

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-155960

(P2017-155960A)

(43) 公開日 平成29年9月7日(2017.9.7)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
<b>F 2 5 J 1/00 (2006.01)</b>	F 2 5 J 1/00	4 D 0 4 7
<b>C O 1 B 32/55 (2017.01)</b>	C O 1 B 31/22	4 G 1 4 6
<b>C O 1 B 32/50 (2017.01)</b>	C O 1 B 31/20	B

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2016-37159 (P2016-37159)  
 (22) 出願日 平成28年2月29日 (2016.2.29)

(71) 出願人 000001258  
 J F E スチール株式会社  
 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号  
 (74) 代理人 110002147  
 特許業務法人酒井国際特許事務所  
 (72) 発明者 藤城 正人  
 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J  
 F E スチール株式会社内  
 Fターム(参考) 4D047 AA07 BA03 CA06 CA09 CA15  
 DA10 DB05 EA00  
 4G146 JA02 JA03 JB09 JC10 JC35  
 JC36 LA01

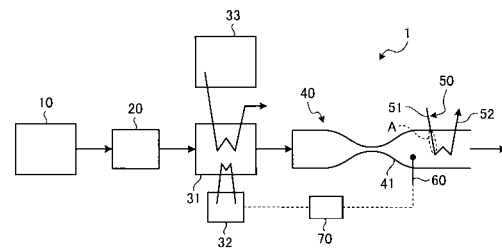
(54) 【発明の名称】 二酸化炭素の分離回収装置および分離回収方法

(57) 【要約】

【課題】CO<sub>2</sub>の分離回収時において、副生ガスを冷却する冷凍機の負荷を最適に制御することができるCO<sub>2</sub>の分離回収装置および分離回収方法を提供すること。

【解決手段】CO<sub>2</sub>の分離回収装置1は、CO<sub>2</sub>を含む副生ガスを、副生ガスの自圧を併用しながら圧縮する圧縮機20と、圧縮機20によって圧縮された副生ガスを冷却する冷却器31と、冷却器31に設けられた冷凍機32と、冷却器31によって冷却された副生ガスを、断熱膨張させる超音速ノズル40と、超音速ノズル40の膨張部41に設けられた、低温流体が流れる冷却管路50と、冷却管路50の外面に蓄積された液体状または固体状のCO<sub>2</sub>を回収する回収手段と、超音速ノズル40によって断熱膨張されて冷却された副生ガスの温度に基づいて、冷凍機32の負荷を制御する制御器70と、を備えている。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

C O<sub>2</sub> を含む副生ガスを、前記副生ガスの自圧を併用しながら圧縮する圧縮機と、  
 前記圧縮機によって圧縮された前記副生ガスを冷却する冷却器と、  
 前記冷却器に設けられた冷凍機と、  
 前記冷却器によって冷却された前記副生ガスを、断熱膨張させる超音速ノズルと、  
 前記超音速ノズルの膨張部に設けられた、低温流体が流れる冷却管路と、  
 前記冷却管路の外面に蓄積された液体状または固体状のC O<sub>2</sub> を回収する回収手段と、  
 前記超音速ノズルによって断熱膨張されて冷却された前記副生ガスの温度に基づいて、  
 前記冷凍機の負荷を制御する制御器と、  
 を備えることを特徴とする二酸化炭素の分離回収装置。

10

## 【請求項 2】

前記冷却器は、前記冷凍機によって供給される第 1 低温流体と、前記第 1 低温流体とは異なる流体からなる第 2 低温流体とに熱交換させることにより前記副生ガスを冷却することを特徴とする請求項 1 に記載の二酸化炭素の分離回収装置。

## 【請求項 3】

前記副生ガスは、製鉄所内で発生するものであり、  
 前記第 1 低温流体は、フロンまたはアンモニアであり、  
 前記第 2 低温流体は、製鉄所内で製造される液体酸素または液体窒素であることを特徴とする請求項 2 に記載の二酸化炭素の分離回収装置。

20

## 【請求項 4】

前記制御器は、前記副生ガスの温度と、C O<sub>2</sub> の相変化温度との偏差が 0 になるように前記冷凍機の負荷を制御することを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれか一項に記載の二酸化炭素の分離回収装置。

## 【請求項 5】

C O<sub>2</sub> を含む副生ガスを、圧縮機によって、前記副生ガスの自圧を併用しながら圧縮する圧縮ステップと、  
 前記圧縮ステップで圧縮された前記副生ガスを、冷却器によって冷却する冷却ステップと、  
 前記冷却ステップで冷却された前記副生ガスを、超音速ノズルによって断熱膨張させる断熱膨張ステップと、  
 前記超音速ノズルの膨張部に設けられた、低温流体が流れる冷却管路の外面に蓄積された液体状または固体状のC O<sub>2</sub> を、回収手段によって回収する回収ステップと、  
 前記超音速ノズルによって断熱膨張されて冷却された前記副生ガスの温度に基づいて、前記冷却器に設けられた冷凍機の負荷を、制御器によって制御する負荷制御ステップと、  
 を含むことを特徴とする二酸化炭素の分離回収方法。

30

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、製鉄所内で発生する副生ガスに含まれる二酸化炭素(C O<sub>2</sub>) の分離回収装置および分離回収方法に関する。

40

## 【背景技術】

## 【0002】

従来、C O<sub>2</sub> を含むガスからC O<sub>2</sub> を分離回収する装置が提案されている。例えば特許文献 1 では、C O<sub>2</sub> を含む被処理ガスを圧縮、冷却、断熱膨張および冷却させることによりC O<sub>2</sub> を分離回収する分離回収装置が提案されている。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0003】

【特許文献 1】特開平 9 - 1 4 8 3 1 号公報

50

**【発明の概要】****【発明が解決しようとする課題】****【0004】**

しかしながら、特許文献1に係る発明は、冷却器に設けられた冷凍機の過冷却によってCO<sub>2</sub>の分離回収に必要な動力が増大したり、あるいは冷凍機の冷却不足によってCO<sub>2</sub>を効率よく分離回収することができない場合があった。

**【0005】**

本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、CO<sub>2</sub>の分離回収時において、副生ガスを冷却する冷凍機の負荷を最適に制御することができるCO<sub>2</sub>の分離回収装置および分離回収方法を提供することを課題とする。

10

**【課題を解決するための手段】****【0006】**

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明に係るCO<sub>2</sub>の分離回収装置は、CO<sub>2</sub>を含む副生ガスを、前記副生ガスの自圧を併用しながら圧縮する圧縮機と、前記圧縮機によって圧縮された前記副生ガスを冷却する冷却器と、前記冷却器に設けられた冷凍機と、前記冷却器によって冷却された前記副生ガスを、断熱膨張させる超音速ノズルと、前記超音速ノズルの膨張部に設けられた、低温流体が流れる冷却管路と、前記冷却管路の外面に蓄積された液体状または固体状のCO<sub>2</sub>を回収する回収手段と、前記超音速ノズルによって断熱膨張されて冷却された前記副生ガスの温度に基づいて、前記冷凍機の負荷を制御する制御器と、を備えることを特徴とする。

20

**【0007】**

また、本発明に係るCO<sub>2</sub>の分離回収装置は、上記発明において、前記冷却器は、前記冷凍機によって供給される第1低温流体と、前記第1低温流体とは異なる流体からなる第2低温流体とに熱交換させることにより前記副生ガスを冷却することを特徴とする。

**【0008】**

また、本発明に係るCO<sub>2</sub>の分離回収装置は、上記発明において、前記副生ガスは、製鉄所内で発生するものであり、前記第1低温流体は、フロンまたはアンモニアであり、前記第2低温流体は、製鉄所内で製造される液体酸素または液体窒素であることを特徴とする。

**【0009】**

また、本発明に係るCO<sub>2</sub>の分離回収装置は、上記発明において、前記制御器は、前記副生ガスの温度と、CO<sub>2</sub>の相変化温度との偏差が0になるように前記冷凍機の負荷を制御することを特徴とする。

30

**【0010】**

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明に係るCO<sub>2</sub>の分離回収方法は、CO<sub>2</sub>を含む副生ガスを、圧縮機によって、前記副生ガスの自圧を併用しながら圧縮する圧縮ステップと、前記圧縮ステップで圧縮された前記副生ガスを、冷却器によって冷却する冷却ステップと、前記冷却ステップで冷却された前記副生ガスを、超音速ノズルによって断熱膨張させる断熱膨張ステップと、前記超音速ノズルの膨張部に設けられた、低温流体が流れる冷却管路の外面に蓄積された液体状または固体状のCO<sub>2</sub>を、回収手段によって回収する回収ステップと、前記超音速ノズルによって断熱膨張されて冷却された前記副生ガスの温度に基づいて、前記冷却器に設けられた冷凍機の負荷を、制御器によって制御する負荷制御ステップと、を含むことを特徴とする。

40

**【発明の効果】****【0011】**

本発明によれば、制御器によって冷凍機の負荷を最適に制御することにより、冷凍機の過冷却や冷却不足等の問題が発生しなくなるため、CO<sub>2</sub>の分離回収に必要な動力を削減することができるとともに、CO<sub>2</sub>を効率よく分離回収することができる。

**【図面の簡単な説明】****【0012】**

50

【図 1】図 1 は、本発明の実施形態に係る  $\text{CO}_2$  の分離回収装置の構成を模式的に示す図である。

【図 2】図 2 は、本発明の実施形態に係る分離回収装置を利用した  $\text{CO}_2$  の分離回収方法を説明するためのフローチャートである。

【図 3】図 3 は、本発明の実施形態に係る分離回収装置を利用した  $\text{CO}_2$  の分離回収方法を行う際の、冷凍機の負荷制御ステップを説明するためのフローチャートである。

【図 4】図 4 は、副生ガスの温度と  $\text{CO}_2$  の相変化温度との関係を示すグラフである。

【図 5】図 5 は、図 4 に示した副生ガスの温度に基づいて制御された冷凍機の回転数を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、本発明の実施形態に係る  $\text{CO}_2$  の分離回収装置および分離回収方法について、図面を参照しながら説明する。なお、本発明は以下の実施形態に限定されるものではない。また、以下の実施形態における構成要素には、当業者が置換可能かつ容易なもの、あるいは実質的に同一のものが含まれる。

【0014】

[分離回収装置]

以下、本実施形態に係る  $\text{CO}_2$  の分離回収装置について、図 1 を参照しながら説明する。分離回収装置は、 $\text{CO}_2$  を含む副生ガスから、 $\text{CO}_2$  を分離回収するものである。分離回収装置 1 は、図 1 に示すように、副生ガス発生源 10 と、圧縮機 20 と、冷却器 31 と、冷凍機 32 と、低温流体貯蔵タンク 33 と、超音速ノズル 40 と、回収手段と、温度検出器 60 と、制御器 70 と、を備えている。なお、分離回収装置 1 は、主に製鉄所内で用いられるものであり、製鉄所内で発生する副生ガスや、製鉄所内で製造される低温流体等を利用して  $\text{CO}_2$  の分離回収を行う。

【0015】

副生ガス発生源 10 は、例えば製鉄所内に設けられた高炉等であり、 $\text{CO}_2$  を含む副生ガス（高炉ガス、BFG）を発生させる。なお、この副生ガス発生源 10 で発生する副生ガスは、例えば 200 kPa 程度の自圧を有している。

【0016】

圧縮機 20 は、副生ガス発生源 10 で発生した副生ガスを圧縮するものである。圧縮機 20 は、具体的には副生ガス発生源 10 から送られてきた  $\text{CO}_2$  を含む副生ガスを、当該副生ガスの自圧を併用しながら、例えば 3 気圧～6 気圧程度まで断熱圧縮する。そのため、本実施形態では、従来（特許文献 1）のように、自圧を有しないガスを圧縮する場合と比較して、圧縮機 20 が圧縮する昇圧量が相対的に小さくなる。

【0017】

冷却器 31 は、圧縮機 20 によって圧縮された副生ガスを冷却するものである。冷却器 31 は、具体的には、圧縮機 20 から送られてきた  $\text{CO}_2$  を含む副生ガスを、冷凍機 32 から供給される第 1 低温流体と、低温流体貯蔵タンク 33 から供給される第 2 低温流体とに、それぞれ熱交換させることにより、例えば -50 ～ -70 程度まで冷却する。なお、冷却器 31 としては、具体的には二重管熱交換器や多管円筒式熱交換器（シェル・アンド・チューブ熱交換器）を用いることができる。

【0018】

冷凍機 32 から供給される第 1 低温流体は、例えばフロンまたはアンモニアである。また、低温流体貯蔵タンク 33 から供給される第 2 低温流体は、第 1 低温流体とは異なる流体であり、例えば液体酸素または液体窒素である。

【0019】

低温流体貯蔵タンク 33 は、製鉄所内に設けられている設備であり、製鉄所内で製造される液体酸素または液体窒素を貯蔵するためのものである。低温流体貯蔵タンク 33 から冷却器 31 に供給された第 2 低温流体は、図 1 に示すように、副生ガスと熱交換を行った後、大気へ放出、または製鉄所内の製鉄プロセスで使用される。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 2 0 】

このように、冷却器 3 1 は、冷凍機 3 2 から供給される第 1 低温流体に加えて、製鉄所内で貯蔵されている液体酸素または液体窒素等の第 2 低温流体の冷排熱を利用して副生ガスの冷却を行う。そのため、本実施形態では、従来（特許文献 1）のように、製鉄所内で貯蔵されている低温流体を利用せずにガスを冷却する場合と比較して、冷却器 3 1 が冷却する冷却量が相対的に小さくなる。

## 【 0 0 2 1 】

超音速ノズル 4 0 は、冷却器 3 1 によって冷却された副生ガスを、断熱膨張させるものである。超音速ノズル 4 0 は、亜音速の気体の流れ（音速以下の流れ）を超音速（音速以上の流れ）に加速するノズルである。超音速ノズル 4 0 は、図 1 に示すように、管の途中にスロートをもつ中細ノズルであり、内部を流れる気体の高速化に伴い、気体の温度を低下させる作用を有する。

10

## 【 0 0 2 2 】

また、超音速ノズル 4 0 の膨張部 4 1 には、図 1 に示すように、低温流体（第 3 低温流体）が流れる冷却管路 5 0 が設けられている。この冷却管路 5 0 の低温流体入口 5 1 からは、例えば - 1 5 0 ~ - 1 9 0 の低温流体（例えばフロンまたはアンモニア）が供給される。そして、冷却管路 5 0 内を流れた低温流体は、超音速ノズル 4 0 によって断熱膨張した副生ガスと熱交換した後、低温流体出口 5 2 から排出される。

## 【 0 0 2 3 】

このような超音速ノズル 4 0 に副生ガスを導入すると、断熱膨張した副生ガスが冷却管路 5 0 を流れる - 1 5 0 ~ - 1 9 0 の低温流体と熱交換して超低温になる。その結果、図 1 の符号 A に示すように、冷却管路 5 0 の外面に液体状または固体状の  $\text{CO}_2$  が蓄積（付着）し、副生ガスから  $\text{CO}_2$  が分離されることになる。なお、 $\text{CO}_2$  は、超音速ノズル 4 0 内における副生ガスの圧力に応じて、液体状または固体状のいずれかの状態で冷却管路 5 0 の外面に蓄積する。

20

## 【 0 0 2 4 】

回収手段は、冷却管路 5 0 の外面に蓄積された液体状または固体状の  $\text{CO}_2$  を回収するものである。回収手段としては、例えばかき取り型のスクレーパ等を用いることができる。

## 【 0 0 2 5 】

温度検出器 6 0 は、超音速ノズル 4 0 内の副生ガスの温度を検出するものである。温度検出器 6 0 は、具体的には、超音速ノズル 4 0 によって膨張されて冷却された副生ガスの温度を検出し、制御器 7 0 に出力する。また、温度検出器 6 0 は、図 1 に示すように、超音速ノズル 4 0 における膨張部 4 1 の終端近傍であって、超音速ノズル 4 0 の直径が一定となる部分に設置される。なお、温度検出器 6 0 の個数は特に限定されず、必要に応じて超音速ノズル 4 0 に複数設置しても構わない。

30

## 【 0 0 2 6 】

制御器 7 0 は、温度検出器 6 0 によって検出された副生ガスの温度に基づいて、冷凍機 3 2 の負荷を制御するものである。なお、制御器 7 0 による具体的な制御内容は後記する（図 3 ~ 図 5 参照）。

40

## 【 0 0 2 7 】

## [ 分離回収方法 ]

以下、分離回収装置 1 を利用した  $\text{CO}_2$  の分離回収方法について、図 2 を参照しながら説明する。 $\text{CO}_2$  の分離回収方法は、圧縮ステップと、冷却ステップと、断熱膨張ステップと、回収ステップと、を行う。

## 【 0 0 2 8 】

圧縮ステップでは、 $\text{CO}_2$  を含む副生ガスを、圧縮機 2 0 によって、副生ガスの自圧を併用しながら圧縮する（ステップ S 1）。続いて、冷却ステップでは、圧縮ステップで圧縮された副生ガスを、冷却器 3 1 によって、第 1 低温流体と、第 2 低温流体とを熱交換させることにより冷却する（ステップ S 2）。

50

## 【 0 0 2 9 】

続いて、断熱膨張ステップでは、冷却ステップで冷却された副生ガスを、超音速ノズル 40 によって断熱膨張させるとともに、冷却管路 50 に供給した第 3 低温流体によって冷却する（ステップ S 3）。続いて、回収ステップでは、超音速ノズル 40 の冷却管路 50 の外面に蓄積された液体状または固体状の  $\text{CO}_2$  を、スクレーパ等の回収手段によって回収する（ステップ S 4）。

## 【 0 0 3 0 】

## [ 負荷制御ステップ ]

ここで、分離回収装置 1 では、前記した分離回収方法の各ステップ（図 2 参照）と平行して、冷凍機 32 の負荷を制御する負荷制御（負荷制御ステップ）を行う。なお、分離回収装置 1 は、この負荷制御ステップを、所定の制御周期で繰り返し実行する。

10

## 【 0 0 3 1 】

負荷制御ステップでは、図 3 に示すように、まず温度検出器 60 によって、超音速ノズル 40 によって膨張されて冷却された副生ガスの温度を検出する（ステップ S 11）。続いて、制御器 70 によって、図 4 に示すように、 $\text{CO}_2$  の相変化温度  $T_e$  [ ]（例えば -78.5）と、温度検出器 60 によって検出された副生ガスの温度  $T_b$  [ ] との偏差を算出する（ステップ S 12）。

## 【 0 0 3 2 】

続いて、制御器 70 によって、図 5 に示すように、ステップ S 12 で算出された  $\text{CO}_2$  の相変化温度  $T_e$  [ ] と副生ガスの温度  $T_b$  [ ] との偏差が 0 となるような冷凍機 32 の必要回転数を算出する（ステップ S 13）。そして最後に、制御器 70 によって、ステップ S 13 で算出された必要回転数に基づいて、冷凍機 32 の負荷を制御する（ステップ S 14）。

20

## 【 0 0 3 3 】

以上のような構成を備える  $\text{CO}_2$  の分離回収装置 1 およびそれを利用した分離回収方法によれば、圧縮機 20 を利用した圧縮ステップにおいて、副生ガスの自圧を併用しながら圧縮することにより、副生ガスの圧縮に必要な昇圧量を減らすことができる。また、冷却器 31 を利用した冷却ステップにおいて、製鉄所内で貯蔵されている液体酸素または液体窒素等の低温流体の冷排熱を利用して副生ガスの冷却を行うことにより、副生ガスの冷却に必要な冷却量を減らすことができる。従って、 $\text{CO}_2$  の分離回収時におけるエネルギーを削減することができる。

30

## 【 0 0 3 4 】

さらに、 $\text{CO}_2$  の分離回収装置 1 およびそれを利用した分離回収方法によれば、制御器 70 によって冷凍機 32 の負荷を最適に制御することにより、冷凍機 32 の過冷却や冷却不足等の問題が発生しなくなるため、 $\text{CO}_2$  の分離回収に必要な動力を削減することができる。従って、 $\text{CO}_2$  を効率よく分離回収することができる。

## 【 0 0 3 5 】

以上、本発明に係る  $\text{CO}_2$  の分離回収装置および分離回収方法について、発明を実施するための形態により具体的に説明したが、本発明の趣旨はこれらの記載に限定されるものではなく、特許請求の範囲の記載に基づいて広く解釈されなければならない。また、これらの記載に基づいて種々変更、改変等したのも本発明の趣旨に含まれることはいうまでもない。

40

## 【 0 0 3 6 】

例えば、前記した分離回収装置 1 が行う負荷制御ステップでは、図 3 に示すように、副生ガスの温度  $T_b$  [ ] と、 $\text{CO}_2$  の相変化温度  $T_e$  [ ] との偏差が 0 になるような冷凍機 32 の必要回転数を算出し、その必要回転数に基づいて冷凍機 32 の負荷を制御していたが、 $\text{CO}_2$  の相変化温度は、例えば気圧等の周囲の環境によって変化する場合がある。従って、このような点を考慮して、分離回収装置 1 は、負荷制御ステップにおいて、副生ガスの温度  $T_b$  [ ] と、 $\text{CO}_2$  の相変化温度  $T_e$  [ ] から所定の余裕値 [ ] を差し引いた温度  $T_e -$  との偏差が 0 になるような冷凍機 32 の必要回転数を算出し、そ

50

の必要回転数に基づいて冷凍機 3 2 の負荷を制御しても構わない。なお、余裕値 は、例えば 1 0 に設定することができ、この場合の「T e - 」は、C O 2 の相変化温度より 1 0 低い温度となる。

【 0 0 3 7 】

また、前記した分離回収装置 1 が行う負荷制御ステップでは、図 3 に示すように、冷凍機 3 2 の回転数制御によって負荷制御を行っていたが、例えば冷凍機 3 2 の電流制御、または冷凍機 3 2 の冷却流体の流量制御によって負荷制御を行っても構わない。この場合、分離回収装置 1 は、負荷制御ステップのステップ S 1 3 において、副生ガスの温度 T b [ ]と、C O 2 の相変化温度 T e [ ]との偏差が 0 になるような冷凍機 3 2 の電流値、または冷却流体の流量を算出する。

10

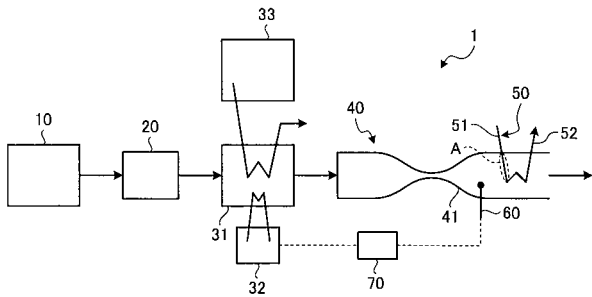
【 符号の説明 】

【 0 0 3 8 】

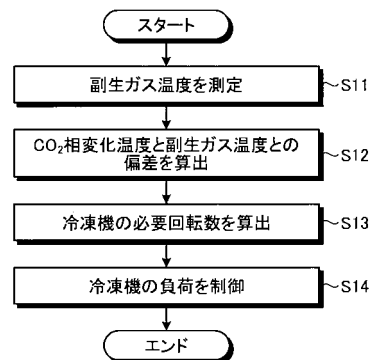
- 1 分離回収装置
- 1 0 副生ガス発生源
- 2 0 圧縮機
- 3 1 冷却器
- 3 2 冷凍機
- 3 3 低温流体貯蔵タンク
- 4 0 超音速ノズル
- 4 1 膨張部
- 5 0 冷却管路
- 5 1 低温流体入口
- 5 2 低温流体出口
- 6 0 温度検出器
- 7 0 制御器

20

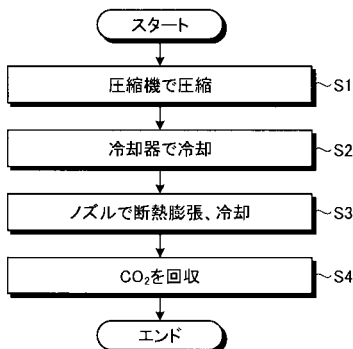
【 図 1 】



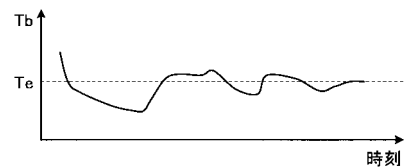
【 図 3 】



【 図 2 】



【 図 4 】



【 図 5 】

