

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5529211号  
(P5529211)

(45) 発行日 平成26年6月25日(2014.6.25)

(24) 登録日 平成26年4月25日(2014.4.25)

(51) Int.Cl.	F 1		
B 0 1 D 53/04	(2006.01)	B 0 1 D	53/04
B 0 1 J 20/06	(2006.01)	B 0 1 J	20/06
B 0 1 J 20/34	(2006.01)	B 0 1 J	20/34
C 0 1 B 13/02	(2006.01)	C 0 1 B	13/02
C 0 1 B 21/04	(2006.01)	C 0 1 B	21/04

請求項の数 6 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2012-137889 (P2012-137889)
(22) 出願日	平成24年6月19日(2012.6.19)
(65) 公開番号	特開2014-532 (P2014-532A)
(43) 公開日	平成26年1月9日(2014.1.9)
審査請求日	平成26年1月16日(2014.1.16)

早期審査対象出願

(73) 特許権者	000220262 東京瓦斯株式会社 東京都港区海岸1丁目5番20号
(73) 特許権者	506233117 吸着技術工業株式会社 長崎県大村市池田2丁目1303番地8
(73) 特許権者	504145342 国立大学法人九州大学 福岡県福岡市東区箱崎六丁目10番1号
(73) 特許権者	312010065 JNCエンジニアリング株式会社 千葉県千葉市中央区富士見2丁目3番1号
(74) 代理人	110000936 特許業務法人青海特許事務所

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ガス分離装置

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

所定の圧力および温度環境下で酸素を吸着する吸着剤を有し、少なくとも一部が、常温よりも高温の雰囲気に曝される吸着塔と、

前記吸着塔に接続され、送風装置から送風される、窒素と酸素とを主成分とする混合ガスを当該吸着塔内に導く第1供給路、および、当該第1供給路よりも小流量の前記混合ガスを前記吸着塔内に導く第2供給路と、

前記吸着塔に接続され、前記第1供給路および第2供給路から導かれた前記混合ガスから、前記吸着剤に吸着された酸素が取り除かれて生成される、窒素を主成分とする分離ガスを、前記吸着塔から排出する分離ガス排出路と、

前記吸着塔から排出される分離ガスと、前記第1供給路から前記吸着塔に導かれる前記混合ガスとの間で熱交換を行う第1熱交換部と、

前記吸着塔内を減圧して前記吸着剤から酸素を脱着させて当該吸着塔から排出する酸素排出部と、

脱着された前記酸素と、前記第2供給路から前記吸着塔に導かれる前記混合ガスとの間で熱交換を行う第2熱交換部と、を備えたことを特徴とするガス分離装置。

## 【請求項 2】

前記第1供給路から前記吸着塔内に導かれる前記混合ガスと、前記第2供給路から前記吸着塔内に導かれる前記混合ガスとの比率は、90:10~60:40の範囲内であることを特徴とする請求項1記載のガス分離装置。

**【請求項 3】**

前記第2熱交換部は、

前記第2供給路から前記吸着塔内に導かれる前記混合ガス、および、前記吸着塔から排出される酸素が通過可能であって、当該混合ガスおよび酸素の熱を保持する蓄熱体で構成されていることを特徴とする請求項1または2に記載のガス分離装置。

**【請求項 4】**

前記第2熱交換部は、前記吸着塔の一端側に設けられており、

前記酸素排出部、および、前記第2供給路は、前記第2熱交換部が設けられた前記吸着塔の一端側に接続され、

前記分離ガス排出路は、前記吸着塔の他端側に接続されていることを特徴とする請求項 10  
1～3のいずれかに記載のガス分離装置。

**【請求項 5】**

前記吸着塔は複数設けられ、

前記第2熱交換部は、

一の吸着塔において脱着された酸素と、前記第2供給路から他の吸着塔に導かれる前記混合ガスとの間で熱交換を行うことを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載のガス分離装置。

**【請求項 6】**

前記吸着剤は、ペロブスカイト型酸化物であることを特徴とする請求項1～5のいずれかに記載のガス分離装置。 20

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、混合ガスから所定のガスを分離するガス分離装置に関する。

**【背景技術】****【0002】**

従来、混合ガスから所定のガスを分離する技術として、圧力スイング吸着 (PSA : Pressure Swing Adsorption) 法が知られている。PSA法は、吸着剤に対するガスの吸着量が、ガスの種類および各物質(ガス)の分圧によって異なることを利用した分離方法である。PSA法では、吸着剤が充填された吸着塔に混合ガスを導入し、混合ガスに含まれる所定のガスを吸着剤に選択的に吸着させる工程(吸着工程)と、所定のガスが吸着した後の吸着剤から所定のガスを脱着させる工程(再生工程)と、において圧力差を付けることで、混合ガスから所定のガスを分離する。 30

**【0003】**

近年、空気から酸素を効率よく分離するPSA法の技術として、ペロブスカイト型酸化物の吸着剤を利用したPSA法が開示されている(例えば、特許文献1)。特許文献1の技術では、上記吸着工程と、再生工程とを250～900といった高温下で行う必要がある。そのため、吸着剤(吸着塔)を所定の温度まで加熱したり、所定の温度に維持したりしている。また、このように所定の温度に維持された吸着剤の温度低下を防止するために、吸着塔の内部にヒータを備えておき、吸着塔に導入された常温の混合ガスを加熱し、加熱後の混合ガスを吸着剤に接触させている。 40

**【先行技術文献】****【特許文献】****【0004】****【特許文献1】特開2008-12439号公報****【発明の概要】****【発明が解決しようとする課題】****【0005】**

しかし、上述した特許文献1の技術では、ヒータが吸着塔の内部に設けられているため、メンテナンス性に劣る。また、ヒータを稼働させるための電力を要することから、電力 50

消費にかかるランニングコストを低減する技術の開発が希求されている。

【0006】

本発明は、このような課題に鑑み、簡易かつ低成本なガス分離装置を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記課題を解決するために、本発明のガス分離装置は、所定の圧力および温度環境下で酸素を吸着する吸着剤を有し、少なくとも一部が、常温よりも高温の雰囲気に曝される吸着塔と、前記吸着塔に接続され、送風装置から送風される、窒素と酸素とを主成分とする混合ガスを当該吸着塔内に導く第1供給路、および、当該第1供給路よりも小流量の前記混合ガスを前記吸着塔内に導く第2供給路と、前記吸着塔に接続され、前記第1供給路および第2供給路から導かれた前記混合ガスから、前記吸着剤に吸着された酸素が取り除かれて生成される、窒素を主成分とする分離ガスを、前記吸着塔から排出する分離ガス排出路と、前記吸着塔から排出される分離ガスと、前記第1供給路から前記吸着塔に導かれる前記混合ガスとの間で熱交換を行う第1熱交換部と、前記吸着塔内を減圧して前記吸着剤から酸素を脱着させて当該吸着塔から排出する酸素排出部と、脱着された前記酸素と、前記第2供給路から前記吸着塔に導かれる前記混合ガスとの間で熱交換を行う第2熱交換部と、を備えたことを特徴とする。

【0008】

また、本発明の前記第1供給路から前記吸着塔内に導かれる前記混合ガスと、前記第2供給路から前記吸着塔内に導かれる前記混合ガスとの比率は、90:10~60:40の範囲内であるとしてもよい。

【0009】

また、本発明の前記第2熱交換部は、前記第2供給路から前記吸着塔内に導かれる前記混合ガス、および、前記吸着塔から排出される酸素が通過可能であって、当該混合ガスおよび酸素の熱を保持する蓄熱体で構成されているとしてもよい。

【0010】

また、本発明の前記第2熱交換部は、前記吸着塔の一端側に設けられており、前記酸素排出部、および、前記第2供給路は、前記第2熱交換部が設けられた前記吸着塔の一端側に接続され、前記分離ガス排出路は、前記吸着塔の他端側に接続されているとしてもよい。

【0011】

また、本発明の前記吸着塔は複数設けられ、前記第2熱交換部は、一の吸着塔において脱着された酸素と、前記第2供給路から他の吸着塔に導かれる前記混合ガスとの間で熱交換を行うとしてもよい。

【0012】

また、本発明の前記吸着剤は、ペロブスカイト型酸化物であるとしてもよい。

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、簡易な構成でありながらも、ガスの分離に要するコストを低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】第1の実施形態のガス分離装置を説明するための図である。

【図2】第1の実施形態のガス分離方法の処理の流れを説明するためのフローチャートである。

【図3】第2の実施形態のガス分離装置を説明するための図である

【図4】第2の実施形態のガス分離方法の処理の流れを説明するためのフローチャートである。

【図5】ガス分離方法の各処理におけるバルブの開閉状態を説明するための図である。

10

20

30

40

50

【図6】一方の吸着塔において初期吸着工程を遂行する場合のガスの流れを説明するための図である。

【図7】2つの吸着塔が吸着工程と再生工程とを同時並行して遂行する場合のガスの流れを説明するための図である。

【図8】2つの吸着塔が吸着工程と再生工程とを同時並行して遂行する場合のガスの流れを説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下に添付図面を参照しながら、本発明の好適な実施形態について詳細に説明する。かかる実施形態に示す寸法、材料、その他具体的な数値等は、発明の理解を容易とするための例示にすぎず、特に断る場合を除き、本発明を限定するものではない。なお、本明細書および図面において、実質的に同一の機能、構成を有する要素については、同一の符号を付することにより重複説明を省略し、また本発明に直接関係のない要素は図示を省略する。

10

【0016】

(第1の実施形態：ガス分離装置100)

図1は、第1の実施形態のガス分離装置100を説明するための図である。本実施形態のガス分離装置100は、PSA法を利用したガス分離装置であるが、以下では、窒素と酸素とを主成分とする混合ガスとしての空気から酸素および窒素をそれぞれ分離する構成を例に挙げて説明する。なお、ガス分離装置100は、混合ガスとして、酸素富化空気（通常の空気よりも酸素濃度が高い空気）や、窒素富化空気（通常の空気よりも窒素濃度が高い空気）から酸素および窒素をそれぞれ分離してもよい。

20

【0017】

図1に示すように、本実施形態において、ガス分離装置100は、吸着塔110を備えている。吸着塔110は、円筒形状に構成される。また、吸着塔110のうち、後述する吸着剤120が設けられる部分は、保温庫102に収容されており、保温庫102は、吸着剤120を、250～900の雰囲気（常温より高温の雰囲気）に曝すように保温している。ここで、常温は、例えば、5～30である。また、保温庫102に供給される熱は、電気式加熱、ガス燃焼式加熱、または、ガス分離装置100が設置されるプラント等の排熱を利用してよい。

30

【0018】

吸着剤120（図1中、クロスハッチングで示す）は、吸着塔110内に設けられ（充填され）、所定の圧力および温度環境下で空気に接触すると、空気に含有される酸素を吸着して、窒素を分離する。

【0019】

吸着剤120は、例えば、構造式  $A_{1-x}B_xC_{1-y}D_yO_{3-z}$  で表されるペロブスカイト型酸化物である。ここで、Aはランタノイド元素またはアルカリ土類金属元素であり、Bはランタノイド元素、アルカリ土類金属元素、アルカリ金属元素の群のうちいずれかの元素ドーパントであり、Cはチタン（Ti）、バナジウム（V）、クロム（Cr）、マンガン（Mn）、鉄（Fe）、コバルト（Co）、ニッケル（Ni）、亜鉛（Zn）の群から選択される1または複数の元素であり、Dはチタン（Ti）、バナジウム（V）、クロム（Cr）、マンガン（Mn）、鉄（Fe）、コバルト（Co）、ニッケル（Ni）、銅（Cu）、亜鉛（Zn）の群から選択される1または複数の元素であり、かつ、Cとは異なる元素である。具体的に説明すると、吸着剤120は、例えば、 $La_{1-x}Sr_xCo_{1-y}Fe_yO_{3-z}$  ( $La: Sr: Co: Fe = 1: 9: 9: 1$ ) である。

40

【0020】

ペロブスカイト型酸化物は、所定の温度（例えば、250～900）において、酸素を選択的に吸着する（化学吸着）。したがって、吸着剤120として、ペロブスカイト型酸化物を利用することにより、空気から選択的に酸素を吸着することができる。また、ペロブスカイト型酸化物は、250～900において、圧力を変化させることにより

50

、酸素の吸着および脱着（吸着していた物質が界面から離れること）を容易に行うことが可能となる。

【0021】

送風装置130は、プロワで構成され、吸着塔110に接続された第1供給路132、および、第2供給路136に空気を送風する。第1供給路132には、バルブ134、190が設けられており、第2供給路136にはバルブ138が設けられている。なお、バルブ134、138は、流量調整弁で構成されており、送風装置130から送風された空気は、分割されて第1供給路132、第2供給路136へ送出され、第2供給路136は、第1供給路132よりも小流量の空気を吸着塔110内へ導く。バルブ190は、開閉弁で構成されている。

10

【0022】

また、第1供給路132から吸着塔110内に導かれる空気と、第2供給路136から吸着塔110内へ導かれる空気との比率が、90:10~60:40の範囲内となるように、バルブ134、138の開度が制御される。本実施形態では、第1供給路132から吸着塔110内に導かれる空気と、第2供給路136から吸着塔110内へ導かれる空気との比率が80:20である場合について説明する。

【0023】

分離ガス排出路140は、吸着塔110に接続され、第1供給路132および第2供給路136から吸着塔110に導かれた空気から、吸着剤120に吸着された酸素が取り除かれて生成される窒素を主成分とする分離ガスを、吸着塔110から排出する。具体的に説明すると、分離ガス排出路140は、バルブ142、後述する第1熱交換部150を通じて、吸着塔110から分離ガスを排出する。そして、分離ガス排出路140によって排出された分離ガスは、窒素タンク146へ送出される。窒素タンク146に貯留された分離ガスは、後段のプロセスに順次送出されることとなる。

20

【0024】

第1熱交換部150は、吸着塔110から排出される分離ガスと、第1供給路132から吸着塔110に導かれる空気との間で熱交換を行う。

【0025】

このように、第1熱交換部150が、高温の分離ガスと常温の空気とで熱交換を行うことにより、吸着塔110内に供給される空気を加熱（予熱）することができる。これにより、吸着塔110内にヒータを設けずとも、供給する空気を加熱することができる。また、高温の分離ガスを冷却することができるため、後段のプロセスにおいて、冷却処理を施す必要がなくなる。つまり、従来廃棄していた、分離ガスが有する熱を利用して、空気を加熱することができるため、低コストで空気を加熱することが可能となる。

30

【0026】

また、供給する空気を加熱する第1熱交換部150を吸着塔110の外部に設ける構成であるため、メンテナンス性を向上することが可能となる。

【0027】

また、空気中の窒素と酸素の含有比率は、約80:20である。つまり、分離ガスは、吸着塔110に供給した空気の80%の容量となる。したがって、吸着塔110に供給する空気量を80:20に分割して、熱交換する流体の流量を実質的に等しくすることで、第1熱交換部150において80%の空気と、分離ガス（80%の窒素）との間で、効率よく熱交換を行うことが可能となる。

40

【0028】

酸素排出部160は、例えば、真空ポンプで構成され、吸着塔110内を減圧して吸着剤120に吸着した酸素を吸着剤120から脱着させて当該吸着塔110から排出する。具体的に説明すると、酸素排出部160は、排出管162、バルブ164を通じて、吸着塔110から酸素を排出する。そして、酸素排出部160によって排出された酸素は、酸素タンク166へ送出される。酸素タンク166に貯留された酸素は、後段のプロセスに順次送出されることとなる。

50

## 【0029】

第2熱交換部170は、吸着剤120から脱着された酸素と、第2供給路136から吸着塔110に導かれる空気との間で熱交換を行う。本実施形態において、第2熱交換部170は、吸着塔110の一端側に設けられており、酸素排出部160、および、第2供給路136は、第2熱交換部170が設けられた吸着塔110の一端側に接続され、分離ガス排出路140は、吸着塔110の他端側に接続されている。

## 【0030】

また、本実施形態において、第2熱交換部170は、第2供給路136から吸着塔110内に導かれる空気、および、吸着塔110において吸着剤120から脱着された酸素が通過可能であって、空気と酸素の熱を保持する蓄熱体で構成されている。

10

## 【0031】

詳しくは後述するが、第2熱交換部170を蓄熱体で構成することで、再生工程において、脱着された高温の酸素が有する熱を保持できるので、再生工程で保持した熱を吸着工程で空気对付与することができる。

## 【0032】

第2熱交換部170が蓄熱体で構成される場合、第2熱交換部170は、流体が通過する際の圧損が少なく、かつ、蓄熱量が大きいものを使用するとよい。第2熱交換部170は、例えば、ライナー間ピッチ2mm程度、平板厚さ0.5mm程度のステンレス製蓄熱材ハニカムを挙げることができる。

## 【0033】

また、第2熱交換部170は、吸着剤120と同一の部材で構成されていてもよい。かかる構成により、第2熱交換部170においても酸素と窒素を分離することが可能となる。

20

## 【0034】

さらに、第2熱交換部170は、所定の圧力および吸着剤120よりも常温に近い温度環境下で空気に接触すると、酸素を吸着して、窒素を分離する物質（例えば、活性炭（M S C）や、低温で作動する複合酸化物等の吸着剤）で構成されてもよい。これにより、第2熱交換部170において、より効率的に酸素と窒素を分離することが可能となる。

## 【0035】

なお、本実施形態において第1供給路132から吸着塔110内に導かれる空気は、第2熱交換部170を通過せず、吸着剤120に直接導かれる。すなわち、第2熱交換部170において高温の酸素によって保持された熱は第2供給路136から吸着塔110内に導かれる空気のみ付与される。

30

## 【0036】

補助ヒータ182は、第2供給路136に設けられており、初期稼働時等に、第2供給路136から吸着塔110内に導かれる空気を補助的に加熱する。補助ヒータ184は、第1供給路132に設けられており、初期稼働時等に、第1供給路132から吸着塔110内に導かれる空気を補助的に加熱する。

## 【0037】

## (ガス分離方法)

40

続いて、ガス分離装置100を用いたガス分離方法について説明する。図2は、ガス分離方法の処理の流れを説明するためのフローチャートである。なお、ここでは、第1供給路132における第1熱交換部150の入口側の温度をT1、出口側の温度をT2、分離ガス排出路140における第1熱交換部150の入口側の温度をT3、出口側の温度をT4、第2熱交換部170における第2供給路136からの空気の入口側の温度をT5、出口側の温度をT6とする。

## 【0038】

図2に示すように、ガス分離装置100を用いてガス分離を行う際には、まず、初期吸着工程S210、初期再生工程S220を行い、その後、吸着工程S230、再生工程S240を繰り返す。

50

## 【0039】

また、初期状態において、バルブ142、164、190は閉状態としている。

## 【0040】

(初期吸着工程：ステップS210)

不図示の制御手段は、吸着塔110における吸着剤120が配される部分を例えれば、600の雰囲気に曝しておく。また、補助ヒータ182、184を稼働させておく。

## 【0041】

次に、制御手段は、送風装置130を駆動し、バルブ142、190を開状態とするとともに、送風装置130から送風される空気のうち、80%が第1供給路132に導かれ、20%が第2供給路136に導かれるように、バルブ134、138を開状態に制御する。

10

## 【0042】

そうすると、送風装置130から送風された空気のうち、80%は第1供給路132、第1熱交換部150を通って吸着塔110内に、20%は第2供給路136、第2熱交換部170を通って吸着塔110内に導かれる。このとき、第1供給路132を流通する空気は、補助ヒータ184で加熱されて吸着塔110に導かれ、第2供給路136を流通する空気は、補助ヒータ182で加熱されて吸着塔110に導かれる。

## 【0043】

そして、吸着塔110に導かれた空気は、吸着剤120において酸素が吸着され、窒素を主成分とする分離ガスが分離ガス排出路140へ導かれることになる。分離ガス排出路140に導かれた分離ガスは、バルブ142、第1熱交換部150を通って、窒素タンク146へ送出される。

20

## 【0044】

このように、送風装置130から空気を送風するとともに、分離ガス排出路140が吸着塔110から分離ガスを排出する初期吸着工程S210を遂行すると、第1熱交換部150において、80%の常温の空気と高温の分離ガスとが熱交換を行うことになる。

## 【0045】

そうすると、図1に示すように、第1熱交換部150において、常温(T1)の空気が加熱されて、575(T2)といった高温の空気となり、600(T3)といった高温の分離ガスは、冷却されて50(T4)といった低温の分離ガスとなる。このように、分離ガス排出路140から排出される分離ガスの温度(T3)が600程度になれば、第1熱交換部150における熱交換を通じ、80%に相当する分離ガスによって、吸着塔110に導かれる空気の80%を十分に加熱することができるので、制御手段は、補助ヒータ184の稼働を停止できる。つまり、補助ヒータ184は、初期吸着工程S210、後述する吸着工程S230の開始直後のみ用いれば足りるので、消費エネルギーを低減することができる。

30

## 【0046】

一方、第2供給路136によって導かれる20%の空気は、補助ヒータ182によって加熱されて、吸着塔110に導かれる。

## 【0047】

40

(初期再生工程：ステップS220)

上記の初期吸着工程S210を所定時間行って、吸着剤120に所望量の酸素が吸着したところで、制御手段は、送風装置130および補助ヒータ182の駆動を停止し、バルブ190、142を閉状態とし、バルブ164を開状態とするとともに、酸素排出部160を駆動する。これにより、吸着塔110内が減圧されて吸着剤120に吸着した酸素が吸着剤120から脱着し、当該吸着塔110から酸素が排出される。つまり、高温の酸素は、第2熱交換部170を通って排出されることとなり、常温の第2熱交換部170は、かかる20%に相当する高温(600)の酸素によって加熱されることになる。一方、常温の第2熱交換部170によって高温の酸素を50程度(T5)まで冷却することができる。そして、吸着塔110から排出された酸素は、酸素タンク166に送出されるこ

50

となる。

【0048】

(吸着工程：ステップS230)

続いて、制御手段は、バルブ164を閉状態にし、酸素排出部160の駆動を停止するとともに、送風装置130、補助ヒータ184を駆動し、バルブ190、142を開状態とする。

【0049】

そうすると、送風装置130から送風された空気のうち、80%は第1供給路132、第1熱交換部150を通って、吸着塔110内に、20%は第2供給路136、第2熱交換部170を通って吸着塔110内に導かれる。第1供給路132を流通する空気は、補助ヒータ184で加熱されて吸着塔110に導かれる。

10

【0050】

ただし、吸着塔110から排出された高温の分離ガスが第1熱交換部150に到達すると、第1供給路132を通って吸着塔110に供給される80%の空気と熱交換を行うことができるようになるため、制御手段は、補助ヒータ184の稼働を停止させる。

【0051】

一方、第2供給路136を流通する20%の空気は、上述した初期再生工程S220(前回の再生工程)において、20%の高温の酸素によって加熱された第2熱交換部170で加熱されて、吸着塔110に導かれる。

20

【0052】

そうすると、図1に示すように、第2熱交換部170において、常温の空気が加熱されて、580(T6)といった高温の空気となって吸着塔110内に導かれ、第2熱交換部170は、冷却されて50程度(T5)といった低温となる。このように、本吸着工程S230を行う前に遂行された初期再生工程S220、再生工程S240によって、第2熱交換部170が580程度になるので、第2熱交換部170における熱交換によって、吸着塔110に導かれる空気の20%を十分に加熱することができる。これにより、吸着工程S230においては、補助ヒータ182を稼働する必要がない。換言すれば、補助ヒータ182は、初期吸着工程S210のみ用いれば足りるので、消費エネルギーを低減することができる。

【0053】

30

(再生工程：ステップS240)

次に制御手段は、送風装置130の駆動を停止し、バルブ190、142を閉状態とし、バルブ164を開状態とするとともに、酸素排出部160を駆動する。これにより、吸着塔110内が減圧されて吸着剤120に吸着した酸素が吸着剤120から脱着し、当該吸着塔110から酸素が排出される。このとき、高温の酸素は、第2熱交換部170を通って排出されることとなり、次回行われる吸着工程S230に備えて、低温の第2熱交換部170が、高温(600)の酸素によって加熱されることになる。

【0054】

上述したように、空気中の窒素と酸素の含有比率は、約80:20である。つまり、脱着した酸素は、吸着塔110に供給した空気の20%である。したがって、吸着塔110に供給する空気量を80:20に分割して、熱交換する流体の流量を実質的に等しくすることで、第2熱交換部170において20%の空気と、酸素との間で、効率よく熱交換を行うことが可能となる。

40

【0055】

以上説明したように、本実施形態にかかるガス分離装置100およびこれを用いたガス分離方法によれば、簡易な構成でありながらも、ガスの分離に要するコストを低減することができる。また、第2熱交換部170が蓄熱体で構成されるため、再生工程S240において酸素から得た熱を、吸着工程S230において供給する空気付与することができる。つまり、第2熱交換部170による空気の加熱と、酸素の冷却とに時間差があつてもよい。

50

## 【0056】

(第2の実施形態：ガス分離装置300)

上述した第1の実施形態において、ガス分離装置100の第2熱交換部170は、蓄熱体で構成される場合を例に挙げて説明した。しかし、第2熱交換部を熱交換器で構成することも可能である。第2の実施形態では、第2熱交換部が蓄熱体ではない熱交換器である場合のガス分離装置300について説明する。

## 【0057】

図3は、第2の実施形態にかかるガス分離装置300を説明するための図である。図3に示すように、ガス分離装置300は、2つの保温庫102（図3中102a、102bで示す）と、2つの吸着塔110（図3中110a、110bで示す）と、2つの吸着剤120（図3中120a、120bで示す）と、送風装置130と、2つの第1供給路132（図3中132a、132bで示す）と、2つのバルブ134（図3中134a、134bで示す）と、2つの第2供給路136（図3中136a、136bで示す）と、2つのバルブ138（図3中138a、138bで示す）と、2つの分離ガス排出路140（図3中140a、140bで示す）と、2つのバルブ142（図3中142a、142bで示す）と、2つのバルブ190（図3中、190a、190bで示す）と、窒素タンク146と、2つの第1熱交換部150（図3中150a、150bで示す）と、酸素排出部160と、2つの排出管162（図3中162a、162bで示す）と、2つのバルブ164（図3中164a、164bで示す）と、酸素タンク166と、2つの第2熱交換部370（図3中370a、370bで示す）と、2つの補助ヒータ182（図3中182a、182bで示す）と、2つの補助ヒータ184（図3中184a、184bで示す）と、を含んで構成される。

## 【0058】

なお、上述した第1の実施形態における構成要素として既に述べた保温庫102、吸着塔110、吸着剤120、送風装置130、第1供給路132、バルブ134、第2供給路136、バルブ138、分離ガス排出路140、バルブ142、窒素タンク146、第1熱交換部150、酸素排出部160、排出管162、バルブ164、酸素タンク166、補助ヒータ182、184は、実質的に機能が等しいので重複説明を省略し、ここでは、構成が相違する第2熱交換部370について主に説明する。

## 【0059】

第2熱交換部370は、一方の吸着塔110において脱着された酸素と、第2供給路136から他方の吸着塔110に導かれる空気との間で熱交換を行う。具体的に説明すると、第2熱交換部370aは、吸着塔110bにおいて脱着された酸素と、第2供給路136aから吸着塔110aに導かれる空気との間で熱交換を行い、第2熱交換部370bは、吸着塔110aにおいて脱着された酸素と、第2供給路136bから吸着塔110bに導かれる空気との間で熱交換を行う。

## 【0060】

(ガス分離方法)

続いて、ガス分離装置300を用いたガス分離方法について説明する。図4は、第2の実施形態にかかるガス分離方法の処理の流れを説明するためのフローチャートであり、図5は、ガス分離方法の各処理におけるバルブの開閉状態を説明するための図である。

## 【0061】

図4に示すように、ガス分離装置300を用いてガス分離を行う際には、まず、吸着塔110aにおいて初期吸着工程を行う（ステップS410）。続いて、吸着塔110aにおいて再生工程を行うのと同時に、吸着塔110bにおいて吸着工程を行い（ステップS420）、吸着塔110aにおいて吸着工程を行うのと同時に吸着塔110bにおいて再生工程を行う（ステップS430）。そして、以後、上記のステップS420およびステップS430を繰り返す。つまり、吸着塔110a、110bそれぞれに着目すると、吸着工程と再生工程とが交互に繰り返して行われることとなる。

## 【0062】

10

20

20

30

40

50

また、後述するように、吸着工程では窒素が生成され、再生工程では、酸素が生成される。したがって、吸着塔 110a と吸着塔 110b とが吸着工程と再生工程とを排他的に交互に繰り返すことにより、窒素および酸素の生成を連続的に行うことが可能となる。

【0063】

なお、初期状態において、バルブ 142a、142b、164a、164b、190a、190b は閉状態としている。

【0064】

(ステップ S410)

図 6 は、吸着塔 110a において初期吸着工程を遂行する場合のガスの流れを説明するための図である。不図示の制御手段は、吸着塔 110a を例えば、600 の雰囲気に曝しておく。また、補助ヒータ 182a、184a を稼働させておく。

10

【0065】

次に、制御手段は、送風装置 130 を駆動し、図 5 に示すように、バルブ 142a、190a を開状態とする。また、制御手段は、送風装置 130 から送風される空気のうち、80% が第 1 供給路 132a に導かれ、20% が第 2 供給路 136a に導かれるように、バルブ 134a、138a を開状態に制御する。

【0066】

そうすると、送風装置 130 から送風された空気のうち、80% は第 1 供給路 132a、第 1 熱交換部 150a を通って吸着塔 110a 内に、20% は第 2 供給路 136a、第 2 熱交換部 370a を通って吸着塔 110a 内に導かれる。このとき、第 1 供給路 132a を流通する空気は、補助ヒータ 184a で加熱されて吸着塔 110a に導かれ、第 2 供給路 136a を流通する空気は、補助ヒータ 182a で加熱されて吸着塔 110a に導かれる。

20

【0067】

そして、吸着塔 110a に導かれた空気は、吸着剤 120a において、酸素が吸着され、窒素を主成分とする分離ガスが分離ガス排出路 140a へ導かれることになる。分離ガス排出路 140a に導かれた分離ガスは、第 1 熱交換部 150a、バルブ 142a を通って、窒素タンク 146 へ送出される。

【0068】

このように、送風装置 130 から空気を送風するとともに、吸着塔 110a から分離ガス排出路 140a を介して分離ガスが排出されると、第 1 熱交換部 150a において、80% の常温の空気と高温の分離ガスとが熱交換を行うことになる。そうすると、第 1 熱交換部 150a において、常温の空気が加熱されて、例えば、600 といった高温の空気となり、高温の分離ガスは冷却されて 50 程度の低温の分離ガスとなる。

30

【0069】

分離ガス排出路 140a から排出される分離ガスの温度が 600 程度になれば、第 1 熱交換部 150a における熱交換によって、吸着塔 110a に導かれる空気の 80% を十分に加熱することができるので、制御手段は、補助ヒータ 184a の稼働を停止できる。つまり、補助ヒータ 184a は、初期吸着工程 S410 の開始直後のみ用いれば足りるので、消費エネルギーを低減することができる。

40

【0070】

一方、第 2 供給路 136a によって導かれる 20% の空気は、補助ヒータ 182a によって加熱されて、吸着剤 120 に導かれる。

【0071】

(ステップ S420)

ステップ S420 では、以下に説明する、吸着塔 110a における再生工程 (S420-1) と、吸着塔 110b における吸着工程 (S420-2) とを同時に行う。図 7 は、吸着塔 110a において再生工程を遂行し、吸着塔 110b において吸着工程を遂行する場合のガスの流れを説明するための図である。

【0072】

50

## (ステップ S 4 2 0 - 1 )

まず、吸着塔 110a における再生工程について説明する。制御手段は、初回の再生工程においてのみ、酸素排出部 160 を駆動する。

## 【0073】

そして、上記の初期吸着工程 S 4 1 0 (以降、後述する吸着工程 S 4 3 0 - 2 ) を所定時間行って、吸着剤 120a に所望量の酸素が吸着したところで、制御手段は、バルブ 190a、142a を閉状態とし、バルブ 164a を開状態とし(図 5 参照)、補助ヒータ 182a の駆動を停止する。これにより、吸着塔 110a 内が減圧されて吸着剤 120a に吸着した酸素が吸着剤 120a から脱着し、当該吸着塔 110a から酸素が排出される。

10

## 【0074】

そうすると、高温の酸素は、第 2 熱交換部 370b を通って、酸素タンク 166 に送出されることとなる。

## 【0075】

## (ステップ S 4 2 0 - 2 )

続いて、吸着塔 110b における吸着工程について説明する。制御手段は、このステップ S 4 2 0 - 2 の処理を、上記ステップ S 4 2 0 - 1 と並行して行う。制御手段は、補助ヒータ 184b を駆動し、バルブ 190b、142b を開状態とする(図 5 参照)。また、制御手段は、送風装置 130 から送風される空気のうち、80% が第 1 供給路 132b に導かれ、20% が第 2 供給路 136b に導かれるように、バルブ 134b、138b を開状態に制御する。なお、このとき、制御手段は、吸着塔 110a への空気の供給を停止すべく、バルブ 134a、138a を閉状態に制御する。

20

## 【0076】

そうすると、送風装置 130 から送風された空気のうち、80% は第 1 供給路 132b、第 1 熱交換部 150b を通って、吸着塔 110b 内に、20% は第 2 供給路 136b、第 2 熱交換部 370b を通って吸着塔 110b 内に導かれる。このとき、第 1 供給路 132b を流通する空気は、補助ヒータ 184b で加熱されて吸着塔 110b に導かれる。

## 【0077】

そして、吸着塔 110b に導かれた空気は、吸着剤 120b において、酸素が吸着され、窒素を主成分とする分離ガスが分離ガス排出路 140b へ導かれて、第 1 熱交換部 150b、バルブ 142b を通って、窒素タンク 146 へ送出される。

30

## 【0078】

そうすると、分離ガス排出路 140b から排出される分離ガスの温度が 600 度となり、第 1 熱交換部 150b における熱交換によって、吸着塔 110b に導かれる空気の 80% を十分に加熱することができるので、制御手段は、補助ヒータ 184b の稼働を停止させる。一方、第 2 供給路 136b を流通する空気は、第 2 熱交換部 370b において、上述した再生工程 S 4 2 0 - 1 において脱着された、高温の酸素との間で熱交換によって加熱されて、吸着塔 110b に導かれる。

## 【0079】

そして、第 2 熱交換部 370b において、常温の空気が加熱されて、580 といった高温の空気となり、高温の酸素は、冷却されて 50 度といった低温の酸素となる。このように、吸着塔 110b における吸着工程 S 4 2 0 - 2 と、吸着塔 110a における再生工程 S 4 2 0 - 1 とを同時並行して行うことによって、吸着塔 110b に導かれる空気の 20% を十分に加熱することができ、補助ヒータ 182b を利用する必要はない。

40

## 【0080】

## (ステップ S 4 3 0 )

ステップ S 4 3 0 では、以下に説明する、吸着塔 110b における再生工程 (S 4 3 0 - 1) と、吸着塔 110a における吸着工程 (S 4 3 0 - 2) とを同時に実行する。図 8 は、吸着塔 110b において再生工程を遂行し、吸着塔 110a において吸着工程を遂行する場合のガスの流れを説明するための図である。

50

## 【0081】

(ステップS430-1)

まず、吸着塔110bにおける再生工程について説明する。上記の吸着工程S420-2を所定時間行って、吸着剤120bに所望量の酸素が吸着したところで、制御手段は、バルブ190b、142bを閉状態とし、バルブ164bを開状態とする(図5参照)。これにより、吸着塔110b内が減圧されて吸着剤120bに吸着した酸素が吸着剤120bから脱着し、当該吸着塔110bから第2熱交換部370aを通って酸素タンク166へと排出される。

## 【0082】

(ステップS430-2)

10

続いて、吸着塔110aにおける吸着工程について説明する。制御手段は、このステップS430-2の処理を、上記ステップS430-1と並行して行う。制御手段は、バルブ164aを開状態にし、補助ヒータ184aを駆動し、バルブ190a、142aを開状態とする(図5参照)。

## 【0083】

そうすると、送風装置130から送風された空気のうち、80%は第1供給路132a、第1熱交換部150aを通って吸着塔110a内に、20%は第2供給路136a、第2熱交換部370aを通って吸着塔110a内に導かれる。このとき、第1供給路132aを流通する空気は、補助ヒータ184aで加熱されて吸着塔110aに導かれる。

## 【0084】

20

そして、吸着塔110aに導かれた空気は、吸着剤120aにおいて、酸素が吸着され、窒素を主成分とする分離ガスが分離ガス排出路140aへ導かれて、第1熱交換部150a、バルブ142aを通って、窒素タンク146へ送出される。

## 【0085】

そうすると、分離ガス排出路140aから排出される分離ガスの温度が600程度となり、第1熱交換部150aにおける熱交換によって、吸着塔110aに導かれる空気の80%を十分に加熱することができるので、制御手段は、補助ヒータ184aの稼働を停止させる。

## 【0086】

一方、第2供給路136aを流通する空気は、第2熱交換部370aにおいて、上述した再生工程S430-1で、吸着塔110bで脱着された高温の酸素との間で熱交換によって加熱されて、吸着塔110aに導かれる。

30

## 【0087】

そして、第2熱交換部370aにおいて、常温の空気が加熱されて、580といった高温の空気となり、高温の酸素は、冷却されて50程度といった低温の酸素となる。このように、吸着塔110aにおける吸着工程S430-2と、吸着塔110bにおける再生工程S430-1と同時並行して行うことによって、吸着塔110aに導かれる空気の20%を十分に加熱することができるので、制御手段は、補助ヒータ182aを稼働する必要がない。

## 【0088】

40

以上説明したように、本実施形態にかかるガス分離装置300およびこれを用いたガス分離方法によれば、簡易な構成でありながらも、ガスの分離に要するコストを低減することができる。また、第2熱交換部370を吸着塔110の外に配することができるため、メンテナンス性を向上することができる。

## 【0089】

以上、添付図面を参照しながら本発明の好適な実施形態について説明したが、本発明はかかる実施形態に限定されることは言うまでもない。当業者であれば、特許請求の範囲に記載された範疇内において、各種の変更例または修正例に想到し得ることは明らかであり、それらについても当然に本発明の技術的範囲に属するものと了解される。

## 【0090】

50

例えば、上述した実施形態では、吸着塔110を1つ備えたガス分離装置100、吸着塔110a、110bを2つ備えたガス分離装置300を例に挙げて説明したが、吸着塔の数に限定はなく、3以上であってもよい。

#### 【0091】

また、上述した第2の実施形態では、吸着塔110aにおいて、初期吸着工程S410を行うこととしたため、補助ヒータ182bが不要となるが、吸着塔110bにおいて、初期吸着工程S410を行う場合、補助ヒータ182aが不要となる。

#### 【0092】

なお、補助ヒータ182、184は、吸着塔110、第1熱交換部150、第2熱交換部170、370等における放熱分を補うために稼働させてもよい。また、補助ヒータ182、184は必須の構成ではなく、吸着塔110が曝される温度や制御条件によっては、常温の空気を直接吸着塔110に導くことも可能である。10

#### 【0093】

また、上述した実施形態において、ペロブスカイト型酸化物として、 $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{Co}_{1-y}\text{Fe}_y\text{O}_{3-z}$  ( $\text{La} : \text{Sr} : \text{Co} : \text{Fe} = 1 : 9 : 9 : 1$ )を例に挙げたが、 $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{Co}_{1-y}\text{Fe}_y\text{O}_{3-z}$  ( $\text{La} : \text{Sr} : \text{Co} : \text{Fe} = 1 : 9 : 5 : 5$ )であってもよい。また、異なる原子の組み合わせのペロブスカイト型酸化物として、 $\text{Ba}_1\text{Fe}_y\text{Y}_{1-y}\text{O}_{3-z}$  が挙げられる。

#### 【0094】

また、上述した第1の実施形態において、吸着剤120と第2熱交換部170とが分離して形成される場合を例に挙げて説明した。しかし、吸着剤120と第2熱交換部170とが連続して形成されてもよい。例えば、吸着剤120と第2熱交換部170とが同一の部材で構成されている場合、吸着剤120と第2熱交換部170とが連続して形成されることとなる。20

#### 【0095】

また、上述した実施形態では、第1供給路132から吸着塔110内に導かれる空気と、第2供給路136から吸着塔110内に導かれる空気との比率が80:20である場合について説明したが、所望する酸素の濃度に応じて比率を変えてもよい。

#### 【0096】

また、上述した実施形態では、吸着剤120の一端側に第2熱交換部170を備える構成について説明したが、吸着剤120の両端側に第2熱交換部170を備えてもよい。30

#### 【0097】

また、上述した第2の実施形態では、第2熱交換部370a、370bが熱交換器で構成される場合を例に挙げて説明したが、第1の実施形態と同様に、蓄熱体で構成してもよく、この場合には、所定の吸着塔に供給される空気と、同一の吸着塔から排出される酸素との間で熱交換が可能である。

#### 【産業上の利用可能性】

#### 【0098】

本発明は、混合ガスから所定のガスを分離するガス分離装置に利用することができる。

#### 【符号の説明】

#### 【0099】

- 100、300 …ガス分離装置
- 110 …吸着塔
- 120 …吸着剤
- 130 …送風装置
- 132 …第1供給路
- 136 …第2供給路
- 140 …分離ガス排出路
- 150 …第1熱交換部
- 160 …酸素排出部

10

20

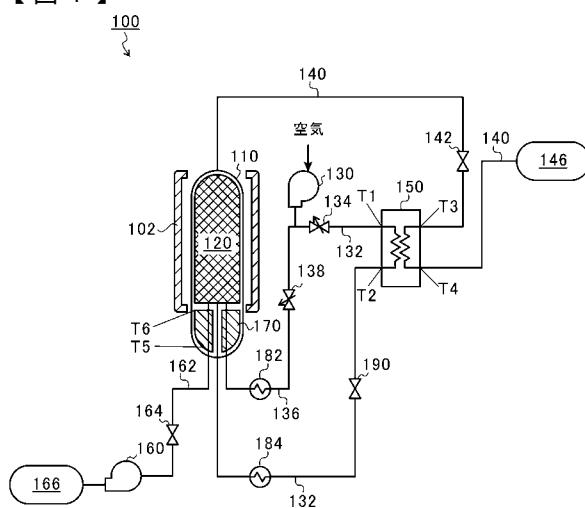
30

40

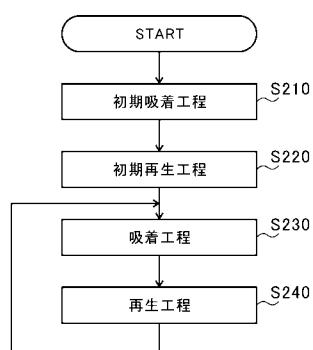
50

1 7 0 、 3 7 0 ... 第 2 热交換部

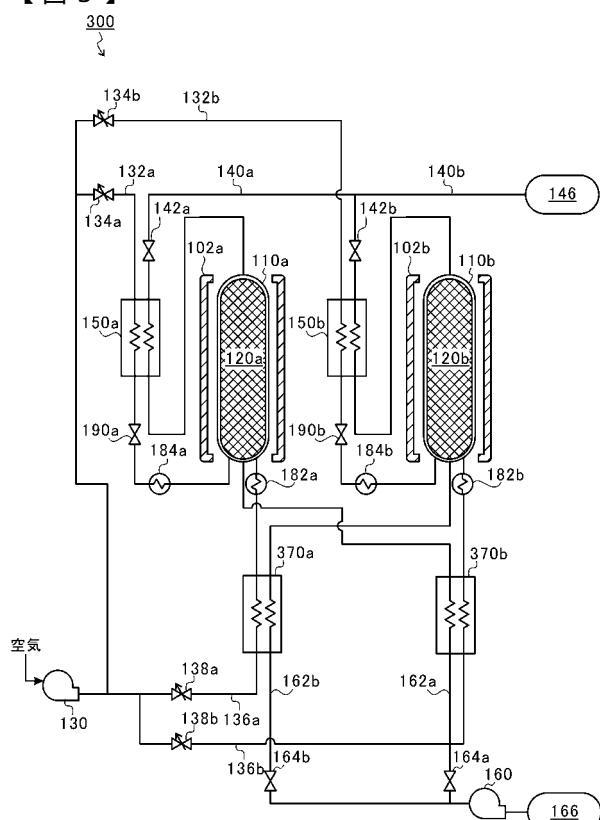
【 四 1 】



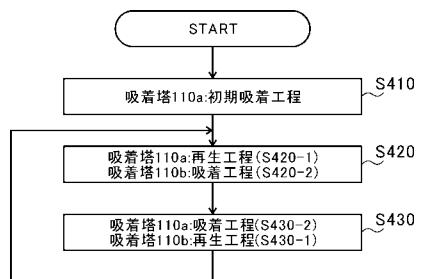
【 図 2 】



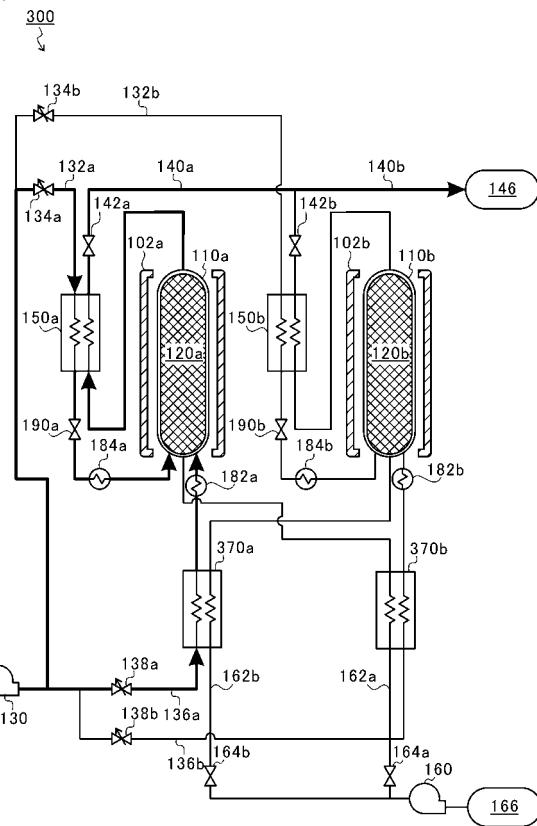
【図3】



【図4】



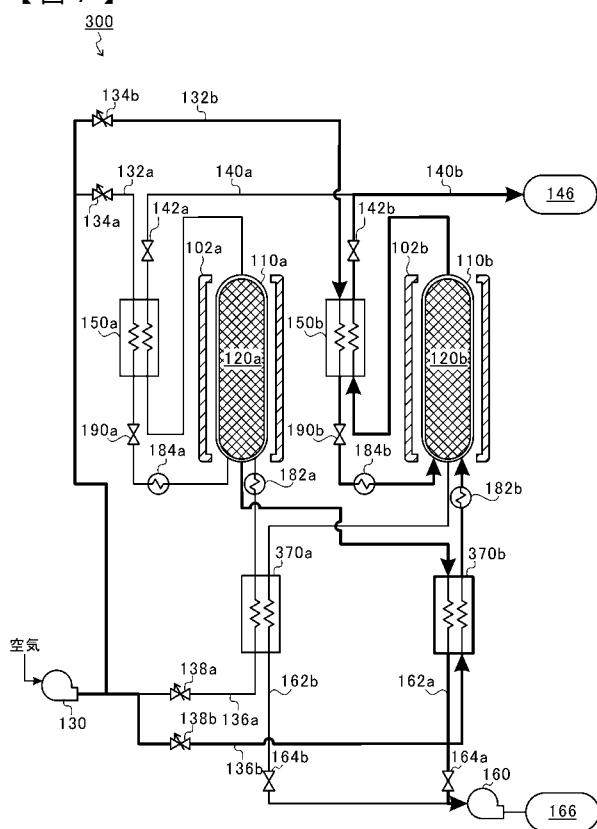
【図6】



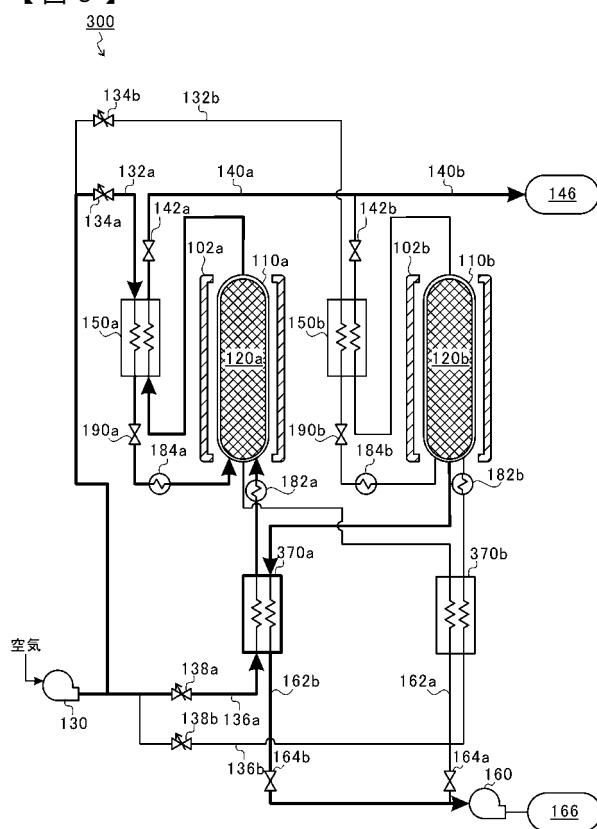
【図5】

	S410	S420	S430
110a	190a(空気) ○	×	○
	142a(分離ガス) ○	×	○
	164a(酸素) ×	○	×
110b	190b(空気) ×	○	×
	142b(分離ガス) ×	○	×
	164b(酸素) ×	×	○

【図7】



【図8】



---

フロントページの続き

(72)発明者 藤峰 智也

東京都港区海岸1丁目5番20号 東京瓦斯株式会社内

(72)発明者 中島 良文

東京都港区海岸1丁目5番20号 東京瓦斯株式会社内

(72)発明者 泉 順

長崎県大村市池田2丁目1303番地8 吸着技術工業株式会社内

(72)発明者 三浦 則雄

福岡県福岡市東区箱崎六丁目10番1号 国立大学法人 九州大学内

(72)発明者 谷内 正

千葉県千葉市中央区富士見2丁目3番1号 JNCエンジニアリング株式会社内

(72)発明者 黒木 学

千葉県千葉市中央区富士見2丁目3番1号 JNCエンジニアリング株式会社内

審査官 小久保 勝伊

(56)参考文献 特開平10-263351(JP, A)

特開平8-257340(JP, A)

特開2010-12367(JP, A)

特開2008-12439(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B01D 53/00-53/96

B01J 20/00-20/34

C01B 13/02, 21/04