ｌ１内を流れる希ガス使用設備２０の排出ガスの流量を測定する。流量計２は、排出ガス中の第１のガス成分の流量V_{F1}と、第２のガス成分の流量V_{F2}との和V_{F0}を測定でき、流量値を電気信号として送信できるものであればよい。例えばマスフローメータ、コリオリ流量計、容積式流量計等が使用できる。流量計２は、演算装置１２と電気的に接続されているため、流量V_{F0}の測定値を演算装置１２に送信できる。流量計２はV_{F1}およびV_{F2}をそれぞれ測定できてもよい。

【００１６】

本実施形態のガス分離装置は、第１の供給配管Ｌ１を流れる第１のガス成分と、第２のガス成分との流量の情報を取得するための流量情報取得装置を備える。ガス分離装置１においては、例えば、第１の供給配管Ｌ１には濃度計１３が設けられている。濃度計１３は排出ガス中の第１のガス成分、第２のガス成分、またはその両方の濃度を測定できる。濃度計１３は第１のガス成分、第２のガス成分、またはその両方の濃度を測定でき、濃度値を電気信号で発信できるものであればよい。濃度計１３としては、例えば超音波式濃度計、質量分析計等が使用できる。濃度計１３は、第１のガス成分、第２のガス成分、またはその両方の濃度値を演算装置１２に電気信号として送信できる。

【００１７】

流量情報取得装置は、V_{F1}およびV_{F2}を情報として取得できればよく、その具体的態様は特に限定されない。他の実施形態において、流量情報取得装置は、例えば、第１の供給配管Ｌ１に設けられた流量計、第１の供給配管Ｌ１に設けられた第１のガス成分の濃度を測定する濃度計、第１の供給配管Ｌ１に設けられた第２のガス成分の濃度を測定する濃度計、希ガス使用設備２０から排気される第１のガス成分の流量情報を希ガス使用設備２０から電気的に受信する受信機、及び希ガス使用設備２０で使用される第２のガス成分の流量情報を希ガス使用設備２０から電気的に受信する受信機からなる群から選ばれる少なくとも１種以上を含んで構成可能である。

例えば、ガス分離装置１においては、受信機１４が、希ガス使用設備２０で排気される第１のガス成分の流量情報を希ガス使用設備２０から電気的に受信できる。加えて、受信機１４は、希ガス使用設備２０で使用される第２のガス成分の流量情報を希ガス使用設備２０から電気的に受信する受信機できる。

ただし、流量情報取得装置の構成は以上の例示に限定されない。

【００１８】

原料ガス容器３は、分離部５に供給するための原料ガスを貯留する。原料ガス容器３には、第１の供給配管Ｌ１の第２の端部、還流配管Ｌ３の第２の端部、第１の導入配管Ｌ６の第２の端部、及び第２の導入配管Ｌ７の第２の端部と接続されている。そのため、原料ガス容器３では、第１の供給配管Ｌ１、還流配管Ｌ３、第１の導入配管Ｌ６、および第２の導入配管Ｌ７から供給される各ガスが混合され、これらの混合ガスが原料ガスとして貯留される。原料ガス容器３には、ガス分離装置１内に第１のガス成分を補充するための補充配管Ｌ１２が接続されていてもよい。補充配管Ｌ１２は、第１のガス成分の供給源１５と接続されている。第１のガス成分の供給源１５は、例えば、第１のガス成分が貯留された容器等である。

【００１９】

第２の供給配管Ｌ２は、第１の端部が原料ガス容器３と接続され、第２の端部が分離部５の一次側と接続されている。第２の供給配管Ｌ２には圧縮機４が設けられている。第２の供給配管Ｌ２は、原料ガス容器３内の原料ガスを圧縮機４で圧縮して分離部５の一次側に供給する。圧縮機４は、圧力吸着式のガス分離方法に使用される一般的なものでよく、特に限定されない。ただし、圧縮機４としては、分離部５に供給する原料ガスを汚染しないオイルフリー仕様で、空気の巻き込みや原料ガスの漏洩が無い高気密仕様が好ましい。例えばダイアフラム式圧縮機等が使用できる。

【００２０】

分離部５は、原料ガスから第１のガス成分と第２のガス成分とを圧力吸着式で分離する。図２に示すように、分離部５は、第１の吸着塔５３Ａと、第２の吸着塔５３Ｂとを有する。そして、第２の供給配管Ｌ２の分岐した第２の端部のそれぞれは、第１の吸着塔５３Ａと、第２の吸着塔５３Ｂと接続されている。第２の供給配管Ｌ２の分岐した第２の端部のそれぞれには供給弁５１Ａ、５１Ｂがそれぞれ設けられている。

【００２１】

第１の吸着塔５３Ａは、原料ガス中の第２のガス成分を吸着する第１の吸着剤（図示略）を内部に有する。第１の吸着剤は、第２のガス成分を吸着できるものであればよく、第２のガス成分に応じて適宜選択できる。例えば、第２のガス成分が窒素である場合、第１の吸着剤としては、Ｎａ－Ａ型ゼオライト、カーボンモレキュラーシーブス、メソポーラスシリカ、金属有機構造体（ＭＯＦ）が好ましい。

【００２２】

第１の吸着塔５３Ａは、原料ガスから第２のガス成分を除去し、第１のガス成分を分離部５の二次側に導出する。第１の吸着塔５３Ａの二次側は、第１の分離配管Ｌ４の第１の端部と接続されている。第１の吸着塔５３Ａは、第１の分離配管Ｌ４内に分離した第１のガス成分を導出する。

【００２３】

第１の分離配管Ｌ４は、分離部５の第１の吸着塔５３Ａと、第１の分離ガス容器６とを接続する。第１の分離ガス容器６は、分離部５の第１の吸着塔５３Ａで分離された第１のガス成分を貯留する。第１の分離ガス容器６には、第１の導入配管Ｌ６の第１の端部、第１の導出配管Ｌ８の第１の端部が接続されている。

【００２４】

第２の吸着塔５３Ｂは、原料ガス中の第１のガス成分を吸着する第２の吸着剤（図示略）を内部に有する。第２の吸着剤は、第１のガス成分を吸着できるものであればよく、第１のガス成分に応じて適宜選択できる。例えば、第１のガス成分がキセノンである場合、第２の吸着剤としては、活性炭、ＣａＡ型ゼオライト、Ｎａ－Ｘ型ゼオライト、Ｃａ－Ｘ型ゼオライト、Ｌｉ－Ｘ型ゼオライト、金属有機構造体（ＭＯＦ）が好ましい。

【００２５】

第２の吸着塔５３Ｂは、原料ガスから第１のガス成分を除去し、第２のガス成分を分離部５の二次側に導出する。第２の吸着塔５３Ｂの二次側は、第２の分離配管Ｌ５の第１の

端部と接続されている。第２の吸着塔５３Ｂは、第２の分離配管Ｌ５内に分離した第２のガス成分を導出する。

【００２６】

第２の分離配管Ｌ５は、分離部５と、第２の分離ガス容器７とを接続する。第２の分離ガス容器７は、分離部５で分離された第２のガス成分を貯留する。第２の分離ガス容器７には、第２の導入配管Ｌ７の第１の端部、第２の導出配管Ｌ９の第１の端部が接続されている。

【００２７】

第１の吸着塔５３Ａおよび第２の吸着塔５３Ｂの一次側は、還流配管Ｌ３の分岐した第１の端部とそれぞれ接続されている。還流配管Ｌ３の分岐した第１の端部のそれぞれには排圧弁５２Ａ、５２Ｂがそれぞれ設けられている。還流配管Ｌ３は、第１の吸着塔５３Ａ内から排出される、第１の吸着剤に吸着した第２のガス成分と、第２の吸着塔５３Ｂ内から排出される、第２の吸着剤に吸着した第１のガス成分との混合ガスを原料ガス容器３に供給する。このように、還流配管Ｌ３は、分離部５の一次側から排出される第１のガス成分と、第２のガス成分とを含む混合ガスを原料ガス容器３に還流する。

【００２８】

第１の吸着塔５３Ａ、第２の吸着塔５３Ｂの二次側は、再生配管５７Ａ、５７Ｂとそれぞれ接続されている。再生配管５７Ａ、５７Ｂのそれぞれには再生弁５６Ａ、５６Ｂがそれぞれ設けられている。再生配管５７Ａ、５７Ｂは、第１の吸着塔５３Ａ、第２の吸着塔５３Ｂ内に、各吸着剤を再生するための再生ガスをそれぞれ供給する。

【００２９】

第１の吸着塔５３Ａ、第２の吸着塔５３Ｂには、圧力計５４Ａ、５４Ｂがそれぞれ設けられている。圧力計５４Ａ、５４Ｂは、各吸着塔５３Ａ、５３Ｂ内の圧力を測定する。

分離部５は、通常の圧力吸着式のガス分離装置のように、均圧弁が設けられた均圧管をさらに有してもよい。

分離部５は、圧力吸着方式を使用して、第１のガス成分と、第２のガス成分とをそれぞれ分離できるものであればよく、原料ガス中の第１のガス成分を吸着する第２の吸着剤を充填した複数の吸着塔で分離するものでもよい。

【００３０】

図１に示すように、第１の導入配管Ｌ６の第２の端部は、原料ガス容器３と接続されている。そのため、第１の導入配管Ｌ６は、第１の分離ガス容器６内の第１のガス成分を第１の導入ガスとして原料ガスに導入できる。ただし、第１の導入配管Ｌ６の第２の端部の接続先は原料ガス容器３に限定されない。他の実施形態においては、第１の導入配管Ｌ６の第２の端部は、例えば、分離部５の一次側に接続する第２の供給配管Ｌ２であって、圧縮機４の一次側と接続されてもよい。

【００３１】

第２の導入配管Ｌ７の第２の端部は、原料ガス容器３と接続されている。そのため、第２の導入配管Ｌ７は、第２の分離ガス容器７内の第２のガス成分を第２の導入ガスとして原料ガスに導入できる。ただし、第２の導入配管Ｌ７の第２の端部の接続先は、原料ガス容器３に限定されない。他の実施形態においては、第２の導入配管Ｌ７の第２の端部は、例えば、分離部５の一次側に接続する第２の供給配管Ｌ２であって、圧縮機４の一次側と接続されてもよい。

【００３２】

第１の導入配管Ｌ６には第１の流量制御器８が設けられている。第１の流量制御器８は、電気的に接続された演算装置１２の指示にしたがって、第１の分離ガス容器６からの第１の導入ガスの流量V_{R1}を調節して制御する。

第２の導入配管Ｌ７には第２の流量制御器９が設けられている。第２の流量制御器９は、電気的に接続された演算装置１２の指示にしたがって第２の分離ガス容器７からの第２の導入ガスの流量V_{R2}を調節して制御する。

第１の流量制御器８および第２の流量制御器９は電気信号の指示により流量を制御でき

るものであればよい。例えばマスフローコントローラなどが使用できる。

【００３３】

演算装置１２は、第１の流量制御器８、第２の流量制御器９、流量計２、および濃度計１３とそれぞれ電気的に接続されている。演算装置１２は、流量計２から電気信号として送信された、希ガス使用設備２０からの排出ガスの流量値と、濃度計１３から電気信号として送信された排出ガス中の第１のガス成分の濃度、または第２のガス成分の濃度値とを基に算出した、排出ガス中の第１のガス成分の流量値V_{R1}、および第２のガス成分の流量値V_{R2}に基づいて、第１の流量制御器８、および第２の流量制御器９のそれぞれに各流量を決定して指示する。

【００３４】

流量計２が排出ガス中の第１のガス成分および第２のガス成分のそれぞれの流量を測定できるのであれば、それぞれの流量値に基づいて、第１の流量制御器８および第２の流量制御器９のそれぞれに各流量を決定して指示してもよい。

また、演算装置１２が希ガス使用設備２０と電気的に接続されており、希ガス使用設備２０から電気信号として、排出ガス中の第１のガス成分および第２のガス成分の流量値が送信されるのであれば、演算装置１２はこれらの流量値に基づいて、第１の流量制御機８および第２の流量制御９のそれぞれに各流量を決定して指示してもよい。

【００３５】

演算装置１２は、原料ガス容器３に導入する排出ガスと、第１の導入ガスと、第２の導入ガスとを混合させたガスの流量および組成が一定となるように、第１の導入配管Ｌ６による第１のガス成分の導入量および第２の導入配管Ｌ７による第２のガス成分の導入量をそれぞれ決定し、第１の流量制御器８および第２の流量制御器９に指示する。

【００３６】

第１の導入配管Ｌ６には、第１の導入配管Ｌ６内の第１のガス成分の濃度を測定する第１の濃度計（図示略）が設けられている。第１の濃度計が演算装置１２と電気的に接続されていると、演算装置１２は、第１の導入配管Ｌ６内の第１のガス成分の濃度に基づいて、第１の導入ガスの流量V_{R1}を第１の流量制御器８に指示できる。その結果、原料ガスの組成をより確実かつ精密な制御でき、分離されるガス成分の純度および回収率がさらに安定しかつ向上する。

【００３７】

第２の導入配管Ｌ７には、第２の導入配管Ｌ７内の第２のガス成分の濃度を測定する第２の濃度計（図示略）が設けられている。第２の濃度計が演算装置１２と電気的に接続されていると、演算装置１２は、第２の導入配管Ｌ７内の第２のガス成分の濃度に基づいて、第２の導入配管Ｌ７を流れる第２の導入ガスの流量V_{R2}を第２の流量制御器９に指示できる。その結果、原料ガスの組成をより確実かつ精密な制御ができ、分離されるガス成分の純度および回収率がさらに安定しかつ向上する。

【００３８】

第１の導出配管Ｌ８は、分離部５で分離された第１のガス成分を希ガス使用設備２０に導出する。第１の導出配管Ｌ８には、第３の流量制御器１０が設けられている。第３の流量制御器１０は、第１の導出配管Ｌ８を流れる第１のガス成分の流量V_{O1}を調節して制御する。

第２の導出配管Ｌ９には、第４の流量制御器１１が設けられている。第４の流量制御器１１は、第２の導出配管Ｌ９を流れる第２のガス成分の流量V_{O2}を調節して制御する。第２の導出配管Ｌ９の第２の端部の接続先は特に限定されない。

【００３９】

（作用効果）

以上説明したガス分離装置１は、第１の流量制御器８、第２の流量制御器９、流量計２、および濃度計１３とそれぞれ電気的に接続された演算装置１２を備える。そのためガス分離装置１は、流量計２で測定した流量値および濃度計１３で測定した濃度値をもとに算出した、希ガス使用設備２０からの排出ガス中の第１のガス成分の流量V_{F1}および第２

のガス成分の流量V_{F2}に基づいて、第１の導入配管Ｌ６を流れる第１のガス成分の流量V_{R1}および第２の導入配管を流れる第２のガス成分の流量V_{R2}を制御できる。

よって、本実施形態のガス分離装置１によれば、希ガス使用設備の排出ガス中の第２のガス成分の濃度が増加しても、原料ガス中の第１のガス成分の濃度が相対的に高くなるように演算装置１２で流量V_{R1}および流量V_{R2}を制御できるため、分離後の第１のガス成分の純度が低下しにくい。

一方、ガス分離装置１によれば、希ガス使用設備の排出ガス中の第１のガス成分の濃度が増加しても、原料ガス中の第１のガス成分の濃度を相対的に低くするように演算装置１２で制御できる。その結果、圧力吸着式の分離部の運転条件を変えずとも、分離部の希ガス分離能が安定し、一定のガス分離能が得られ、第１のガス成分の回収率が高くなる。

したがって、本実施形態のガス分離装置１によれば、希ガス使用設備の排出ガスを再利用しながらも、分離後の希ガスの純度、希ガスの回収率の両方を安定して高くすることができる。

【００４０】

＜ガス分離方法＞

以下、図１および２を参照して本実施形態に係るガス分離方法について説明する。本実施形態に係るガス分離方法では、複数のガス成分を含む原料ガスから、第１のガス成分と、第２のガス成分とを圧力吸着式で分離する分離部５を用いる。

以下の説明においては、第１のガス成分がキセノン（Ｘｅ）であり、第２のガス成分が窒素（N_2）である場合を一例に、本発明の実施形態の説明を行うが、本発明はこの一例に限定されない。

【００４１】

ここで、第１の吸着塔５３Ａが吸着工程を行っているものとして以下の説明を開始する。

まず、第１の吸着塔５３Ａの吸着工程において、希ガス使用設備２０の排出ガスが原料ガス容器３に供給される。排出ガス中のキセノンの流量V_{F1}および窒素の流量V_{F2}が流量計２によって測定され、演算装置１２に測定値が送信される。原料ガスは、原料ガス容器３から第２の供給配管Ｌ２を介して圧縮機４で所定圧力に昇圧される。

【００４２】

圧縮機４で昇圧された原料ガスは、供給弁５１Ａを通って第１の吸着塔５３Ａ内に流入する。第１の吸着塔５３Ａ内に充填されているＮａ－Ａ型ゼオライトは、窒素に比べてキセノンを吸着しにくい。そのため、第１の吸着塔５３Ａに流入した原料ガスの中の易吸着成分である窒素が、優先的にＮａ－Ａ型ゼオライトに吸着される。難吸着成分であるキセノンが分離され、分離後のキセノンが吸着塔５３Ａの二次側から、第１の分離配管Ｌ４および分離弁５５Ａを介して、第１の分離ガス容器６内に貯留される。

【００４３】

この間、第２の吸着塔５３Ｂは再生工程を行っており、第２の吸着塔５３Ｂ内で吸着したキセノンが還流配管Ｌ３および排圧弁５２Ｂを介して、原料ガス容器３に還流される。

吸着工程と、再生工程との切替時には、通常の圧力吸着式の分離プロセスと同様に、均圧弁を有する均圧配管を使用した均圧操作、および再生弁５６Ｂを有する再生配管５７Ｂを使用したパージ再生操作を行うことができる。

【００４４】

第２の吸着塔５３Ｂの再生工程では、塔内の圧力低下により、第２の吸着塔５３Ｂ内に充填されている活性炭から脱離したキセノンが排出される。このため、再生工程で分離部５の一次側から排出される混合ガスは、ガス分離装置１より廃棄することなく再利用する。具体的には、還流配管Ｌ３に放出された混合ガスを圧縮機４の一次側に位置する原料ガス容器３に戻し、原料ガスと混合して再利用する。

【００４５】

第１の吸着塔５３Ａ内のＮａ－Ａ型ゼオライトへの窒素の吸着量が飽和量に達し、第１の吸着塔５３Ａの二次側から窒素が流出する前に、供給弁５１Ａ，５１Ｂ、分離弁５５Ａ，５５Ｂ、および排圧弁５２Ａ、５２Ｂが開閉され、吸着塔５３Ａ、５３Ｂの工程が切換

えられる。つまり、第１の吸着塔５３Ａが再生工程になり、第２の吸着塔５３Ｂが吸着工程となる。

【００４６】

第２の吸着塔５３Ｂの吸着工程について説明する。

圧縮機４で昇圧された原料ガスが供給弁５１Ｂを通って第２の吸着塔５３Ｂ内に流入する。第２の吸着塔５３Ｂ内に充填されている活性炭は、キセノンに比べて窒素を吸着しにくい。そのため、第２の吸着塔５３Ｂに流入した原料ガスの中の易吸着成分であるキセノンが優先的に活性炭に吸着され、難吸着成分である窒素が分離され、分離後の窒素が第２の吸着塔５３Ｂの二次側から第２の分離配管Ｌ５および分離弁５５Ｂを介して、第２の分離ガス容器７内に貯留される。

【００４７】

この間、第１の吸着塔５３Ａは再生工程を行っており、第１の吸着塔５３Ａ内で吸着した窒素が還流配管Ｌ３および排圧弁５２Ａを流れ、原料ガス容器３に還流される。

吸着工程と、再生工程との切替時には、通常の圧力吸着式の分離プロセスと同様に、均圧弁を有する均圧配管を使用した均圧操作、および再生弁５６Ａを有する再生配管５７Ａを使用したパージ再生操作を行うことができる。

【００４８】

第１の吸着塔５３Ａの再生工程では、塔内の圧力低下によりＮａ－Ａ型ゼオライトから脱離した窒素が放出される。加えて、第１の吸着塔５３Ａ内のキセノンも排出されるため、再生工程で分離部５の一次側から排出される混合ガスは、ガス分離装置１より廃棄することなく再利用する。具体的には、還流配管Ｌ３に放出された混合ガスを圧縮機４の一次側の原料ガス容器３に戻し、原料ガスと混合して再利用する。

【００４９】

本実施形態に係るガス分離方法においては、分離部５の第１の吸着塔５３Ａで原料ガスから分離した後の第１のガス成分であるキセノンを第１の導入ガスとして原料ガスに導入する。また、分離部５の第２の吸着塔５３Ｂで原料ガスから分離した後の第２のガス成分である窒素を第２の導入ガスとして原料ガスに導入する。

分離部５で分離した後のキセノンは、第１の分離ガス容器６から第１の導入配管Ｌ６内を流れ、原料ガス容器３に第１の導入ガスとして原料ガスに導入される。分離部５で分離した後の窒素は、第２の分離ガス容器７から第２の導入配管Ｌ７内を流れ、原料ガス容器３に第２の導入ガスとして原料ガスに導入される。

【００５０】

本実施形態に係るガス分離方法においては、希ガス使用設備２０から排出される排出ガス中の第１のガス成分（キセノン）の流量V_{F1}に基づいて、第１の導入ガスの流量V_{R1}を制御する。具体的には、排出ガス中の第１のガス成分（キセノン）の流量V_{F1}に基づいて、演算装置１２によって、第１の導入ガスの流量V_{R1}が決定され、演算装置１２と、電気的に接続された第１の流量制御器８とによって流量V_{R1}が調節され制御される。

そして、希ガス使用設備２０から排出される排出ガス中の第２のガス成分（窒素）の流量V_{F2}に基づいて、第２の導入ガスの流量V_{R2}を制御する。具体的には、排出ガス中の第２のガス成分（窒素）の流量V_{F2}に基づいて、演算装置１２によって、第２の導入ガスの流量V_{R2}が決定され、演算装置１２と電気的に接続された第２の流量制御器９とによって流量V_{R2}が調節され制御される。

【００５１】

（作用効果）

このように本実施形態に係るガス分離方法は、希ガス使用設備２０から排出される排出ガス中の第１のガス成分（キセノン）の流量V_{F1}および第２のガス成分（窒素）の流量V_{F2}に基づいて、第１の導入ガスの流量V_{R1}および第２の導入ガスの流量V_{R2}をそれぞれ制御することを特徴とする。

そのため、本実施形態に係るガス分離方法によれば、希ガス使用設備２０の排出ガスの組成が変動しても、分離部５に供給される原料ガス中のキセノンおよび窒素の比率が変動

しないように、第１の導入ガスの流量V_{R1}および第２の導入ガスの流量V_{R2}を調節できる。よって、本実施形態に係るガス分離方法によれば、少なくとも下記の（１）および（２）の作用効果が得られる。

【００５２】

（１）希ガス使用設備２０の排出ガス中のキセノンの比率が低下し、窒素の比率が増加した場合には、第１の導入ガスの流量V_{R1}が多くなり、かつ第２の導入ガスの流量V_{R2}が少なくなるように制御することで、第１の吸着塔５３Ａで除去すべき窒素の濃度の変動を抑制できる。そのため、第１の吸着塔５３Ａでの窒素の除去性能が安定して高く維持され、窒素を充分に除去でき、分離後のキセノンの純度が安定して高く維持される。

【００５３】

（２）希ガス使用設備２０の排出ガス中のキセノンの比率が増加し、窒素の比率が低下した場合には、第１の導入ガスの流量V_{R1}が少なくなり、かつ第２の導入ガスの流量V_{R2}が多くなるように制御することで、第２の吸着塔５３Ｂで除去すべきキセノンの濃度の変動を抑制できる。そのため、第２の吸着塔５３Ｂでのキセノンの除去性能が安定して高く維持され、キセノンを十分に除去でき、分離後の窒素の純度が安定して高く維持される。分離後の窒素は再利用しないため、再利用できないキセノンの量が少なくなる。その結果、キセノンの回収率が安定して高く維持される。

【００５４】

前記（１）および（２）の作用効果が得られることから、希ガス使用設備２０の排出ガスの組成が変化したとしても、原料ガスの組成を安定に維持できる。このため、排ガスの組成の変動に応じて分離部５の運転条件を変更する必要がない。また、仮に希ガス使用設備２０の排出ガス中の希ガス（第１のガス成分）の濃度が０～１００体積％の範囲内で変動したとしても、演算装置１２による、第１の導入ガスの流量V_{R1}および第２の導入ガスの流量V_{R2}の制御が可能であるから、希ガスの純度、回収率をいずれも安定して高くすることができる。

【００５５】

さらに本実施形態に係るガス分離方法では、下記のガス流量和S_1及び下記のガス流量和S_2をそれぞれ一定の値に制御することが好ましい。例えば、演算装置１２によってガス流量和S_1及びガス流量和S_2を一定の値に制御することで、下記の（３）の作用効果がさらに得られる。

ガス流量和S_1：排出ガス中のキセノンの流量V_{F1}と、第１の導入ガスの流量V_{R1}との合計値

ガス流量和S_2：排出ガス中の窒素の流量V_{F2}と、第２の導入ガスの流量V_{R2}との合計値

【００５６】

（３）分離したキセノンを第１の導入ガスとして、窒素を第２の導入ガスとして原料ガスに導入できるため、希ガス使用設備２０の排出ガスの組成、流量の急激な変化に追従してガス分離装置を運転できる。そのため、希ガス使用設備２０の排出ガスの変動に応じて分離部５の分離条件を急遽、変更する必要もなくなる。

【００５７】

本実施形態に開示のガス分離装置１を用いるガス分離方法によれば、前記（１）～（３）の作用効果に加えて、下記の（４）および（５）の作用効果がさらに得られる。

【００５８】

（４）ガス分離装置１は、第１の導入配管Ｌ６および第２の導入配管Ｌ７を備えるため、希ガス使用設備２０の急な運転開始及び運転停止に対応できる。

本実施形態においては、第３の流量制御器１０および第４の流量制御器１１によって、第１の導出配管Ｌ８内のキセノンの流量V_{O1}および第２の導出配管Ｌ９内の窒素の流量V_{O2}を調節して制御できる。そのため、希ガス使用設備２０の運転停止にあわせて、キセノンの流量V_{O1}および窒素の流量V_{O2}をいずれも０とすれば、希ガス使用設備２０が稼働していなくても、第１の導入配管Ｌ６および第２の導入配管Ｌ７をバイパス経路として

ガス分離装置１を稼動できる。
一般のガス分離装置においては、ガス分離装置を停止状態から起動する際に、所定の性能を得て高純度の希ガスを準備するまでの間に、原料ガスの供給による準備期間が必要である。これに対して本実施形態に係るガス分離装置１においては、仮に希ガス使用設備２０が急停止して希ガスを使用しない状態となっても、ガス分離装置１は停止することなく運転をそのまま継続でき、高純度の希ガスを常備できる。そのためガス分離装置１によれば、希ガス使用設備２０の復旧にあわせて、すぐに希ガスの供給を再開できる。その結果、高純度の希ガスを準備するためのガス分離装置１の起動時間が不要となる。
【００５９】
（５）ガス分離装置１は、原料タンク３、第１の分離ガス容器６、第２の分離ガス容器７、第１の導入配管Ｌ６、および第２の導入配管Ｌ７を備えるため、一般のガス分離装置において、停止状態から起動する際に、所定の性能を得て高純度の希ガスを準備するまでの間に必要な原料ガスが不要となり、貴重な希ガスを経済的に利用できる。
原料タンク３、第１の分離ガス容器６、第２の分離ガス容器７、第１の導入配管Ｌ６、および第２の導入配管Ｌ７を備えないガス分離装置の場合、高純度の希ガスを準備するための準備期間の間、所定の分離性能に達するまで原料ガスから分離した希ガスが廃棄されてしまう。
これに対して、本実施形態のガス分離装置１を停止状態から起動する際には、所定の分離性能に達するまで原料ガスから分離した希ガスを第１の導入配管Ｌ６で原料ガス容器３に戻して循環させることができる。そのため、貴重な希ガスを廃棄せずにすみ、経済的な利点がある。加えて、起動操作中の希ガス使用設備２０の排出ガスの供給も不要となる。
【００６０】
第２実施形態
以下、図３を参照して本実施形態に係るガス分離装置およびガス分離方法について説明する。
図３は、本実施形態に係るガス分離装置１００と、希ガスを使用する希ガス使用設備２０とを示す概略図である。
【００６１】
本実施形態のガス分離装置１００と、上記第１実施形態のガス分離装置１とでは、以下の点で相違する。
第１相違点：上記第１実施形態のガス分離装置１は具備しない第３ガス成分除去装置を、本実施形態のガス分離装置１００が具備する点、
第２相違点：上記第１実施形態のガス分離装置１では第１の導入配管Ｌ６および第２の導入配管Ｌ７の第２の端部が原料ガス容器３に接続しているのに対して、本実施形態のガス分離装置１００では第１の供給配管Ｌ１に接続する点で相違する。
【００６２】
これら点について、以下に詳細に説明する。
第１相違点について：
本実施形態のガス分離装置１００では、希ガス使用設備２０からの排出ガスが含有する微量成分である第３ガス成分を、上記第３ガス成分除去装置１０３により除去する。
【００６３】
第３のガス成分は、上記第１のガス成分および上記第２のガス成分以外の成分を意味する。第３ガス成分としては有機化合物が挙げられる。
前記有機化合物としては、希ガス使用設備から排出され原料ガスに混入するものであれば特に限定されないが、鎖式又は環式炭化水素化合物、アルコール、カルボニル化合物、有機フッ素化合物等が挙げられる。
鎖式又は環式炭化水素化合物としては、炭素数１～１５の鎖式又は環式炭化水素化合物、例えばメタン、エタン、プロパン、ｎ－ブタン、ｉ－ブタン、ｎ－ペンタン、ｉ－ペンタン、ネオペンタン、ヘキサン、ヘプタン、オクタン、ノナン、デカン、ウンデカン、ドデカン、トリデカン、テトラデカン、ペンタデカン、シクロプロパン、シクロブタン、シ

クロペンタン、ベンゼン、ナフタレン等が挙げられる。
前記有機フッ素化合物としては、フルオロメタン、ジフルオロメタン、トリフルオロメタン、トリクロロフルオロメタン、クロロフルオロカーボン、テトラフルオロメタン、ジクロロジフルオロメタン、クロロジフルオロメタン、テトラクロロジフルオロエタン、ジクロロフルオロエタン、クロロジフルオロエタン、ジフルオロエタン等のフルオロカーボン系化合物等が挙げられる。
本実施形態においては、第３ガス成分が、鎖式又は環式炭化水素化合物などの炭化水素化合物又は有機フッ素化合物であることが好ましい。
【００６４】
上記第３ガス成分除去装置１０３は、濃度計１３の二次側であり、かつ原料ガス容器３の一次側に位置する第１の供給配管Ｌ１に設けられている。このため、希ガス使用設備２０からの排ガスは、流量計２および濃度計１３を介して、第１の供給配管Ｌ１を流れて、第３ガス成分除去装置１０３に導入される。第３ガス成分除去装置１０３としては、上記第３ガス成分を除去できるものであれば特に限定されないが、例えば吸着除去装置等が挙げられる。第３のガス成分がフ炭化水素化合物又は有機フッ素化合物である場合、第３ガス成分除去装置１０３は、活性炭を用いた吸着除去塔であることが好ましい。
【００６５】
第２相違点について：
第１の分離ガス容器６に貯留された第１ガス成分を、第１の流量制御器８を介して流す第１の導入配管Ｌ６の第２端部は、第１の供給配管Ｌ１に接続されている。より詳しくは、第１の導入配管Ｌ６の第２端部は、濃度計１３と、第３ガス成分除去装置１０３との間に位置する第１の供給配管Ｌ１に接続されている。
第２の分離ガス容器７に貯留された第２ガス成分を、第２の流量制御器９を介して流す第２の導入配管Ｌ７の第２端部は、第１の供給配管Ｌ１に接続されている。より詳しくは、第２の導入配管Ｌ７の第２端部は、濃度計１３と、第３ガス成分除去装置１０３との間に位置する第１の供給配管Ｌ１に接続されている。
本実施形態のガス分離装置１００においては、上記相違点１および相違点２にかかる構成を具備するため、第３ガス成分除去装置１０３により、第３ガス成分が除去された排ガスは、原料ガス容器３に貯留される。
【００６６】
第１の分離ガス容器６に貯留された第１ガス成分は、第１の流量制御器８を介して第１の導入配管Ｌ６を流れ、第１の供給配管Ｌ１を流れる排ガスに合流し、次いで第３ガス成分除去装置１０３に導入される。
第２の分離ガス容器７に貯留された第２ガス成分は、第２の流量制御器９を介して第２の導入配管Ｌ７を流れ、第１の供給配管Ｌ１を流れる排ガスに合流し、次いで第３ガス成分除去装置１０３に導入される。
【００６７】
（作用効果）
本実施形態のガス分離装置１００およびガス分離方法によれば、上記第１実施形態のガス分離装置１およびガス分離方法が有する効果に加え、さらに以下の効果が得られる。
【００６８】
・原料ガス条件（流量、組成）が変化しても、より安定して微量成分である第３のガス成分を除去できる。
希ガスを使用する設備の運転条件によって、原料ガス条件（流量、希ガスの濃度）は変化する。微量成分除去を行う吸着剤（前処理吸着剤、一般的には活性炭など）は、微量成分の他、希ガス（特にキセノン）も強く吸着するため、希ガス濃度の変化（例えば０－１００％の変化）によって、吸着熱により温度上昇または温度低下する。例えば、希ガス濃度が０％から１００％に変化する場合、吸着剤の温度は１００℃以上になることも想定される。吸着剤の吸着性能は温度の影響を強く受けるため、この温度変化は、本来の目的である微量成分の吸着が十分にできなくなるほどの影響を及ぼす。

【００６９】
これに対し、第２実施形態のガス分離装置１００及びガス分離方法によれば、第１の導入ガスの流量V_{R1}および第２の導入ガスの流量V_{R2}を調節したうえで、第１ガス成分は第１の導入配管Ｌ６から、第２ガス成分は第２の導入配管Ｌ７からそれぞれ第１の供給配管Ｌ１に合流するため、希ガス使用設備２０の排出ガスの組成が変動した場合であっても、第３ガス成分除去装置１０３に導入される原料ガス中の第１ガス成分（希ガス）の濃度は変動しないようになっている。
そのため、第３ガス成分除去装置１０３における吸着剤の温度変化が生じ難くなり、吸着性能の変動が小さくなる結果、第３ガス成分除去装置１０３での微量不純物の安定した除去が可能となる。
【００７０】
・第１の供給配管Ｌ１から供給される排出ガスに、一度分離精製した第１ガス成分（希ガス）および第２ガス成分（N_2など）を混合するため、排出ガスに含まれる不純物成分の濃度は、さらに低下する。除去すべき不純物濃度が低下するため、上記第３ガス成分除去装置の吸着剤の能力を保つことができる。
【００７１】
以上、本発明のいくつかの実施形態を説明したが、本発明はかかる特定の実施の形態に限定されない。また、本発明は特許請求の範囲に記載された本発明の要旨の範囲内で、構成の付加、省略、置換及びその他の変更が加えられてよい。
【００７２】
本実施形態では、図１において流量情報取得装置として、流量計２と、濃度計１３（第１ガス成分濃度を測定する第１の濃度計、第２ガス成分濃度を測定する第２の濃度計）とを有する形態例を示したが、この形態例に限定されない。例えば、希ガス使用設備２０が、第１ガス成分の流量V_{F1}及び第２ガス成分の流量V_{F2}をそれぞれ測定可能な装置を備えており、演算装置１２がこれらの情報を電気的に受信する受信機を備えていれば、当該受信機は流量情報取得装置となり得る。また、希ガス使用設備２０が、第１ガス成分の流量V_{F1}または第２ガス成分の流量V_{F2}を測定可能な装置を備えている場合、流量計２と、演算装置１２が有する第１ガス成分の流量V_{F1}または第２ガス成分の流量V_{F2}の情報を電気的に受信する受信機とで、流量情報取得装置を構成できる。
流量計２が、混合ガス中の第１ガス成分流量と、第２ガス成分との測定をそれぞれ求められる場合においては、流量計２のみで流量情報取得装置としてもよい。
【実施例】
【００７３】
以下、実施例によって本発明を具体的に説明するが、本発明は以下の記載によって限定されない。
【００７４】
＜実施例１＞
図１に示すガス分離装置１を構築した。実施例１で使用したガス分離装置１は、図２に示す分離部５を備える。
実施例１で使用したガス分離装置の構成の詳細は下記の通りである。
・圧縮機４：吐出流量が０℃、１気圧の条件下で２６Ｌ／ｍｉｎとなるように設定した。
・第１の吸着塔５３Ａ：内径が１５４ｍｍ、長さが６５０ｍｍの吸着塔であり、内部にＮａ－Ａ型ゼオライト８．８ｋｇを充填した。
・第２の吸着塔５３Ｂ：内径が１０８ｍｍ、長さが６５０ｍｍの吸着塔であり、内部に活性炭２．７ｋｇを充填した。
【００７５】
まず、希ガス使用設備の排出ガスを想定した下記の組成１の混合ガスを用いて、原料ガスから第１のガス成分としてキセノンを、第２のガス成分として窒素をそれぞれ分離した。
・組成１：Ｘｅと、N_2との混合ガス（Ｘｅ濃度：３３体積％、N_2濃度：６７体積％）
・組成１の排出ガスの流量：１．５ＮＬ／ｍｉｎ

【００７６】
ここで、組成１の排出ガスを用いた原料ガスの分離に際しては、第１の導入配管Ｌ６による第１の導入ガス（Ｘｅ）の原料ガスへの導入、および第２の導入配管Ｌ７による第２の導入ガス（$Ｎ_2$）の原料ガスへの導入を行わなかった。また、Ｘｅの希ガス使用設備２０への供給流量$Ｖ_{Ｏ1}$を０．５ＮＬ／ｍｉｎに制御し、
$Ｎ_2$の流量$Ｖ_{Ｏ2}$を１．０ＮＬ／ｍｉｎに制御した。
実施例１の組成１の排出ガスを用いた原料ガスの分離結果を以下に示す。
・第１の導出配管Ｌ８内のＸｅ純度：９９．９９３体積％
・第１の導出配管Ｌ８内の不純物としての$Ｎ_2$濃度：７０体積ｐｐｍ
・第２の導出配管Ｌ９内の$Ｎ_2$純度：９９．９８８体積％
・第２の導出配管Ｌ９内の不純物としてのＸｅ濃度：１２０体積ｐｐｍ
・Ｘｅ回収率：９９．９８％。
【００７７】
次に、希ガス使用設備の排出ガスを想定した混合ガスの組成を組成１から以下の組成２に変化させた。これは、排出ガスの組成の変化を想定して実験したものである。圧縮機の吐出流量、吸着工程、再生工程の切替時間は同じ値とした。
・組成２： Ｘｅと、$Ｎ_2$との混合ガス（Ｘｅ濃度：５０体積％、$Ｎ_2$濃度：５０体積％）
・組成２の排出ガスの流量：１．０ＮＬ／ｍｉｎ
【００７８】
組成２の排出ガスを用いた原料ガスの分離に際しては、第１の導入配管Ｌ６による第１の導入ガス（Ｘｅ）の流量$Ｖ_{Ｒ1}$が０ＮＬ／ｍｉｎとなり、第２の導入配管Ｌ７による第２の導入ガス（$Ｎ_2$）の流量$Ｖ_{Ｒ2}$が０．５ＮＬ／ｍｉｎとなるように、排出ガス中のＸｅ及び$Ｎ_2$の各流量に基づいてそれぞれの流量を制御した。また、Ｘｅの希ガス使用設備２０への供給流量$Ｖ_{Ｏ1}$を０．５ＮＬ／ｍｉｎに制御し、$Ｎ_2$の流量$Ｖ_{Ｏ2}$を０．５ＮＬ／ｍｉｎに制御した。
【００７９】
実施例１において、組成２の排出ガスを用いた原料ガスの分離結果を以下に示す。以下に示すように、原料ガスの組成を組成１から組成２に変更しても、Ｘｅの高純度を維持したまま、Ｘｅ回収率を高くすることができた。
・第１の導出配管Ｌ８内のＸｅ純度：９９．９９３体積％
・第１の導出配管Ｌ８内の不純物としての$Ｎ_2$濃度：７０体積ｐｐｍ
・第２の導出配管Ｌ９内の$Ｎ_2$純度：９９．９８８体積％
・第２の導出配管Ｌ９内の不純物としてのＸｅ濃度：１２０体積ｐｐｍ
・Ｘｅ回収率：９９．９９％
【００８０】
次に、希ガス使用設備の排出ガスを想定した混合ガスの組成を、以下の組成３に変化させた。圧縮機の吐出流量、および吸着工程と、再生工程との切替時間は同じ値とした。
・組成３：Ｘｅと、$Ｎ_2$との混合ガス（Ｘｅ濃度：１体積％、$Ｎ_2$濃度：９９体積％）
・組成３の排出ガスの流量：１．０ＮＬ／ｍｉｎ
【００８１】
組成３の排出ガスを用いた原料ガスの分離に際しては、第１の導入配管Ｌ６による第１の導入ガス（Ｘｅ）の流量$Ｖ_{Ｒ1}$が０．４９ＮＬ／ｍｉｎとなり、第２の導入配管Ｌ７による第２の導入ガス（$Ｎ_2$）の流量$Ｖ_{Ｒ2}$が０．０１ＮＬ／ｍｉｎとなるように、排出ガス中のＸｅ及び$Ｎ_2$の各流量に基づいてそれぞれの流量を制御した。また、Ｘｅの希ガス使用設備２０への供給流量$Ｖ_{Ｏ1}$を０．０１ＮＬ／ｍｉｎに制御し、$Ｎ_2$の流量$Ｖ_{Ｏ2}$を０．９９ＮＬ／ｍｉｎに制御した。
【００８２】
組成３の排出ガスを用いた原料ガスの分離結果を以下に示す。以下に示すように、原料ガスの組成を組成２から組成３に変更しても、Ｘｅの純度、回収率を高く維持することができた。

・第１の導出配管Ｌ８内のＸｅ純度：９９．９９３体積％
・第１の導出配管Ｌ８内の不純物としての$Ｎ_2$濃度：７０体積ｐｐｍ
・第２の導出配管Ｌ９内の$Ｎ_2$純度：９９．９８８体積％
・第２の導出配管Ｌ９内の不純物としてのＸｅ濃度：１２０体積ｐｐｍ
・Ｘｅ回収率：９８．８％
【００８３】
＜比較例１＞
比較例１では、演算装置１２、第１の導入配管Ｌ６、および第２の導入配管Ｌ７を備え付けなかった以外は、実施例１と同様にして分離装置を組み立てた。
実施例１でも使用した希ガス使用設備の排出ガスを想定した下記の組成１の混合ガスを用いて、原料ガスから第１のガス成分としてキセノン（Ｘｅ）を、第２のガス成分として窒素（$Ｎ_2$）をそれぞれ分離した。
比較例１においても組成１の排出ガスの分離に際し、Ｘｅの希ガス使用設備２０への供給流量$Ｖ_{Ｏ1}$を０．５ＮＬ／ｍｉｎに制御し、$Ｎ_2$の流量$Ｖ_{Ｏ2}$を１．０ＮＬ／ｍｉｎに制御した。
・組成１：Ｘｅと、$Ｎ_2$との混合ガス（Ｘｅ濃度：３３体積％、$Ｎ_2$濃度：６７体積％）
・組成１の原料ガスの流量：１．５ＮＬ／ｍｉｎ
【００８４】
比較例１の組成１の排出ガスを用いた原料ガスの分離結果を以下に示す。比較例１における組成１の排出ガスを用いた原料ガスの分離結果は、第１の導入ガス（Ｘｅ）、第２の導入ガス（$Ｎ_2$）を原料ガスに導入しなかった実施例１における組成１の原料ガスの分離結果と一致した。
・第１の導出配管Ｌ８内のＸｅ純度：９９．９９３体積％
・第１の導出配管Ｌ８内の不純物としての$Ｎ_2$濃度：７０体積ｐｐｍ
・第２の導出配管Ｌ９内の$Ｎ_2$純度：９９．９８８体積％
・第２の導出配管Ｌ９内の不純物としてのＸｅ濃度：１２０体積ｐｐｍ
・Ｘｅ回収率：９９．９８％
【００８５】
次に、実施例１でも使用した希ガス使用設備の排出ガスを想定した下記の組成２の混合ガスを用いて、原料ガスから第１のガス成分としてキセノン（Ｘｅ）を、第２のガス成分として窒素（$Ｎ_2$）をそれぞれ分離した。比較例１においても組成２の排出ガスの分離に際し、Ｘｅの希ガス使用設備２０への供給流量$Ｖ_{Ｏ1}$を０．５ＮＬ／ｍｉｎに制御し、$Ｎ_2$の流量$Ｖ_{Ｏ2}$を０．５ＮＬ／ｍｉｎに制御した。圧縮機の吐出流量、および吸着工程と、再生工程との切替時間は同じ値とした。
・組成２： Ｘｅと、$Ｎ_2$との混合ガス（Ｘｅ濃度：５０体積％、$Ｎ_2$濃度：５０体積％）
・組成２の原料ガスの流量：１．０ＮＬ／ｍｉｎ
【００８６】
比較例１の組成２の排出ガスを用いた原料ガスの分離結果を以下に示す。
・第１の導出配管Ｌ８内のＸｅ純度：９９．９９９０体積％
・第１の導出配管Ｌ８内の不純物としての$Ｎ_2$濃度：１０体積ｐｐｍ
・第２の導出配管Ｌ９内の$Ｎ_2$純度：９９．６７７０体積％
・第２の導出配管Ｌ９内の不純物としてのＸｅ濃度：３２３０体積ｐｐｍ
・Ｘｅ回収率：９９．６８％
比較例１において、組成２の排出ガスを用いた原料ガスの分離を継続して行うと、原料タンク３内の原料ガスが不足し、圧縮機４の吐出流量が低下した。その結果、吸着工程における吸着塔の圧力が低下した。
【００８７】
次に、実施例１でも使用した希ガス使用設備の排出ガスを想定した下記の組成３の混合ガスを用いて、原料ガスから第１のガス成分としてキセノン（Ｘｅ）を、第２のガス成分として窒素（$Ｎ_2$）をそれぞれ分離した。比較例１においても組成３の排出ガスの分離に

際し、Ｘｅの希ガス使用設備２０への供給流量V_{O1}を０．０１ＮＬ／ｍｉｎに制御し、N_2の流量V_{O2}を０．９９ＮＬ／ｍｉｎに制御した。
・組成３： ＸｅとＮ$_2$との混合ガス（Ｘｅ濃度：１体積％、Ｎ$_2$濃度：９９体積％）
・組成３の原料ガスの流量：１．０ＮＬ／ｍｉｎ
【００８８】
比較例１の組成３の排出ガスを用いた原料ガスの分離結果を以下に示す。
・第１の導出配管Ｌ８内のＸｅ純度：９９．１４８体積％
・第１の導出配管Ｌ８内の不純物としてのＮ$_2$濃度：８５２０体積ｐｐｍ
・第２の導出配管Ｌ９内のＮ$_2$純度：９９．６７７０体積％
・第２の導出配管Ｌ９内の不純物としてのＸｅ濃度：１００体積ｐｐｍ
・Ｘｅ回収率：９９．０１％
ここで、比較例１の組成２と同様、原料ガスの分離を継続して行うと、原料タンク３内の原料ガスが不足し、圧縮機４の吐出流量が低下した。その結果、吸着工程における吸着塔の圧力が低下した。
【００８９】
比較例１では、排出ガスの組成が組成１、組成２、そして組成３に順次変化するにしたがって、Ｘｅの回収率が低下した。また、第１の導出配管Ｌ８内のＸｅの純度も変動しており、排出ガスのガス成分の組成変化により分離性能が安定しなかった。
【００９０】
＜実施例２＞
図３に示すガス分離装置１００を構築した。実施例２で使用したガス分離装置１は、図２に示す分離部５を備える。
実施例２で使用したガス分離装置の構成は下記の通りである。
・圧縮機４：吐出流量が０℃、１気圧の条件下で２６Ｌ／ｍｉｎとなるように設定した。
・第１の吸着塔５３Ａ：内径が１０８ｍｍ、長さが６５０ｍｍの吸着塔であり、内部に活性炭２．７ｋｇを充填した。
・第２の吸着塔５３Ｂ：内径が１５４ｍｍ、長さが６５０ｍｍの吸着塔であり、内部にＮａ－Ａ型ゼオライト８．８ｋｇを充填した。
・第３ガス成分除去装置１０３：活性炭を用いた吸着除去塔
【００９１】
まず、希ガス使用設備の排出ガスを想定した下記の組成４の混合ガスを用いて、原料ガスから第１のガス成分としてキセノンを、第２のガス成分として窒素を、第３のガス成分としてｎ－ブタン（ｎ－C_4H_{10}）をそれぞれ分離した。
・組成４：Ｘｅと、Ｎ$_2$と、ｎ－ブタン（ｎ－C_4H_{10}）との混合ガス（Ｘｅ濃度：１体積％、Ｎ$_2$濃度：９９体積％、ｎ－ブタン（ｎ－C_4H_{10}）：１００体積ｐｐｍ）
・組成４の排出ガスの流量：１．０ＮＬ／ｍｉｎ
【００９２】
ここで、組成４の排出ガスを用いた原料ガスの分離に際しては、第１の導入配管Ｌ６による第１の導入ガス（Ｘｅ）の流量V_{R1}が０．４９ＮＬ／ｍｉｎとなり、第２の導入配管Ｌ７による第２の導入ガス（Ｎ$_2$）の流量V_{R2}が０．０１ＮＬ／ｍｉｎとなるように、排出ガス中のＸｅ及びＮ$_2$の各流量に基づいてそれぞれの流量を制御した。また、Ｘｅの希ガス使用設備２０への供給流量V_{O1}を０．０１ＮＬ／ｍｉｎに制御し、Ｎ$_2$の流量V_{O2}を０．９９ＮＬ／ｍｉｎに制御した。
実施例２の組成４の排出ガスを用いた原料ガスの分離結果を以下に示す。
・第１の導出配管Ｌ８内のＸｅ純度：９９．９９３％
・第１の導出配管Ｌ８内の不純物としてのＮ$_2$濃度：７０体積ｐｐｍ
・第１の導出配管Ｌ８内の不純物としてのｎ－ブタン（ｎ－C_4H_{10}）濃度：１体積ｐｐｍ未満
・第２の導出配管Ｌ９内のＮ$_2$純度：９９．９８８体積％
・第２の導出配管Ｌ９内の不純物としてのＸｅ濃度：１２０体積ｐｐｍ

・Ｘｅ回収率：９８．８％
　なお、第３ガス成分除去装置１０３の温度は、２５℃であった。
【００９３】
　次に、希ガス使用設備の排出ガスを想定した混合ガスの組成を組成４から以下の組成５に変化させた。圧縮機の吐出流量、吸着工程、再生工程の切替時間は同じ値とした。
・組成５： Ｘｅと、$Ｎ_2$と、ｎ－ブタン（$ｎ－Ｃ_4Ｈ_{10}$）との混合ガス（Ｘｅ濃度：５０体積％、$Ｎ_2$濃度：５０体積％、ｎ－ブタン（$ｎ－Ｃ_4Ｈ_{10}$）：１００体積ｐｐｍ）
・組成５の排出ガスの流量：１．０ＮＬ／ｍｉｎ
【００９４】
　組成５の排出ガスを用いた原料ガスの分離に際しては、第１の導入配管Ｌ６による第１の導入ガス（Ｘｅ）の流量$Ｖ_{Ｒ1}$が０ＮＬ／ｍｉｎとなり、第２の導入配管Ｌ７による第２の導入ガス（$Ｎ_2$）の流量$Ｖ_{Ｒ2}$が０．５ＮＬ／ｍｉｎとなるように、排出ガス中のＸｅ及び$Ｎ_2$の各流量に基づいてそれぞれの流量を制御した。また、Ｘｅの希ガス使用設備２０への供給流量$Ｖ_{Ｏ1}$を０．５ＮＬ／ｍｉｎに制御し、$Ｎ_2$の流量$Ｖ_{Ｏ2}$を０．５ＮＬ／ｍｉｎに制御した。
【００９５】
　実施例２において、組成５の排出ガスを用いた原料ガスの分離結果を以下に示す。以下に示すように、原料ガスの組成を組成４から組成５に変更しても、Ｘｅの高純度を維持したまま、Ｘｅ回収率を高くすることができた。
・第１の導出配管Ｌ８内のＸｅ純度：９９．９９３体積％
・第１の導出配管Ｌ８内の不純物としての$Ｎ_2$濃度：７０体積ｐｐｍ
・第１の導出配管Ｌ８内の不純物としてのｎ－ブタン（$ｎ－Ｃ_4Ｈ_{10}$）：１体積ｐｐｍ未満
・第２の導出配管Ｌ９内の$Ｎ_2$純度：９９．９８８体積％
・第２の導出配管Ｌ９内の不純物としてのＸｅ濃度：１２０体積ｐｐｍ
・Ｘｅ回収率：９９．９９％
　なお、第３ガス成分除去装置１０３の温度は、２５℃であった。
【００９６】
＜比較例２＞
　比較例２では、演算装置１２、第１の導入配管Ｌ６、第２の導入配管Ｌ７を備え付けなかった以外は、実施例２と同様にして分離装置を組み立てた。
　実施例２でも使用した希ガス使用設備の排出ガスを想定した下記組成５の混合ガスを用いて、原料ガスから第１のガス成分としてキセノン（Ｘｅ）を、第２のガス成分として窒素（$Ｎ_2$）を、第３のガス成分としてｎ－ブタン（$ｎ－Ｃ_4Ｈ_{10}$）をそれぞれ分離した。
　比較例２においても組成５の排出ガスの分離に際し、Ｘｅの希ガス使用設備２０への供給流量$Ｖ_{Ｏ1}$を０．５ＮＬ／ｍｉｎに制御し、$Ｎ_2$の流量$Ｖ_{Ｏ2}$を０．５ＮＬ／ｍｉｎに制御した。
・組成５： Ｘｅと、$Ｎ_2$と、ｎ－ブタン（$ｎ－Ｃ_4Ｈ_{10}$）との混合ガス（Ｘｅ濃度：５０体積％、$Ｎ_2$濃度：５０体積％、ｎ－ブタン（$ｎ－Ｃ_4Ｈ_{10}$）：１００体積ｐｐｍ）
・組成５の排出ガスの流量：１．０ＮＬ／ｍｉｎ
【００９７】
　比較例２の組成５の排出ガスを用いた原料ガスの分離結果を以下に示す。
・第１の導出配管Ｌ８内のＸｅ純度：９９．９９９０体積％
・第１の導出配管Ｌ８内の不純物としての$Ｎ_2$濃度：１０体積ｐｐｍ
・第１の導出配管Ｌ８内の不純物としてのｎ－ブタン（$ｎ－Ｃ_4Ｈ_{10}$）濃度：３．５体積ｐｐｍ
・第２の導出配管Ｌ９内の不純物としてのＸｅ濃度：３２３０体積ｐｐｍ
・第２の導出配管Ｌ９内の$Ｎ_2$純度：９９．６７７０体積％
・Ｘｅ回収率：９９．６８％
　なお、第３ガス成分除去装置１０３の温度は、６７℃であった。

比較例２においては、第３ガス成分除去装置１０３の温度が高くなってｎ－ブタン（ｎ－C_4H_{10}）の除去は困難であり、ｎ－ブタン（ｎ－C_4H_{10}）濃度は高かった。

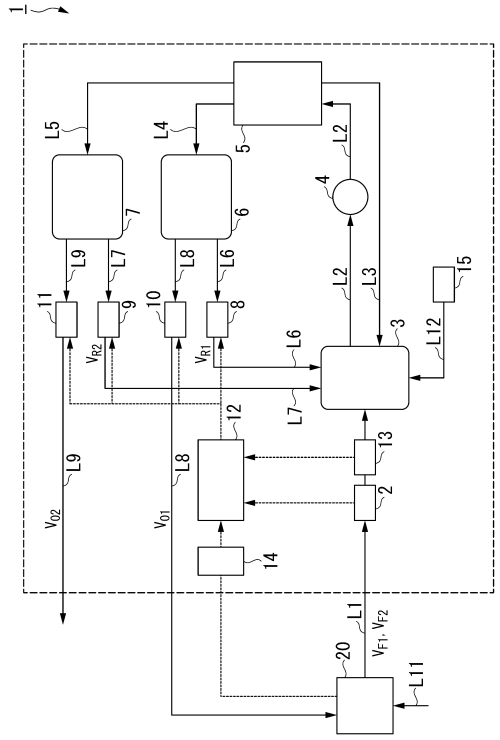
【符号の説明】

【００９８】

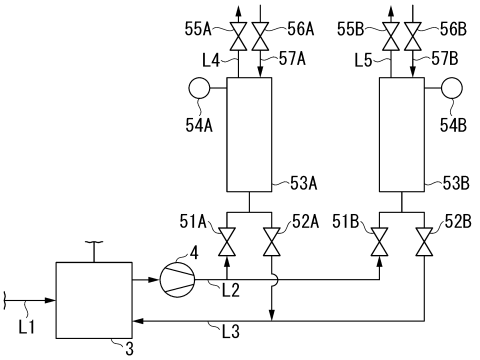
１、１００…ガス分離装置、２…流量計、３…原料ガス容器、４…圧縮機、５…分離部、６…第１の分離ガス容器、７…第２の分離ガス容器、８…第１の流量制御器、９…第２の流量制御器、１０…第３の流量制御器、１１…第４の流量制御器、１２…演算装置、１３…濃度計、１４…受信機、１５…第１のガス成分の供給源、２０…ガス使用設備、５１Ａ、５１Ｂ…供給弁、５２Ａ、５２Ｂ…排圧弁、５３Ａ、５３Ｂ…吸着塔、５４Ａ、５４Ｂ…圧力計、５５Ａ、５５Ｂ…分離弁、５６Ａ、５６Ｂ…再生弁、５７Ａ、５７Ｂ…再生配管、Ｌ１…第１の供給配管、Ｌ２…第２の供給配管、Ｌ３…還流配管、Ｌ４…第１の分離配管、Ｌ５…第２の分離配管、Ｌ６…第１の導入配管、Ｌ７…第２の導入配管、Ｌ８…第１の導出配管、Ｌ９…第２の導出配管、Ｌ１１…第３の供給配管、Ｌ１２…補充配管、１０３…第３ガス成分除去装置。

【図面】

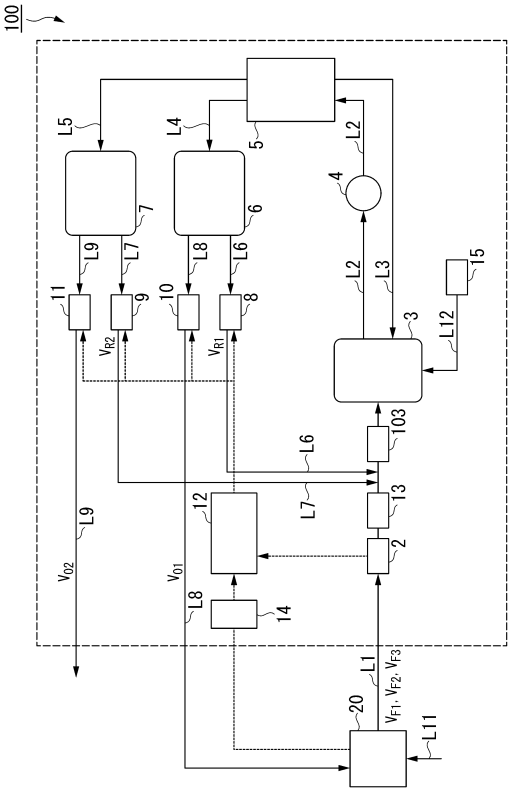
【図１】


1
L5
L4
5
L2
4
7
6
L9
L7
L8
L6
L2
L3
15
11
9
10
8
3
L12
V_{R2}
V_{R1}
L6
L7
12
13
L8
L9
2
V_{02}
V_{01}
14
L1
V_{F1}, V_{F2}
20
L11

【図２】


55A
56A
55B
56B
L4
57A
L5
57B
54A
54B
53A
53B
51A
52A
51B
52B
4
L2
L1
3
L3

【図３】


100
L5
L4
5
L2
4
7
6
L9
L7
L8
L6
L2
L3
15
11
9
10
8
3
L12
V_{R2}
V_{R1}
103
L6
L7
12
13
L9
2
V_{02}
V_{01}
L8
14
L1
V_{F1}, V_{F2}, V_{F3}
20
L11

フロントページの続き

(56)参考文献　国際公開第２００３／０４５５３６（WO，Ａ１）
特開２００３－１６４７２０（ＪＰ，Ａ）
特開２０１０－２４１６８６（ＪＰ，Ａ）
特開２００３－０７１２３１（ＪＰ，Ａ）
特開２００５－１０３４００（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野　(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｂ０１Ｄ　５３／０２－１２
Ｃ０１Ｂ　２３／００
Ｇ２１Ｆ　９／０２