

(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2012-71262  
(P2012-71262A)

(43) 公開日 平成24年4月12日 (2012.4.12)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>B01J 23/92 (2006.01)</b>	B01J 23/92 ZABA	3G091
<b>B01J 38/12 (2006.01)</b>	B01J 38/12 A	4D048
<b>B01D 53/94 (2006.01)</b>	B01D 53/36 1O2E	4G169
<b>B01D 53/96 (2006.01)</b>	FO1N 3/08 B	
<b>FO1N 3/08 (2006.01)</b>		

審査請求 未請求 請求項の数 14 O L (全 27 頁)

(21) 出願番号 特願2010-218676 (P2010-218676)  
(22) 出願日 平成22年9月29日 (2010.9.29)

特許法第30条第1項適用申請有り 平成22年度(第10回)研究発表会講演集 2010年6月21日、独立行政法人海上技術安全研究所発行

(71) 出願人 501204525  
独立行政法人海上技術安全研究所  
東京都三鷹市新川6丁目38番1号

(71) 出願人 595055162  
社団法人日本船用工業会  
東京都港区虎ノ門一丁目15番16号(海洋船舶ビル)

(71) 出願人 503116899  
新潟原動機株式会社  
東京都中央区八重洲二丁目9番7号

(71) 出願人 390033042  
ダイハツディーゼル株式会社  
大阪府大阪市北区大淀中一丁目1番30号

最終頁に続く

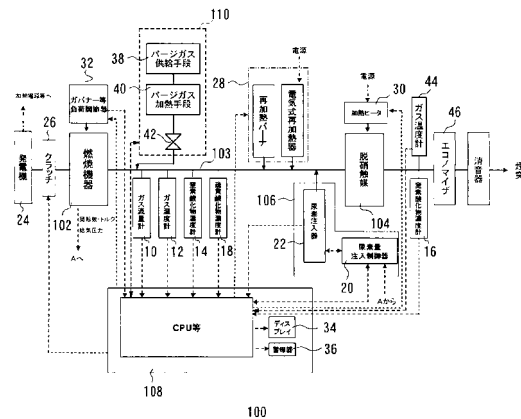
(54) 【発明の名称】 脱硝触媒の劣化再生方法及び劣化再生システム

(57) 【要約】

【課題】脱硝触媒の再生処理をより適切な条件及び再生処理時間で行うことを可能とする。

【解決手段】 燃焼機器102からの排ガスにアンモニア系物質を添加して脱硝触媒104で窒素酸化物の分解を行う排ガス処理において、燃焼機器102の運転停止時にパージガス供給手段38による送風とパージガス加熱手段40による加熱とによって脱硝触媒104の硫酸化物による劣化に対する再生処理を行う際に、送風による脱硝触媒104の再生時のパージガスの流量(空塔速度)と、加熱による脱硝触媒104の再生温度と、脱硝触媒104に対する再生処理時間に基づいて再生処理を制御する。

【選択図】 図4



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

燃焼機器からの排ガスにアンモニア系物質を添加して脱硝触媒で窒素酸化物の分解を行う排ガス処理において、

前記燃焼機器の運転停止時に送風手段による送風と加熱手段による加熱とによって前記脱硝触媒の硫黄酸化物による劣化に対する再生処理を行う際に、前記送風による前記脱硝触媒の再生時空塔速度と、前記加熱による前記脱硝触媒の再生温度と、前記脱硝触媒に対する再生処理時間に基づいて前記再生処理を制御することを特徴とする脱硝触媒の劣化再生方法。

## 【請求項 2】

前記再生温度が高くなるほど前記再生処理時間を短くするように制御することを特徴とする請求項 1 記載の脱硝触媒の劣化再生方法。

## 【請求項 3】

前記再生温度は、300 以上 600 以下の範囲であることを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の脱硝触媒の劣化再生方法。

## 【請求項 4】

前記加熱手段は、60 / h を超える昇温速度で前記脱硝触媒を加熱することを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のうちの 1 項に記載の脱硝触媒の劣化再生方法。

## 【請求項 5】

前記脱硝触媒は、ニオブ (Nb) を含むことを特徴とする請求項 1 から請求項 4 のうちの 1 項に記載の脱硝触媒の劣化再生方法。

## 【請求項 6】

燃焼機器と、  
前記燃焼機器からの排ガスを排出する排ガス経路と、  
前記排ガス経路に設けた脱硝触媒と、  
前記燃焼機器と前記脱硝触媒の間の前記排ガス経路に設けた前記排ガスにアンモニア系物質を添加するアンモニア系物質添加手段と、  
前記脱硝触媒に送風を行う送風手段と、  
前記脱硝触媒を加熱する加熱手段と、  
前記送風による前記脱硝触媒の再生時空塔速度と、前記加熱による前記脱硝触媒の再生温度と、前記脱硝触媒に対する再生処理時間と、に基づいて前記燃焼機器の運転停止時における前記脱硝触媒に対する再生処理を制御する再生制御手段と、  
を備えたことを特徴とする脱硝触媒の劣化再生システム。

## 【請求項 7】

前記再生時空塔速度は、前記燃焼機器の運転時の排ガスによる運転時空塔速度よりも小さいことを特徴とする請求項 6 に記載の脱硝触媒の劣化再生システム。

## 【請求項 8】

前記送風手段は、前記加熱手段の上部に前記脱硝触媒を配置して前記加熱手段による加熱により自然ドラフト力を発生させ送風をおこなうことを特徴とする請求項 6 又は請求項 7 に記載の脱硝触媒の劣化再生システム。

## 【請求項 9】

前記燃焼機器は、ディーゼル機関であることを特徴とする請求項 6 から請求項 8 のうちの 1 項に記載の脱硝触媒の劣化再生システム。

## 【請求項 10】

前記送風手段は、前記ディーゼル機関の始動に用いられる手段又は前記ディーゼル機関に装備された手段であることを特徴とする請求項 9 に記載の脱硝触媒の劣化再生システム。

## 【請求項 11】

前記脱硝触媒は、ニオブ (Nb) を含むことを特徴とする請求項 6 から請求項 10 のうちの 1 項に記載の脱硝触媒の劣化再生システム。

10

20

30

40

50

## 【請求項 1 2】

前記触媒の劣化予測手段をさらに備え、前記劣化予測手段の予測値に基づいて再生処理を実施することを特徴とする請求項 6 から請求項 1 1 のうちの 1 項に記載の脱硝触媒の劣化再生システム。

## 【請求項 1 3】

前記再生制御手段は、前記脱硝触媒の再生処理時間を複数設定可能であることを特徴とする請求項 6 から請求項 1 2 のうちの 1 項に記載の脱硝触媒の劣化再生システム。

## 【請求項 1 4】

前記燃焼機器の運転停止後、1 時間以内に前記脱硝触媒の再生処理を開始することを特徴とする請求項 6 から請求項 1 3 のうちの 1 項に記載の脱硝触媒の劣化再生システム。

10

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、脱硝触媒の劣化再生方法及び劣化再生システムに関する。

## 【背景技術】

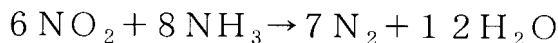
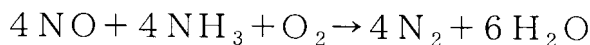
## 【0002】

ディーゼルエンジンやガスタービン等の燃焼機関の排ガス中に含まれる窒素酸化物を除去する脱硝装置が用いられている。脱硝方法として、排ガス通路に設けたチタン・バナジウム系の触媒に還元剤となるアンモニアを供給することによって窒素酸化物( $\text{NO}_x$ )と反応させ、化学式(1)のように、水と窒素に分解するアンモニア選択接触還元法(SCR法)が知られている。また、排ガス通路に尿素を噴射し、化学式(2)のように尿素有分解することによってアンモニアを触媒へ供給する方法が採られている。

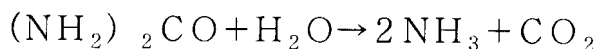
20

## 【0003】

## 【化1】



## 【化2】



30

## 【0004】

このような脱硝装置において、未反応アンモニアによる酸性硫酸析出により生ずる装置の閉塞又は硫酸化物 $\text{SO}_3$ による腐食を防止することが必要とされている。

## 【0005】

例えば、焼却炉停止時に、脱硝反応炉の出口側と入口側のダクトを閉鎖して排ガス流路を遮断し、脱硝触媒に堆積した被毒物質から発生するガス成分を循環系に設けたガス処理装置により分解除去して再生ガスとし、再度350 ~ 550 まで加熱して脱硝反応炉へ再送することにより脱硝触媒を再生する処理が開示されている(特許文献1参照)。

40

## 【0006】

また、脱硝触媒の直前にガス加熱装置付ノズルを設け、アンモニア性還元剤を含む排ガスを250 ~ 500 に加熱し、脱硝触媒を再生する処理が開示されている(特許文献2参照)。

## 【0007】

また、チタン、バナジウム、タングステン及びモリブデン等を含む金属の酸化物の脱硝触媒の再生処理において、再生ガスを加熱して供給する際に脱硝触媒の温度を定常的に測定して制御を行う技術(特許文献3参照)、脱硝触媒の昇温速度を制御する技術(特許文献4, 5参照)及び再生処理時間の制御を行う技術(特許文献5参照)が開示されている。

50

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0008】

【特許文献1】特開2008-73665号公報

【特許文献2】特開2001-113131号公報

【特許文献3】特開2001-310114号公報

【特許文献4】特許第3779889号公報

【特許文献5】特開2008-748号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

10

## 【0009】

ところで、船舶等の動力機関を停止させた状態において排ガスの脱硝触媒の再生を行う劣化再生システムにおいて、より短時間でより最適な再生処理を行うことが望まれている。また、再生処理を好適な時間だけ行うことができる劣化再生システムが望まれている。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0010】

請求項1に対応した脱硝触媒の劣化再生方法は、燃焼機器からの排ガスにアンモニア系物質を添加して脱硝触媒で窒素酸化物の分解を行う排ガス処理において、前記燃焼機器の運転停止時に送風手段による送風と加熱手段による加熱とによって前記脱硝触媒の硫黄酸化物による劣化に対する再生処理を行う際に、前記送風による前記脱硝触媒の再生時空塔速度と、前記加熱による前記脱硝触媒の再生温度と、前記脱硝触媒に対する再生処理時間に基づいて前記再生処理を制御する。これにより、より適切な条件及び再生処理時間で脱硝触媒の再生処理を行うことが可能となる。

20

## 【0011】

請求項2に対応した脱硝触媒の劣化再生方法では、前記再生温度が高くなるほど前記再生処理時間を短くするように制御する。これにより、脱硝触媒の再生処理温度に応じて再生処理時間を適切に制御することができる。

## 【0012】

請求項3に対応した脱硝触媒の劣化再生方法では、前記再生温度を300以上600以下の範囲とする。より好ましくは350以上500以下の範囲とする。これにより、実効的な再生処理時間内において、脱硝触媒の熱劣化を防ぎつつ最適な再生処理を行うことができる。

30

## 【0013】

請求項4に対応した脱硝触媒の劣化再生方法では、前記加熱手段によって60/hを超える昇温速度で脱硝触媒を加熱する。これにより、脱硝触媒の再生処理をより短時間で行うことができる。

## 【0014】

請求項5に対応した脱硝触媒の劣化再生方法では、前記脱硝触媒はニオブ(Nb)を含む。特に、ニオブ(Nb)の含有量は、脱硝触媒104に対して0.001wt%以上10wt%以下とすることが好適である。これにより、より高い耐熱性を発揮させることができ、例えば、300以上600以下の温度範囲で再生処理又は60/hを超える昇温速度で加熱を行っても脱硝触媒の熱劣化を抑制することができる。一方、ニオブ(Nb)の含有量が5wt%を超えると耐熱性の向上効果が飽和し、経済的な不利を招くおそれがある。

40

## 【0015】

請求項6に対応した脱硝触媒の劣化再生システムでは、燃焼機器と、前記燃焼機器からの排ガスを排出する排ガス経路と、前記排ガス経路に設けた脱硝触媒と、前記燃焼機器と前記脱硝触媒の間の前記排ガス経路に設けた前記排ガスにアンモニア系物質を添加するアンモニア系物質添加手段と、前記脱硝触媒に送風を行う送風手段と、前記脱硝触媒を加熱する加熱手段と、前記送風による前記脱硝触媒の再生時空塔速度と、前記加熱による前記

50

脱硝触媒の再生温度と、前記脱硝触媒に対する再生処理時間と、に基づいて前記燃焼機器の運転停止時における前記脱硝触媒に対する再生処理を制御する再生制御手段と、を備える。これにより、より適切な条件及び再生処理時間で脱硝触媒の再生処理を行うことが可能となる。

【0016】

請求項7に対応した脱硝触媒の劣化再生システムでは、前記再生時空塔速度は、前記燃焼機器の運転時の排ガスによる運転時空塔速度よりも小さくする。通常、船舶用ディーゼル機関では燃焼機器の運転時の排ガスの空塔速度は $10000 \sim 25000 \text{ h}^{-1}$ であるが、パージガスとして必要な空塔速度は好適なパージガスの温度の範囲及び実効的な再生処理時間の範囲に対して $1000 \sim 5000 \text{ h}^{-1}$ 程度である。このように、少ないパージガスの流量でも脱硝触媒の再生処理を行うことができる。

10

【0017】

請求項8に対応した脱硝触媒の劣化再生システムでは、前記送風手段は、前記加熱手段の上部に前記脱硝触媒を配置して前記加熱手段による加熱により自然ドラフト力を発生させ送風をおこなう。これにより、コンプレッサやブロワといった装置を用いることなく脱硝触媒へパージガスを送り込むことができ、再生処理における省消費電力化や設備の簡略化を実現することができる。

【0018】

請求項9に対応した脱硝触媒の劣化再生システムでは、前記燃焼機器は、ディーゼル機関である。脱硝触媒の劣化再生システムは、船舶や他の移動体のディーゼル機関に適用することができる。もちろん、ディーゼル機関の燃焼機器、例えば間欠燃焼を行う機器（直噴式のオットー機関等）に適用してもよい。また、船舶以外のゴミ焼却器や火力発電設備等の一般の燃焼機器にも適用が可能である。

20

【0019】

請求項10に対応した脱硝触媒の劣化再生システムでは、前記送風手段は、前記ディーゼル機関の始動に用いられる手段又は前記ディーゼル機関に装備された手段である。例えば、燃焼機関の始動用コンプレッサや補助ブロアをパージガスの送風手段として流用することができる。これにより、従来の排ガスの脱硝システムに既に備わっている設備を用いて、脱硝触媒の再生処理を最適な条件下で行うことができる。

【0020】

請求項11に対応した脱硝触媒の劣化再生システムでは、前記脱硝触媒はニオブ（Nb）を含む。特に、ニオブ（Nb）の含有量は、脱硝触媒104に対して $0.001 \text{ wt} \%$ 以上 $10 \text{ wt} \%$ 以下とすることが好適である。これにより、より高い耐熱性を発揮させることができ、例えば、 $60 \text{ /h}$ を超える昇温速度で加熱を行っても脱硝触媒の熱劣化を抑制することができる。一方、ニオブ（Nb）の含有量が $5 \text{ wt} \%$ を超えると耐熱性の向上効果が飽和し、経済的な不利を招くおそれがある。

30

【0021】

請求項12に対応した脱硝触媒の劣化再生システムでは、前記触媒の劣化予測手段をさらに備え、前記劣化予測手段の予測値に基づいて再生処理を実施する。例えば、脱硝触媒の劣化と密接に関連する硫酸化物の酸化率との関係に基づき、脱硝触媒の劣化をより正確に予測することが可能となる。これにより、脱硝触媒の劣化に対する再生処理を適切なタイミング及び条件で実行することができる。

40

【0022】

請求項13に対応した脱硝触媒の劣化再生システムでは、前記再生制御手段は、前記脱硝触媒の再生処理時間を複数設定可能である。例えば、船舶の運航スケジュールに応じて、1晩を掛けての再生処理と、2時間の急速再生処理と、を選択することを可能とする。

【0023】

請求項14に対応した脱硝触媒の劣化再生システムでは、前記燃焼機器の運転停止後、1時間以内に前記脱硝触媒の再生処理を開始する。脱硝触媒の再生処理を開始は、燃焼機関を停止させてから脱硝触媒の温度が $150$ 以下となる前に行うことが好適であり、具

50

体的には、1時間以内に開始することが好適である。これにより、再生処理を実行する際に脱硝触媒の温度を再度上昇させるための時間を短縮でき、再生処理全体の時間も短縮できる。また、再生処理で消費される電力を低減できる。

【発明の効果】

【0024】

本発明の脱硝触媒の劣化再生方法及び劣化再生システムによれば、より適切な条件及び再生処理時間で脱硝触媒の再生処理を行うことが可能となる。

【0025】

また、再生温度が高くなるほど再生処理時間を短くするように制御することにより、脱硝触媒の再生処理温度に応じて再生処理時間を適切に制御することができる。

10

【0026】

また、再生温度を300以上600以下の範囲とすることにより、実効的な再生処理時間内において、脱硝触媒の熱劣化を防ぎつつ最適な再生処理を行うことができる。

【0027】

また、加熱手段によって60/hを超える昇温速度で脱硝触媒を加熱することにより、脱硝触媒の再生処理をより短時間で行うことができる。特に、脱硝触媒にニオブ(Nb)を含有させることにより、60/hを超える昇温速度で加熱を行っても脱硝触媒の熱劣化を抑制することができる。

【0028】

また、再生時空塔速度は、燃焼機器の運転時の排ガスによる運転時空塔速度よりも小さくすることにより、少ないパージガスの流量でも脱硝触媒の再生処理を行うことができる。

20

【0029】

また、送風手段は、加熱手段の上部に脱硝触媒を配置して加熱手段による加熱により自然ドラフト力を発生させ送風をおこなうことにより、再生処理における省消費電力化や設備の簡略化を実現することができる。

【0030】

また、脱硝触媒の劣化再生システムは、船舶や他の移動体のディーゼル機関に適用することができる。

【0031】

また、送風手段は、ディーゼル機関の始動に用いられる手段又は前記ディーゼル機関に装備された手段とすることにより、従来からディーゼル機関の始動に用いられる手段や従来の排ガスの脱硝システムに既に備わっている設備を用いて脱硝触媒の再生処理を最適な条件下で行うことができる。

30

【0032】

また、触媒の劣化予測手段をさらに備え、劣化予測手段の予測値に基づいて再生処理を実施することにより、脱硝触媒の劣化に対する再生処理を適切なタイミング及び条件で行うことができる。

【0033】

また、再生制御手段は、脱硝触媒の再生処理時間を複数設定可能とすることにより、例えば、船舶の運航スケジュールに応じて、1晩を掛けての再生処理と、2時間の急速再生処理と、を選択できるようにすることができる。

40

【0034】

また、燃焼機器の運転停止後、1時間以内に脱硝触媒の再生処理を開始することにより、再生処理を実行する際に脱硝触媒の温度を再度上昇させるための時間を短縮でき、再生処理全体の時間も短縮できる。また、再生処理で消費される電力を低減できる。

【図面の簡単な説明】

【0035】

【図1】本発明の実施の形態における脱硝システムの主要構成を示す図である。

【図2】窒素酸化物と還元剤との反応系を示す図である。

50

【図 3】硫黄酸化物と還元剤との反応系を示す図である。

【図 4】本発明の実施の形態における脱硝システムの構成を示す図である。

【図 5】本発明の実施の形態における劣化再生処理を示すフローチャートである。

【図 6】脱硝触媒の劣化再生処理におけるパージガス流量と再生処理後の脱硝触媒の活性度の関係を示す図である。

【図 7】本発明の実施の形態における再生処理システムの構成を示す図である。

【図 8】変形例 1 における再生処理システムの構成を示す図である。

【図 9】変形例 2 における再生処理システムの構成を示す図である。

【図 10】変形例 3 における再生処理システムの構成を示す図である。

【図 11】変形例 4 における再生処理システムの構成を示す図である。

10

【図 12】変形例 5 における再生処理システムの構成を示す図である。

【図 13】本発明の実施の形態における劣化予測処理を示すフローチャートである。

【図 14】本発明の実施の形態における劣化予測処理を説明する図である。

【図 15】反応温度と二酸化硫黄の酸化率との関係を示す図である。

【図 16】硫黄析出物の析出量と脱硝触媒の脱硝活性及び / 又は  $\text{SO}_2$  酸化活性の活性度との関係を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0036】

以下、本発明の実施の形態を、図面に従って説明する。図 1 は、本発明の実施の形態における排ガスの脱硝システム 100 の主要構成を示す。脱硝システム 100 は、図 1 に示すように、燃焼機器 102、ガス通路 103、脱硝触媒 104、還元剤供給部 106、制御部 108 及びパージガス供給部 110 を含んで構成される。

20

【0037】

燃焼機器 102 は、内燃機関やガスタービン、例えば船舶用ディーゼル機関等である。脱硝システム 100 は、燃焼機器 102 から排出される排ガスに含まれる窒素酸化物を除去するために用いられる。

【0038】

脱硝触媒 104 は、排ガス中に含まれる窒素酸化物 ( $\text{NO}_x$ ) をアンモニアと反応させて分解するための触媒である。脱硝触媒 104 は、チタン・バナジウム系の金属が用いられる。例えば、バナジウム (V)、モリブデン (Mo) 又はタングステン (W) を活性成分にした酸化チタン  $\text{TiO}_2$  系触媒が使用される。特に、本実施の形態では、脱硝触媒 104 は、ニオブ (Nb) を添加物として含むことが好適である。ニオブ (Nb) の含有量は、脱硝触媒 104 に対して 0.001 wt % 以上 10 wt % 以下とすることが好適である。この範囲の含有量とすることによって、脱硝触媒 104 の耐熱性を向上させることができ、より高温での再生処理及びより速い昇温速度を適用することができる。すなわち、ニオブ (Nb) の添加によって脱硝触媒 104 に含まれるチタニア粒子同士や他の成分の焼結 (シンタリング) が抑制され、脱硝触媒 104 の細孔の微小構造が維持され、耐蝕性、耐熱性、耐衝撃性を高めることができると推考される。特に、ニオブ (Nb) を 0.01 wt % 以上含有させることによって、より高い耐熱性を発揮させることができる。一方、ニオブ (Nb) の含有量が 5 wt % を超えると耐熱性の向上効果が飽和し、経済的な不利を招くおそれがある。

30

40

【0039】

脱硝触媒 104 は、ガス通路 103 内に配置される。脱硝触媒 104 は、その反応面積を広くするために平板や触媒の細管を束ねた構造とすることが好ましい。例えば、八二カム構造とすることが好適である。

【0040】

還元剤供給部 106 は、尿素タンク、ポンプ、尿素バルブ、コンプレッサ、空気バルブ、噴射ノズル及び配管を含んで構成することができる。還元剤供給部 106 は、噴射ノズルを介して尿素 (尿素水) と空気とをガス通路 103 へ供給するために設けられる。例えば、尿素 (尿素水) を還元剤としてガス通路 103 内へ噴射し、化学式 (2) で表される

50

分解反応により生ずるアンモニアを脱硝触媒 104 の表面に供給する構成としている。尿素タンクは、尿素水 ( $(\text{NH}_2)_2\text{CO} + \text{H}_2\text{O}$ ) を蓄えるタンクである。ポンプは、尿素タンクと噴射ノズルとを接続する配管の途中に設けられる。ポンプは、尿素タンクに蓄えられている尿素水に圧力を与え、配管及び噴射ノズルを介してガス通路 103 へ尿素水を供給する。尿素バルブは、配管のポンプの下流に設けられ、ポンプによって加圧された尿素水の噴射ノズルへの供給・遮断を行う。コンプレッサは、噴射ノズルに繋がる配管の途中に設けられる。コンプレッサは、空気を加圧して配管を介して噴射ノズルへ供給する。なお、脱硝システム 100 を船舶に搭載する場合には、コンプレッサの代わりに船舶に設けられている空気配管の空気を利用してよい。空気バルブは、配管のコンプレッサの下流に設けられ、コンプレッサによって加圧された空気の噴射ノズルへの供給・遮断を行う。噴射ノズルは、還元剤供給部 106 からガス通路 103 へ尿素水を噴射するためのノズルである。噴射ノズルは、配管の先端部を加工して形成され、又は配管の先端部に他部材を接続して構成される。噴射ノズルは、ガス通路 103 内の脱硝触媒 104 よりも上流側に配設される。噴射ノズルは、尿素水と空気とを混合させて、適切な供給圧力によってガス通路 103 へ予め空気と混合された尿素水を噴射する。ただし、還元剤は尿素 (尿素水) に限定されるものではない。

10

## 【0041】

制御部 108 は、脱硝システム 100 を統合的に制御する。制御部 108 は、CPU、メモリ、入力装置、出力装置、外部インターフェース等を含む一般的なコンピュータで構成することができる。制御部 108 は、CPU にてメモリに予め記憶させた制御プログラムを読み出して実行することによって脱硝システム 100 の脱硝触媒 104 の劣化の予測処理及び劣化に対する再生処理を実行する。また、制御部 108 は、後述する脱硝触媒 104 の再生処理時間を計測するための時計 (タイマ) を内蔵する。制御部 108 での処理は後述する。

20

## 【0042】

脱硝触媒 104 は、図 2 に示す化学反応系で表されるアンモニア等の還元剤と排ガス中の窒素化合物 ( $\text{NO}_x$ ) との反応を促進する。排ガスには、一酸化窒素 ( $\text{NO}$ ) や二酸化窒素 ( $\text{NO}_2$ ) 等の窒素酸化物 ( $\text{NO}_x$ ) が含まれ、還元剤供給部 106 から供給される尿素及び水との反応によって生成されたアンモニアと反応して、化学式 (1) で示される反応によって水と窒素に分解される。

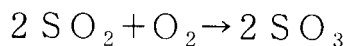
30

## 【0043】

また、排ガスに  $\text{SO}_2$  等の硫黄酸化物が含まれる場合、脱硝触媒 104 は、図 3 に示す化学反応系で表される反応を促進する。排ガスに含まれる二酸化硫黄 ( $\text{SO}_2$ ) は、還元剤供給部 106 から供給される尿素及び水との反応によって生成されたアンモニアと反応して、化学式 (3) 及び (4) で示される反応によって三酸化硫黄 ( $\text{SO}_3$ ) や硫酸 ( $(\text{NH}_4)\text{HSO}_4$ ) が生成される。なお、化学式 (4) の反応は、温度が低くなるにつれて左から右への反応が進行し易く、温度が高くなるにつれて右から左への反応が進行し易くなる平衡反応である。

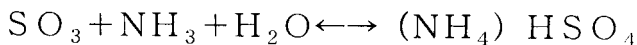
## 【0044】

## 【化 3】



40

## 【化 4】



## 【0045】

図 4 は、脱硝システム 100 のシステムブロック図を示す。脱硝システム 100 は、図 4 に示すように、ガス流量計 10、ガス温度計 12、窒素酸化物濃度計 14、16、硫黄酸化物濃度計 18、尿素量注入制御器 20、尿素注入器 22、発電機 24、クラッチ 26

50



、排ガス加熱手段 28、加熱ヒータ 30、ガバナ等負荷調節器 32、ディスプレイ 34、警報器 36、パージガス供給手段 38、パージガス加熱手段 40、流量制御弁 42、ガス温度計 44 及びエコマイザ 46 を含んで構成される。

【0046】

ガス流量計 10 は、燃焼機器 102 から排出される排ガス及びパージガス供給部 110 から供給されるパージガスの流量（空塔速度）を計測して、制御部 108 へ出力する。なお、脱硝触媒 104 の空塔速度（SV）は、ガス流量と脱硝触媒 104 の量との比で表すことができる。ガス温度計 12 は、燃焼機器 102 から排出される排ガスの温度及びパージガス供給部 110 から供給されるパージガスの温度を計測して、制御部 108 へ出力する。ガス流量計 10 及びガス温度計 12 は、既存の流量センサや温度センサを使用することができる。また、ガス流量計 10 及びガス温度計 12 は、燃焼機器 102 と脱硝触媒 104 との間のガス通路 103 に設けることが好適である。ガス温度計 44 は、脱硝触媒 104 から排出されるガスの温度を計測して、制御部 108 へ出力する。ガス温度計 44 は、既存の温度センサを使用することができる。ガス温度計 44 は、脱硝触媒 104 の出口側のガス通路 103 に設けることが好適である。

10

【0047】

窒素酸化物濃度計 14, 16 は、燃焼機器 102 から排出される排ガスに含まれる窒素酸化物（ $\text{NO}_x$ ）の濃度を測定して、制御部 108 へ出力する。窒素酸化物濃度計 14, 16 としては、化学発光式  $\text{NO}_x$  計や定電圧電解式  $\text{NO}_x$  計、ジルコニア固体電解質を利用した一般的なセンサ等を利用することができる。窒素酸化物濃度計 14 は、燃焼機器 102 と脱硝触媒 104 との間のガス通路 103 に配置され、脱硝触媒 104 の入口側の脱硝処理前の排ガス中の窒素酸化物の濃度を測定して出力する。窒素酸化物濃度計 16 は、脱硝触媒 104 の出口側に配置され、脱硝触媒 104 の出口側の脱硝処理後の排ガス中の窒素酸化物の濃度を測定して出力する。

20

【0048】

硫黄酸化物濃度計 18 は、燃焼機器 102 から排出される排ガスに含まれる硫黄酸化物（ $\text{SO}_x$ ）の濃度を測定して、制御部 108 へ出力する。硫黄酸化物（ $\text{SO}_x$ ）としては、少なくとも  $\text{SO}_2$  の濃度を測定して出力する。硫黄酸化物濃度計 18 としては、固体電解質を用いるセンサや紫外線蛍光法（UVF 法）を用いるセンサを利用することができる。硫黄酸化物濃度計 18 は、燃焼機器 102 と脱硝触媒 104 との間のガス通路 103 に配置され、脱硝触媒 104 の入口側の脱硝処理前の排ガス中の硫黄酸化物の濃度を測定して出力する。

30

【0049】

尿素量注入制御器 20 及び尿素注入器 22 は、還元剤供給部 106 を構成する要素である。尿素量注入制御器 20 は、制御部 108 からの制御信号を受けて、尿素注入器 22 からガス通路 103 を介して脱硝触媒 104 へ排ガス中の窒素酸化物（ $\text{NO}_x$ ）を処理するのに適した尿素及び水の量を調整する。尿素注入器 22 は、先に説明したように尿素タンク、ポンプ、尿素バルブ、コンプレッサ、空気バルブ、噴射ノズル及び配管等を含んで構成され、尿素量注入制御器 20 によって制御された量の尿素水をガス通路 103 内へ噴射する。尿素注入器 22 の注入量の情報は、尿素量注入制御器 20 を介して制御部 108 に伝えられる。

40

【0050】

発電機 24 は、燃焼機器 102 から出力されるエネルギーを受けてステータによって形成される磁界中でロータを回転させて発電を行う。発電機 24 で得られた電気エネルギーは排ガス加熱手段 28、加熱ヒータ 30、パージガス供給手段 38 及びパージガス加熱手段 40 で利用するようにしてもよい。また、クラッチ 26 は、制御部 108 からの制御信号を受けてクラッチの開閉を行い、燃焼機器 102 を発電機 24 へ接続した状態と接続しない状態とを切り換えるために用いられる。

【0051】

排ガス加熱手段 28 は、再加熱バーナや電気式再加熱器を含んで構成される。排ガス加

50

熱手段 28 は、制御部 108 からの制御信号を受けて、ガス通路 103 を流れる排ガスを加熱するために設けられる。再加熱バーナは、燃料を気体中に拡散させることにより混合して高温で燃焼させ排ガスの温度を上昇させる。また、電気式再加熱器は、抵抗加熱ヒータ等に電気を通電することによって排ガスの温度を上昇させる。電気式再加熱器を用いる場合、発電機 24 から出力された電気をを用いて加熱を行うことが好適である。

【0052】

加熱ヒータ 30 は、脱硝触媒 104 を加熱する手段を含んで構成される。加熱ヒータ 30 は、制御部 108 からの制御信号を受けて、脱硝触媒 104 を直接的に加熱、又は、ガス通路 103 を流れる排ガスを加熱するために設けられる。加熱ヒータ 30 としては、例えば、電気誘導加熱ヒータ等とすることが好適である。加熱ヒータ 30 は、発電機 24 から出力された電気をを用いて加熱を行うことが好適である。

10

【0053】

ガバナー等負荷調節器 32 は、燃焼機器 102 の負荷を調整する手段である。ガバナー 32 は、制御部 108 における脱硝触媒 104 の劣化状況の予測結果に応じて燃焼機器 102 の出力負荷を調整し、排ガスの温度を上昇又は下降させる。

【0054】

なお、排ガス加熱手段 28、加熱ヒータ 30 及びガバナー 32 は少なくともいずれか 1 つを備えればよい。また、排ガス加熱手段 28 及び加熱ヒータ 30 は、再加熱バーナ、電気式再加熱器、電気誘導加熱ヒータ等の加熱手段を少なくとも 1 つ含んでいけばよい。

【0055】

ディスプレイ 34 は、制御部 108 に含まれ、脱硝触媒 104 の劣化再生システムの制御状態をユーザに呈示するために用いられる。警報器 36 は、制御部 108 に含まれ、脱硝触媒 104 の劣化に応じてユーザに警告を発する。また、ディスプレイ 34 に劣化情報を表示し警告してもよい。

20

【0056】

パージガス供給手段 38、パージガス加熱手段 40 及び流量制御弁 42 はパージガス供給部 110 を構成する。パージガス供給手段 38、パージガス加熱手段 40 及び流量制御弁 42 は、脱硝触媒 104 の劣化再生処理に使用される。

【0057】

パージガス供給手段 38 は、燃焼機器 102 が停止中に行われる脱硝触媒 104 の再生処理において脱硝触媒 104 へパージガスを供給する。パージガス供給手段 38 は、例えば、ブロワやコンプレッサ等のパージガスを圧縮送気できる装置を含んで構成される。パージガス供給手段 38 は、図 1 に示すように、ブロワやコンプレッサ等の装置を駆動させるための補助エンジンや発電機を含んで構成してもよい。

30

【0058】

パージガス供給手段 38 は、燃焼機器 102 の始動に用いられる手段又は燃焼機器 102 に装備された手段を流用することが好適である。例えば、燃焼機器 102 の始動用コンプレッサ又は補助ブロアを流用してパージガスを供給することができる。

【0059】

パージガスは、脱硝触媒 104 を再生処理する際に生ずるガスを脱硝触媒 104 からパージできる気体であればよく、例えば、空気、窒素、希ガス等を適用することができる。また、再生用ガスとして、一部又は全部を燃焼機器 102 の排ガスをを用いても構わない。パージガスとしては、特に空気を用いることが好適である。

40

【0060】

パージガス加熱手段 40 は、加熱バーナや電気式加熱器を含んで構成される。パージガス加熱手段 40 は、制御部 108 からの温度制御信号を受けて、パージガス供給手段 38 から供給されるパージガスを加熱するために設けられる。加熱バーナは、燃料を気体中に拡散させることにより混合して高温で燃焼させパージガスの温度を上昇させる。また、電気式再加熱器は、抵抗加熱ヒータ等に電気を通電することによってパージガスの温度を上昇させる。電気式再加熱器を用いる場合、パージガス供給手段 38 に含まれる発電機や発

50

電機 24 から出力された電気を用いて加熱を行うことが好適である。

【0061】

流量制御弁 42 は、パージガス供給手段 38 から脱硝触媒 104 へのパージガスの供給・遮断及び流量（空塔速度）の調整を行う。流量制御弁 42 は、脱硝触媒 104 の再生処理が開始されると、制御部 108 からの流量制御信号に応じてパージガスの流量を制御しつつ脱硝触媒 104 へのパージガスを供給する。また、流量制御弁 42 は、脱硝触媒 104 の再生処理が終了すると閉状態とされてパージガス供給手段 38 から脱硝触媒 104 へのパージガスの供給路を遮断する。

【0062】

エコノマイザ 46 は、排気ガスからの排熱を利用するための熱交換器を備える。エコノマイザ 46 の筐体内には脱硝触媒 104 からの排気配管の一部が通され、エコノマイザ 46 を流れる排気ガスの排熱との熱交換が行われる。エコノマイザ 46 における熱交換は、制御部 108 によって制御される。制御部 108 は、運転操作盤によるユーザからの運転の開始、停止等の運転パラメータの設定や状態の測定値が入力され、これらの入力値に応じてエコノマイザ 46 に流れる排ガスの量等を調整して排気ガスの排熱との熱交換の制御が行われる。

10

【0063】

また、エコノマイザ 46 を設けることによって、脱硝触媒 104 の劣化再生処理によって生ずる分解生成物（ $\text{NH}_3$ 、 $\text{SO}_3$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ ）や酸性硫酸（ $\text{NH}_4\text{HSO}_4$ ）を回収することもできる。したがって、外気への悪影響を抑制することができる。なお、エコノマイザ 46 に付着した硫酸は、水洗洗浄によって取り除くことができ、洗浄後の廃液を回収することによって外部への影響を避けることができる。なお、脱硝触媒 104 を濡らすと特性劣化する可能性があるため、エコノマイザ 46 を洗浄する際に脱硝触媒 104 に水分が届かないように配慮する必要がある。

20

【0064】

以下、図 5 のフローチャートを参照して、脱硝触媒 104 の再生処理について説明する。以下の処理は、制御部 108 において制御プログラムを実行することによって実現される。脱硝触媒 104 の再生処理は、燃焼機器 102 が停止されている間に行われる。例えば、船舶の停泊中に燃焼機器 102 を停止させている間に行うことが好適である。

【0065】

ステップ S10 では、脱硝触媒 104 の再生処理を開始するか否かが判断される。再生処理を開始する場合にはステップ S12 に処理を移行し、そうでない場合にはステップ S10 に戻り、定期的に判断を行う。

30

【0066】

例えば、制御部 108 は、燃焼機器 102 が停止されると所定の期間内に脱硝触媒 104 の再生処理を開始させるものとすればよい。所定の期間は、燃焼機器 102 を停止してから脱硝触媒 104 の温度が 100 以下となる期間より短いものとすることが好適である。すなわち、脱硝触媒 104 の温度が 100 以下となった後に再生処理を開始すると、再生処理を実行する際に脱硝触媒 104 の温度を再度上昇させるための時間が長くなり、再生処理に必要とされる時間が長くなったり、再生処理で消費される電力が大きくなったりする。より具体的には、所定の期間は 1 時間以内とすることが好適である。

40

【0067】

また、後述する劣化評価処理において脱硝触媒 104 に劣化が生じていると判定された場合に脱硝触媒 104 の再生処理を開始するものとしてもよい。これによって、脱硝触媒 104 の実際の劣化状態を考慮して再生処理を施すことが可能となる。

【0068】

ステップ S12 では、パージガスの供給を開始する。制御部 108 は、パージガス供給部 110 に対してパージガス供給開始信号を出力し、パージガス供給手段 38 を動作させる。また、制御部 108 は、流量制御弁 42 へ流量制御信号を出力し、流量制御弁 42 流量制御信号に応じた流量のパージガスを脱硝触媒 104 へ送出させる。さらに、制御部 1

50

08は、パージガス加熱手段40へ温度制御信号を出力し、温度制御信号に応じてパージガスを所望の温度に加熱する。パージガスの温度制御は、ガス温度計44からの温度信号が所望の温度となるように、パージガス加熱手段40に対するフィードバック制御によって行ってもよい。

【0069】

これにより脱硝触媒104の再生処理が開始される。すなわち、高温のパージガスを脱硝触媒104へ供給することにより、脱硝触媒104の温度を上昇させ、平衡式(4)を右辺から左辺へ進行するようにさせ、脱硝触媒104に析出した硫酸( $(\text{NH}_4)\text{HSO}_4$ )を三酸化硫黄( $\text{SO}_3$ )のガスとして排出させる。三酸化硫黄( $\text{SO}_3$ )のガスは、パージガスによって脱硝触媒104から効果的に排出される。

10

【0070】

再生処理の際のパージガスの温度は300以上600以下とすることが好適である。300未満では、脱硝触媒104が十分に加熱されず、平衡式(4)の反応が右辺から左辺へ進み難く、再生処理が必要程度に十分に行われなかったり、再生処理時間が長くなり過ぎたりする。また、600以上では、脱硝触媒104に含まれるチタニアが熱溶解し、脱硝触媒104の表面積が低減する等の熱劣化が激しくなり、脱硝触媒104の交換頻度が多くなる等の問題を生ずる。なお、これらの観点から、再生処理の際のパージガスの温度は、より好ましくは350以上500以下の範囲である。

【0071】

また、パージガスの流量(空塔速度)は、後述するようにパージガスの温度及び再生処理時間によって決定されるが、燃焼機器102を運転している時に排出される排ガスの流量(空塔速度)よりも小さくても十分である。通常、船舶用ディーゼル機関では燃焼機器102の運転時の排ガスの空塔速度は $10000 \sim 25000 \text{ h}^{-1}$ であるが、パージガスとして必要な空塔速度は、パージガスの温度及び再生処理時間にも依るが、上記好適なパージガスの温度の範囲及び実効的な再生処理時間の範囲に対して $1000 \sim 5000 \text{ h}^{-1}$ 程度である。

20

【0072】

ここでは、パージガスの温度及びパージガスの流量(空塔速度)を予め設定した値とする。

【0073】

ステップS14では、脱硝触媒104を通過して排気配管に到達したパージガスの温度が取得される。制御部108は、ガス温度計44から出力される温度データを取得する。

30

【0074】

ステップS16では、脱硝触媒104に供給されるパージガスの流量が出力される。制御部108は、ガス流量計10から出力されるパージガスの流量(空塔速度)データを取得する。

【0075】

ステップS18では、ステップS14で取得されたパージガスの温度及びステップS16で取得されたガス流量(空塔速度)に応じた脱硝触媒104の再生処理時間を算出する。

40

【0076】

図6は、活性度 $K/K_0$ を0.2まで劣化させた脱硝触媒104に対して再生処理を行った場合におけるパージガスの流量(空塔速度)と活性度 $K/K_0$ の回復との関係を示す。ここで、 $K$ は実際の脱硝触媒104の活性度であり、 $K_0$ は新品の脱硝触媒104の活性度であり、活性度 $K/K_0$ は実際の脱硝触媒104の活性度を新品の脱硝触媒104で規格化した値である。図6は、再生処理時間を2時間に限定した場合の活性度 $K/K_0$ の回復度を示している。

【0077】

図6に示すように、脱硝触媒104の再生処理時間は、パージガスの温度とパージガスの流量(空塔速度)とに応じて変動する。例えば、パージガスの温度を500とした場

50

合、パージガスの流量（空塔速度）が  $1000 \text{ h}^{-1}$  であっても2時間の再生処理時間で十分であるが、パージガスの温度を  $400$  とした場合、2時間の再生処理時間で活性度  $K/K_0$  を1程度に戻すためにはパージガスの流量（空塔速度）が  $5000 \text{ h}^{-1}$  以上必要である。

**【0078】**

制御部108は、設定されたパージガスの温度（脱硝触媒104の温度に対応）及びパージガスの流量（空塔速度）に応じて、脱硝触媒104を活性度  $K/K_0$  の目標値まで再生させるまでの時間を求める。例えば、パージガスの温度及びパージガスの流量（空塔速度）の組み合わせ毎に脱硝触媒104を再生前の活性度  $K/K_0$  から再生後の活性度  $K/K_0$  の目標値まで再生させるまでの時間をデータベースとして制御部108の内部メモリに予め登録しておき、ステップS14及びS16において取得されたパージガスの温度及びパージガスの流量（空塔速度）に対応付けられた再生前の活性度  $K/K_0$  から再生後の活性度  $K/K_0$  の目標値まで再生させるまでの時間を抽出して再生処理時間として設定する。このとき、再生処理時間は、ステップS14において取得されたパージガスの温度（脱硝触媒104の温度に対応）が高くなるほど短く設定される。

10

**【0079】**

ステップS20では、再生処理を継続するか否かが判定される。制御部108は、ステップS12において再生処理が開始された時刻からステップS16で設定された再生処理時間が経過したか否かを判定し、経過していれば再生処理を終了し、そうでなければステップS20の処理を繰り返す。

20

**【0080】**

なお、本実施の形態では、パージガスの温度及びパージガスの流量（空塔速度）に基づいて再生処理時間を設定するものとしたが、制御部108に再生処理時間を設定し、再生処理時間に基づいてパージガスの温度及びパージガスの流量（空塔速度）を決定するものとしてもよい。例えば、目標とする再生処理時間を制御部108に入力し、その再生処理時間内において再生前の活性度  $K/K_0$  から再生後の活性度  $K/K_0$  の目標値まで再生させることが可能なパージガスの温度の最低値とパージガスの流量（空塔速度）をデータベースから抽出する処理を行えばよい。このとき、目標とする再生処理時間を達成できるパージガスの温度の最低値を選択することにより、脱硝触媒104を最も熱劣化させないように再生処理を行うことができる。

30

**【0081】**

また、再生処理時間を複数の選択肢から選択できる構成としてもよい。例えば、船舶の運航スケジュールに応じて、1晩（例えば、8時間）を掛けての再生処理と、2時間の急速再生処理と、を選択できるようにしてもよい。この場合、それぞれの再生処理時間を満足するパージガスの温度及びパージガスの流量（空塔速度）の組み合わせを再生処理時間の選択肢毎に対応付けて予め登録しておき、選択された再生処理時間に対応付けられているパージガスの温度及びパージガスの流量（空塔速度）の組み合わせを用いて再生処理を行えばよい。

**【0082】**

もちろん、再生処理時間及びパージガスの温度の組み合わせに基づいてパージガスの流量（空塔速度）を決定する構成としてもよいし、再生処理時間及びパージガスの流量（空塔速度）の組み合わせに基づいてパージガスの温度を決定する構成としてもよい。

40

**【0083】**

さらに、本実施の形態では、パージガス加熱手段40のみを用いて間接的に脱硝触媒104を加熱する構成としたが、排ガス加熱手段28や加熱ヒータ30を流用してもよい。加熱ヒータ30を用いた場合、直接的に脱硝触媒104を加熱することができる。

**【0084】**

なお、本実施の形態では、パージガスの温度又は脱硝触媒104の温度を  $60$  / 時間を超えて昇温することが好適である。特に、上記のように脱硝触媒104にニオブ（Nb）を添加した場合に好適である。このように、 $60$  / 時間を超える昇温速度で加熱を行

50

うことによって再生処理時間を短縮することが可能となる。

【0085】

また、本実施の形態では、パージガスの温度に基づいて再生処理時間を設定するものとしたが、脱硝触媒104に温度センサを設置して脱硝触媒104の温度を取得し、脱硝触媒104の温度に基づいて再生処理時間を設定してもよい。この場合、上記再生処理において、パージガスの温度を脱硝触媒104の温度と読み替えて処理を行えばよい。

【0086】

以上のように、本実施の形態における脱硝システム100では、パージガスの温度（脱硝触媒104の温度）、パージガスの流量（空塔速度）及び再生処理時間に基づいて脱硝触媒104の再生処理の条件を制御する。これによって、脱硝触媒104の再生処理を適切に行うことができる。

10

【0087】

次に、本実施の形態の脱硝システム100の構成の変形例について説明する。上記脱硝システム100は、図7に示すように、燃焼機器102の後段に脱硝触媒104の再生処理専用のパージガス供給手段38、パージガス加熱手段40及び流量制御弁42を設けた構成である。なお、図7～図12において、実線矢印はガスの流れを示し、破線矢印は制御信号の流れを示す。

【0088】

脱硝システム100の第1の変形例は、図8に示すように、パージガス加熱手段40を燃焼機器102の排ガスが通るガス通路103に設けた構成を有する。パージガス加熱手段40は、排ガス加熱手段28を流用してもよいし、パージガス専用に排ガス加熱手段28とは別途設けてもよい。

20

【0089】

脱硝システム100の第2の変形例は、図9に示すように、パージガス供給手段38を燃焼機器102の始動用コンプレッサ50又は補助ブロア52を流用した構成を有する。始動用コンプレッサ50は、燃焼機器102の吸気配管に接続されており、燃焼機器102を始動させる際に開閉弁50aを開いて燃焼機器102のシリンダ内に圧縮空気を送ることによりピストンの運動を開始するために設けられる。また、補助ブロア52は、燃焼機器102の過給器に接続されており、燃焼機器102を始動させる際にバイパス弁52a, 52bを開いて燃焼機器102のシリンダ内に圧縮空気を送ることにより始動を補助するために設けられる。

30

【0090】

第2の変形例では、始動用コンプレッサ50又は補助ブロア52を用いてパージガスを供給して再生処理を行う。始動用コンプレッサ50を用いる場合、停止中の燃焼機器102のシリンダを介して、パージガスを脱硝触媒104へ供給する。補助ブロア52を用いる場合、停止中の燃焼機器102のシリンダ及び過給器を介して、パージガスを脱硝触媒104へ供給する。パージガスの加熱は、ガス通路103に設けられたパージガス加熱手段40によって行う。

【0091】

なお、第3の変形例では、図10に示すように、始動用コンプレッサ50又は補助ブロア52からのパージガスの供給のために燃焼機器102を介さないバイパス経路54, 56を設けてもよい。この場合、燃焼機器102の始動時にはバイパス弁54a, 56aを閉じると共に開閉弁50a及び52cを開いて上記のように燃焼機器102の運転開始を行い、脱硝触媒104の再生処理時にはバイパス弁54a, 56aを開くと共に開閉弁50a及び52cを閉じてパージガスを脱硝触媒104へ供給する。

40

【0092】

また、脱硝システム100の第4の変形例は、図11に示すように、重力方向に対して下から順にパージガス加熱手段40、脱硝触媒104をアップフローに配置する。このような配置とすることによって、パージガス加熱手段40での加熱によって熱膨張したパージガスの密度が低下し、自然ドラフト力によってパージガスが流量制御弁42を介して脱

50

硝触媒 104 へ供給される。

【0093】

さらに、脱硝システム 100 の第 5 の変形例は、図 12 に示すように、第 4 の変形例に加えて脱硝触媒 104 を直接加熱する加熱ヒータ 30 を備えるものとしてもよい。このような構成では、パージガス加熱手段 40 によるパージガスの加熱に加えて、加熱ヒータ 30 によって脱硝触媒 104 を直接的に加熱することができる。

【0094】

なお、上記図 7 ~ 図 12 に示した構成要素を適宜組み合わせた構成としてもよいし、適宜省いた構成としてもよい。

【0095】

また、脱硝触媒 104 の再生処理の開始は、以下の図 13 のフローチャートに示す脱硝触媒 104 の劣化の予測に基づいて行ってもよい。以下の処理は、制御部 108 において制御プログラムを実行することによって実現される。

【0096】

ステップ S30 では、排ガスの流量、温度、窒素酸化物濃度及び硫黄酸化物濃度の測定が行われる。制御部 108 の CPU は、外部インターフェースを介して接続されたガス流量計 10、ガス温度計 12、窒素酸化物濃度計 14、16、硫黄酸化物濃度計 18 からそれぞれ排ガス流量、排ガス温度、入口側の窒素酸化物濃度、出口側の窒素酸化物濃度及び入口側の硫黄酸化物濃度の測定値を取得する。

【0097】

ステップ S32 では、燃焼機器 102 の回転数、トルク、給気圧力、等を処理した還元剤供給部 106 からの還元剤（尿素）及び水分の注入量、ガバナ等負荷調節器 32 の燃焼機器負荷値の取得が行われる。制御部 108 の CPU は、外部インターフェースを介して接続された燃焼機器 102、還元剤供給部 106 及びガバナ 32 からそれぞれの特性値を取得する。

【0098】

ステップ S34 では、化学反応モデルを用いて三酸化硫黄（ $SO_3$ ）の濃度及びアンモニア（ $NH_3$ ）の濃度を算出する。図 14 に示すように、脱硝触媒 104 内のガス通路 103 を排ガスの流れる方向に沿って複数の領域  $A_0 \sim A_n$ （ $n$  は 1 以上の整数）に分割し、脱硝触媒 104 の入口から各領域  $A_1 \sim A_n$  の境界に排ガスが到達するまでの時間を  $t_1 \sim t_n$ （各時間の間隔  $t_n - t_{(n-1)} = t$  とする）として、各領域  $A_0 \sim A_n$  における三酸化硫黄（ $SO_3$ ）及びアンモニア（ $NH_3$ ）の濃度を求める。なお、各領域  $A_0 \sim A_n$  における三酸化硫黄（ $SO_3$ ）及びアンモニア（ $NH_3$ ）の濃度は近似的に各領域  $A_0 \sim A_n$  の入口の濃度に等しいとする。

【0099】

三酸化硫黄（ $SO_3$ ）及びアンモニア（ $NH_3$ ）の反応速度は反応速度式（5）及び（6）に示すように 1 次反応式で表すことができる。

【0100】

【化 5】

$$-\frac{\Delta C_{SO_2}}{\Delta t} = \frac{\Delta C_{SO_3}}{\Delta t} = F_{SO_2}(t, A_n) \cdot K_{SO_2} \cdot C_{SO_2}$$

【化 6】

$$-\frac{\Delta C_{NH_3}}{\Delta t} = F_{NH_3}(t, A_n) \cdot K_{NH_3} \cdot C_{NH_3}$$

【0101】

ここで、 $-C_{SO_2}$  は二酸化硫黄（ $SO_2$ ）の濃度減少量、 $C_{SO_3}$  は三酸化硫黄（ $SO_3$ ）の濃度増加量（ $= -C_{SO_2}$ ：化学式（3）より）、 $C_{SO_2}$  は二酸化硫黄（ $SO_2$ ）の濃度、 $-C_{NH_3}$  はアンモニア（ $NH_3$ ）の濃度減少量、 $C_{NH_3}$  はアンモニアの濃度、 $K_{SO_2}$ 、

10

20

30

40

50

$K_{NH_3}$  は反応速度係数、 $F_{SO_2}(t, A_n)$ 、 $F_{NH_3}(t, A_n)$  は時刻  $t$  における領域  $A_n$  の脱硝触媒 104 の活性度 ( $0 < F_{SO_2}(t, A_n), F_{NH_3}(t, A_n) < 1$ ) である。 $F_{NH_3}(t, A_n)$  は  $F_{SO_2}(t, A_n)$  に等しいものとし、それらの初期値は 1 とする。

#### 【0102】

各領域の境界におけるアンモニア ( $NH_3$ ) の反応速度式における反応速度係数  $K_{NH_3}$  は、窒素酸化物 ( $NO_x$ ) の脱硝率から求めることができる。例えば、窒素酸化物 ( $NO_x$ ) の脱硝率を  $\eta_{NO_x}\%$  とすると、触媒入口側のアンモニア ( $NH_3$ ) 濃度と窒素酸化物 ( $NO_x$ ) の濃度の体積比 ( $= NH_3 / NO_x$  [ppm/ppm]) で  $0 < \eta_{NO_x} < 1$  のとき、窒素酸化物 ( $NO_x$ ) の反応速度式も化学式 (6) と同じように 1 次反応式で表されると

10

#### 【0103】

##### 【化7】

$$K_{NH_3} = K_{NO_x} = \frac{1}{t_n} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{\eta_{NO_x}}{100} \cdot \frac{1}{\alpha} \right] \quad [1/H]$$

#### 【0104】

脱硝反応の化学式 (1) より、窒素酸化物 ( $NO_x$ ) とアンモニア ( $NH_3$ ) との反応の当量の割合が決まれば、アンモニア ( $NH_3$ ) の反応速度係数  $K_{NH_3}$  は反応速度係数  $K_{NO_x}$  から求めることができる。なお、排ガスの脱硝処理においては化学式 (1) の一酸化窒素 ( $NO$ ) とアンモニア ( $NH_3$ ) との反応が主であるので、二酸化窒素 ( $NO_2$ ) とアンモニア ( $NH_3$ ) との反応は近似的に無視してもよい。このように、脱硝触媒 104 の入口と出口とにおける窒素酸化物 ( $NO_x$ ) の濃度の測定値からアンモニア ( $NH_3$ ) の反応速度係数  $K_{NH_3}$  を求めることができる。

20

#### 【0105】

一方、二酸化硫黄 ( $SO_2$ ) から三酸化硫黄 ( $SO_3$ ) が生成される反応の反応速度係数  $K_{SO_2}$  は模擬排ガスによる実験によって求められる。図 15 は、試験装置として固定床の小型流通式触媒試験装置 (触媒充填量 40 ~ 50 cc) に模擬排ガスを流した際の二酸化硫黄 ( $SO_2$ ) の酸化率と温度との関係を示す。また、図 16 は、触媒に付着した四酸化硫黄 ( $SO_4$ ) の量と脱硝触媒の活性度  $F_{SO_2}(t, A_n)$ 、 $F_{NH_3}(t, A_n) = K_{SO_2} / K_{SO_2,0}$  との関係を示す。ここで、 $K_{SO_2,0}$  は実験初期の劣化していない脱硝触媒の反応速度係数  $K_{SO_2}$  である。バナジウム系脱硝触媒の場合は、 $SO_2$  酸化活性度と脱硝触媒の活性金属が共通のバナジウムであることから  $F_{SO_2}(t, A_n)$ 、 $F_{NH_3}(t, A_n) = K_{NH_3} / K_{NH_3,0}$  又は  $K_{NO_x} / K_{NO_x,0}$  から活性度を計算してもよい。

30

#### 【0106】

触媒としては、バナジウム (V) - タングステン (W) / 二酸化チタン ( $TiO_2$ ) 系八ニカム型低温脱硝触媒を用いた。模擬試験では、二酸化硫黄 ( $SO_2$ ) を 800 ppm、酸素 ( $O_2$ ) を 13%、一酸化窒素 ( $NO$ ) を 1500 ppm、水を 10 重量%の混合ガスを窒素バランスで流し、還元剤として 3% 尿素水を 400 の蒸発器でアンモニア ( $NH_3$ ) に加水分解させて脱硝触媒の上流にてアンモニア ( $NH_3$ ) 換算で 1500 ppm ほど供給した。また、実験系の脱硝触媒の空塔速度 ( $SV$ ) は  $25000 h^{-1}$  とした。反応温度は 200 から 400 の範囲で変化させた。

40

#### 【0107】

このような模擬排ガスによる実験において、文献 (Carlo Orsenigo, Ind.Eng.Chem.Res, 1998, vol.37, pp.2350-2359) に準じて NDIR 式の二酸化硫黄 ( $SO_2$ ) 濃度計により除湿処理後の二酸化硫黄 ( $SO_2$ ) 濃度を測定し、二酸化硫黄 ( $SO_2$ ) の酸化率は触媒の入口と出口とにおける二酸化硫黄 ( $SO_2$ ) 濃度の減少率とした。また、触媒に付着した四酸化硫黄 ( $SO_4$ ) の量は、劣化した触媒を抜き取り、水抽出法・イオンクロマト分析に

50



より定量した。

【0108】

このようにして得られた関係から、各温度における二酸化硫黄 ( $\text{SO}_2$ ) から三酸化硫黄 ( $\text{SO}_3$ ) が生成される反応の反応速度係数  $K_{\text{SO}_2}$ 、及び、触媒に付着した四酸化硫黄 ( $\text{SO}_4$ ) の量と脱硝触媒 104 の活性度  $F_{\text{SO}_2}(t, A_n)$ 、 $F_{\text{NH}_3}(t, A_n) = K_{\text{SO}_2} / K_{\text{SO}_2 0}$  を求めることが可能となる。

【0109】

ここで、本実施の形態の脱硝触媒の劣化予測方法及び劣化対策方法における特徴の1つとして、図15に示すように、400 までの範囲では反応温度が上昇すると共に二酸化硫黄 ( $\text{SO}_2$ ) の酸化率が低下する関係を用いる点が挙げられる。二酸化硫黄 ( $\text{SO}_2$ ) の酸化率は従来反応温度の上昇と共に増加すると考えられていたが、実際の脱硝反応における排ガスでは、反応温度が上昇すると共に二酸化硫黄 ( $\text{SO}_2$ ) の酸化率が低下する関係となっている。

10

【0110】

なお、このような傾向はバナジウム (V) - タングステン (W) / 二酸化チタン ( $\text{TiO}_2$ ) 系ハニカム型低温脱硝触媒に限定されるものではなく、バナジウム系等の他の脱硝触媒においても同様の傾向を示すと考えられる。ただし、400 を超える温度範囲では、反応温度の上昇と共に二酸化硫黄 ( $\text{SO}_2$ ) の酸化率が上昇することも考えられる。

【0111】

このようにして得られた反応速度係数  $K_{\text{SO}_2}$ 、反応速度係数  $K_{\text{NH}_3}$  及び脱硝触媒 104 の活性度  $F_{\text{SO}_2}(t, A_n)$ 、 $F_{\text{NH}_3}(t, A_n) = K_{\text{SO}_2} / K_{\text{SO}_2 0}$  を反応速度式 (6) 及び (7) に当てはめ、時刻 T における各領域  $A_0 \sim A_n$  における三酸化硫黄 ( $\text{SO}_3$ ) 及びアンモニア ( $\text{NH}_3$ ) の濃度を求める。

20

【0112】

ステップ S36 では、ステップ S34 にて算出した各領域  $A_0 \sim A_n$  における三酸化硫黄 ( $\text{SO}_3$ ) のうち硫酸 ( $(\text{NH}_4)\text{HSO}_4$ ) として析出する量を算出する。ここでは、上記平衡式 (8) を用いて硫酸 ( $(\text{NH}_4)\text{HSO}_4$ ) として析出する量を算出する。ここで、 $P_{\text{SO}_3}$  は三酸化硫黄 ( $\text{SO}_3$ ) の分圧、 $P_{\text{NH}_3}$  はアンモニア ( $\text{NH}_3$ ) の分圧、R は気体常数及び T は温度である。

【0113】

30

【化8】

$$P_{\text{SO}_3} \times P_{\text{NH}_3} = 1.41 \times 10^{12} \exp(-53000 / R \cdot T \text{mp})$$

【0114】

ここで、 $P_{\text{SO}_3}$  は三酸化硫黄 ( $\text{SO}_3$ ) の分圧、 $P_{\text{NH}_3}$  はアンモニア ( $\text{NH}_3$ ) の分圧、R は気体常数及び T は温度である。なお、平衡式 (8) は、文献(S Matsuda et.al, Ind.Eng. Prod. Res., Dev. 1982, vol. 21, pp. 48-52) に開示されている。

【0115】

平衡式 (8) では、三酸化硫黄 ( $\text{SO}_3$ ) 及びアンモニア ( $\text{NH}_3$ ) の分圧 (濃度) の積は温度の関数で表される。そこで、ステップ S34 で求めたアンモニア ( $\text{NH}_3$ ) の濃度を分圧換算して、排ガスの温度 Tmp と共に平衡式 (8) に代入することによって、その状態においてガスとして存在し得る三酸化硫黄 ( $\text{SO}_3$ ) の分圧を求めることができる。そして、ガスとして存在し得る三酸化硫黄 ( $\text{SO}_3$ ) の分圧を濃度換算し、ステップ S34 で求めた三酸化硫黄 ( $\text{SO}_3$ ) の生成濃度から減算することによって、硫酸 ( $(\text{NH}_4)\text{HSO}_4$ ) として脱硝触媒 104 の表面に析出する量を算出することができる。なお、硫酸の平衡計算は、化学式 (4) の文献平衡データや化学平衡計算ソフトで計算代理してもよい。

40

【0116】

さらに、脱硝触媒 104 の表面に析出する硫酸 ( $(\text{NH}_4)\text{HSO}_4$ ) の量を時刻 T まで

50

に既に析出した硫酸 ( $(\text{NH}_4)\text{HSO}_4$ ) の量に累積加算することによって、各領域  $A_0 \sim A_n$  における硫酸 ( $(\text{NH}_4)\text{HSO}_4$ ) の析出累積値を算出することができる。

【0117】

ステップ S38 では、ステップ S36 で求めた各領域  $A_0 \sim A_n$  における硫酸 ( $(\text{NH}_4)\text{HSO}_4$ ) の析出累積値に基づいて、各領域  $A_0 \sim A_n$  における脱硝触媒 104 の活性度を求める。

【0118】

図 16 に示すように、模擬ガスによる実験によって触媒に付着した四酸化硫黄 ( $\text{SO}_4$ ) の量と脱硝触媒 104 の活性度  $F_{\text{SO}_2}(t, A_n)$ ,  $F_{\text{NH}_3}(t, A_n) = K_{\text{SO}_2} / K_{\text{SO}_2 0}$  を予め求めておき、各領域  $A_0 \sim A_n$  における硫酸 ( $(\text{NH}_4)\text{HSO}_4$ ) の析出総量から脱硝触媒 104 の活性度  $F_{\text{SO}_2}(t, A_n)$ ,  $F_{\text{NH}_3}(t, A_n) = K_{\text{SO}_2} / K_{\text{SO}_2 0}$  を得る。

10

【0119】

ステップ S40 では、ステップ S38 で得られた脱硝触媒 104 の活性度  $F_{\text{SO}_2}(t, A_n)$ ,  $F_{\text{NH}_3}(t, A_n) = K_{\text{SO}_2} / K_{\text{SO}_2 0}$  に基づいて脱硝触媒 104 の再生処理を行うか否かを判定する。

【0120】

再生処理は、例えば、各領域  $A_0 \sim A_n$  における脱硝触媒 104 の活性度の値が所定の基準閾値を下回った場合に行うものとして行うことができる。また、例えば、各領域  $A_0 \sim A_n$  における脱硝触媒 104 の活性度の平均値が所定の基準閾値を下回った場合に行うものとしてもよい。ただし、これらに限定されるものではなく、脱硝触媒 104 の活性度に基づいた処理であればよい。

20

【0121】

劣化対策処理を行う場合には、図 5 に示した再生処理のフローチャートのステップ S12 以降の処理に移行する。そうでない場合にはステップ S30 に処理を移して次の時刻 T における劣化予測処理を行う。

【0122】

また、劣化対策処理では、例えば、ディスプレイ 34 に脱硝触媒 104 の活性度が基準閾値を超えたことを示す情報を表示させてユーザ ( 燃焼機器 102 の管理者 ) に対して警告を呈示するものとしてもよい。また、警報器 36 から音や光を発することによってユーザ ( 燃焼機器 102 の管理者 ) に対して警告を呈示するものとしてもよい。

30

【0123】

この場合、ユーザは、手動で排ガスの温度  $T_{mp}$  を上昇させる処理を実行させたり、燃焼機器 102 を停止させて脱硝触媒 104 の再生処理を開始させたりすることができる。

【0124】

以下に、上記処理についてより具体的に説明する。脱硝処理開始時には、ステップ S30 から S32 では各種データが取得され、ステップ S34 にて、各領域  $A_0 \sim A_n$  の脱硝触媒 104 の活性度  $F_{\text{SO}_2}(t, A_n)$ ,  $F_{\text{NH}_3}(t, A_n) = K_{\text{SO}_2} / K_{\text{SO}_2 0}$  は 1 ( 劣化なし ) として、脱硝触媒 104 の入口から流入した排ガスによる各領域  $A_0 \sim A_n$  の出口側境界の三酸化硫黄 ( $\text{SO}_3$ ) 及びアンモニア ( $\text{NH}_3$ ) の濃度が求められる。すなわち、時刻  $T = 0$  において領域  $A_0$  を通過する時間  $t$  での三酸化硫黄 ( $\text{SO}_3$ ) 及びアンモニア ( $\text{NH}_3$ ) の濃度は、領域  $A_0$  での活性度  $F_{\text{SO}_2}(t, A_n)$ ,  $F_{\text{NH}_3}(t, A_n) = K_{\text{SO}_2} / K_{\text{SO}_2 0}$  を 1 として反応速度式 (5) 及び (6) に反応速度係数  $K_{\text{SO}_2}$ ,  $K_{\text{NH}_3}$  及び触媒入口部の排ガスにおける二硫化硫黄 ( $\text{SO}_2$ ) 及びアンモニア ( $\text{NH}_3$ ) の濃度を代入して求めることができる。時刻  $T = 0$  に脱硝触媒 104 の入口から流入した排ガスは時刻  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $\dots$ ,  $t_n$  に各領域  $A_1 \sim A_n$  の境界に到達することになるので、時刻  $t_1$  において領域  $A_1$  を通過する時間  $t$  での三酸化硫黄 ( $\text{SO}_3$ ) 及びアンモニア ( $\text{NH}_3$ ) の濃度は、時刻  $t_1$  における領域  $A_1$  での活性度  $F_{\text{SO}_2}(t, A_n)$ ,  $F_{\text{NH}_3}(t, A_n) = K_{\text{SO}_2} / K_{\text{SO}_2 0}$  を 1 として反応速度式 (5) 及び (6) に反応速度係数  $K_{\text{SO}_2}$ ,  $K_{\text{NH}_3}$  及び領域  $A_1$  に到達する二硫化硫黄 ( $\text{SO}_2$ ) 及びアンモニア ( $\text{NH}_3$ ) の濃度を代入して求め

40

50

ることができる。同様に、時刻  $t_2$  において領域  $A_2$  を通過する時間  $t$  での三酸化硫黄 ( $SO_3$ ) 及びアンモニア ( $NH_3$ ) の濃度、時刻  $t_3$  において領域  $A_3$  を通過する時間  $t$  での三酸化硫黄 ( $SO_3$ ) 及びアンモニア ( $NH_3$ ) の濃度・・・時刻  $t_n$  において領域  $A_n$  を通過する時間  $t$  での三酸化硫黄 ( $SO_3$ ) 及びアンモニア ( $NH_3$ ) の濃度を算出することができる。

#### 【0125】

次に、ステップ  $S_{36}$  にて、時刻  $T = 0$  における領域  $A_0$  での三酸化硫黄 ( $SO_3$ ) 及びアンモニア ( $NH_3$ ) の濃度、時刻  $t_1$  における領域  $A_1$  での三酸化硫黄 ( $SO_3$ ) 及びアンモニア ( $NH_3$ ) の濃度・・・及び反応 (排ガス) の温度  $T_{mp}$  から、時刻  $T = 0$  における領域  $A_0$  での硫酸 ( $(NH_4)HSO_4$ ) の析出量、時刻  $t_1$  における領域  $A_1$  での硫酸 ( $(NH_4)HSO_4$ ) の析出量・・・を求める。この算出された析出量を時刻  $T = 0$  までの領域  $A_0$  での硫酸 ( $(NH_4)HSO_4$ ) の析出量の累積値、時刻  $t_1$  における領域  $A_1$  での硫酸 ( $(NH_4)HSO_4$ ) の析出量の累積値・・・の初期値とする。

10

#### 【0126】

ステップ  $S_{38}$  では、時刻  $T = 0$  における各領域  $A_0 \sim A_n$  の硫酸 ( $(NH_4)HSO_4$ ) の析出量の累積値から領域  $A_0$  の脱硝触媒  $104$  の活性度  $F_{SO_2}(t, A_n)$ ,  $F_{NH_3}(t, A_n) = K_{SO_2} / K_{SO_20}$  を求める。他の領域  $A_1 \sim A_n$  には未だ排ガスは到達していないので、脱硝触媒  $104$  の活性度  $F_{SO_2}(t, A_n)$ ,  $F_{NH_3}(t, A_n) = K_{SO_2} / K_{SO_20}$  は  $1$  のままとなる。

20

#### 【0127】

ステップ  $S_{40}$  では、ステップ  $S_{38}$  で求められた各領域  $A_0 \sim A_n$  の脱硝触媒  $104$  の活性度  $F_{SO_2}(t, A_n)$ ,  $F_{NH_3}(t, A_n) = K_{SO_2} / K_{SO_20}$  に基づいて劣化に対する再生処理を行うか否かを判定し、再生処理を行わない場合にはステップ  $S_{30}$  に処理を戻す。

#### 【0128】

ステップ  $S_{30}$  から  $S_{32}$  では各種データが再び取得され、ステップ  $S_{34}$  にて、時刻  $T = t$  に脱硝触媒  $104$  の入口から流入した排ガスによって三酸化硫黄 ( $SO_3$ ) 及びアンモニア ( $NH_3$ ) の濃度が求められる。ここでは、領域  $A_0$  についてはステップ  $S_{38}$  において新たに得られた活性度  $F_{SO_2}(t, A_n)$ ,  $F_{NH_3}(t, A_n) = K_{SO_2} / K_{SO_20}$  を用いて濃度を算出し、他の領域  $A_1 \sim A_n$  については  $1$  (劣化なし) として三酸化硫黄 ( $SO_3$ ) 及びアンモニア ( $NH_3$ ) の濃度が求められる。すなわち、時刻  $T = t$  において領域  $A_0$  を通過する時間  $t$  での三酸化硫黄 ( $SO_3$ ) 及びアンモニア ( $NH_3$ ) の濃度は、ステップ  $S_{38}$  において時刻  $T = 0$  における処理で得られた領域  $A_0$  での活性度  $F_{SO_2}(t, A_n)$ ,  $F_{NH_3}(t, A_n) = K_{SO_2} / K_{SO_20}$  の値を用いて、反応速度式 (5) 及び (6) に反応速度係数  $K_{SO_2}$ ,  $K_{NH_3}$  及び触媒入口部の排ガスにおける二酸化硫黄 ( $SO_2$ ) 及びアンモニア ( $NH_3$ ) の濃度を代入して求めることができる。時刻  $T = t$  に脱硝触媒  $104$  の入口から流入した排ガスは時刻  $t_1$ ,  $t_2$ , ...  $t_n$  後に各領域  $A_1 \sim A_n$  の境界に到達することになるので、時刻  $t + t_1$  において領域  $A_1$  を通過する時間  $t$  での三酸化硫黄 ( $SO_3$ ) 及びアンモニア ( $NH_3$ ) の濃度は、時刻  $t + t_1$  における領域  $A_1$  での活性度  $F_{SO_2}(t, A_n)$ ,  $F_{NH_3}(t, A_n) = K_{SO_2} / K_{SO_20}$  を  $1$  として反応速度式 (5) 及び (6) に反応速度係数  $K_{SO_2}$ ,  $K_{NH_3}$  及び領域  $A_1$  に到達する二酸化硫黄 ( $SO_2$ ) 及びアンモニア ( $NH_3$ ) の濃度を代入して求めることができる。同様に、時刻  $t + t_2$  において領域  $A_2$  を通過する時間  $t$  での三酸化硫黄 ( $SO_3$ ) 及びアンモニア ( $NH_3$ ) の濃度、時刻  $t + t_3$  において領域  $A_3$  を通過する時間  $t$  での三酸化硫黄 ( $SO_3$ ) 及びアンモニア ( $NH_3$ ) の濃度・・・時刻  $t + t_n$  において領域  $A_n$  を通過する時間  $t$  での三酸化硫黄 ( $SO_3$ ) 及びアンモニア ( $NH_3$ ) の濃度を算出することができる。

30

40

#### 【0129】

次に、ステップ  $S_{36}$  にて、時刻  $T = t$  における領域  $A_0$  での三酸化硫黄 ( $SO_3$ ) 及びアンモニア ( $NH_3$ ) の濃度、時刻  $t + t_1$  における領域  $A_1$  での三酸化硫黄 ( $S$

50

$O_3$ ) 及びアンモニア ( $NH_3$ ) の濃度・・・及び反応 (排ガス) の温度  $T_{mp}$  から、時刻  $T = t$  における領域  $A_0$  での硫酸 ( $(NH_4)HSO_4$ ) の析出量、時刻  $t + t_1$  における領域  $A_1$  での硫酸 ( $(NH_4)HSO_4$ ) の析出量・・・を求める。この算出された析出量から時刻  $T = t$  までの領域  $A_0$  での硫酸 ( $(NH_4)HSO_4$ ) の析出量の累積値を求める。すなわち、領域  $A_0$  については時刻  $T = 0$  及び  $T = t$  における硫酸 ( $(NH_4)HSO_4$ ) の析出量の総和が累積値となり、領域  $A_1$  については時刻  $T = 0$  に対する処理で得られた時刻  $T = t_1 (= t)$  における硫酸 ( $(NH_4)HSO_4$ ) の析出量が累積値となる。領域  $A_2 \sim A_n$  についてはガスとして存在し得る三酸化硫黄 ( $SO_3$ ) の分圧より、各領域  $A_2 \sim A_n$  において触媒で酸化し生成される三酸化硫黄 ( $SO_3$ ) の生成濃度が下回り、硫酸 ( $(NH_4)HSO_4$ ) の析出量は 0 となる。

10

## 【0130】

ステップ S 38 では、時刻  $T = t$  における各領域  $A_0$  及び  $A_1$  の硫酸 ( $(NH_4)HSO_4$ ) の析出量の累積値から領域  $A_0$  及び  $A_1$  の脱硝触媒 104 の活性度  $F_{SO_2}(t, A_n)$ ,  $F_{NH_3}(t, A_n) = K_{SO_2} / K_{SO_20}$  を求める。他の領域  $A_2 \sim A_n$  には硫酸析出量が未だ 0 なので、脱硝触媒 104 の活性度  $F_{SO_2}(t, A_n)$ ,  $F_{NH_3}(t, A_n) = K_{SO_2} / K_{SO_20}$  は 1 のままとなる。

## 【0131】

ステップ S 40 では、ステップ S 38 で求められた各領域  $A_0 \sim A_n$  の脱硝触媒 104 の活性度  $F_{SO_2}(t, A_n)$ ,  $F_{NH_3}(t, A_n) = K_{SO_2} / K_{SO_20}$  に基づいて脱硝触媒 104 の再生処理を行うか否かを判定し、再生処理を行わない場合にはステップ S 30 に処理を戻す。

20

## 【0132】

このような処理を繰り返すことによって、脱硝触媒 104 の劣化予測処理を実行し、予測結果に基づいて脱硝触媒 104 の再生処理を開始することができる。ただし、劣化予測処理は上記に限定されるものではなく、燃焼機器 102 からの排ガスにアンモニア系物質を添加して脱硝触媒 104 で窒素酸化物の分解を行う排ガス処理において、硫酸酸化物による脱硝触媒 104 の劣化を少なくとも温度  $T_{mp}$  と硫酸酸化物の酸化率との関係に基づいて予測するものであればよい。特に、温度  $T_{mp}$  と硫酸酸化物の酸化率との関係は、温度が上がるほど酸化率が下がる関係とすることが好適であるが、温度が上がるにつれて二酸化硫黄 ( $SO_2$ ) の酸化率が上がる温度域又は当該特性の触媒に用いることも可能である。

30

## 【0133】

また、燃焼機器 102 から排出される排ガスの時間的な変化が予想できる場合には、その排ガスの性状 (排ガスの流量、温度、窒素酸化物濃度及び硫酸酸化物濃度等) の変化の予想値に基づいて、脱硝触媒 104 の劣化の将来的な予測を行うことも可能である。

## 【0134】

例えば、燃焼機器 102 から排出される排ガスの性状が時間的に変化しない場合には、劣化予測処理においてステップ S 30 で最初に取得した排ガスの性状 (排ガスの流量、温度、窒素酸化物濃度及び硫酸酸化物濃度等) に基づいて将来に亘って脱硝触媒 104 に析出される硫酸 ( $(NH_4)HSO_4$ ) の量を算出し、その量から脱硝触媒 104 の活性度が所定の基準閾値を超える時刻を求め、その予想時刻をユーザに呈示するものとしてもよい。

40

## 【産業上の利用可能性】

## 【0135】

以上の実施形態は、船舶用のディーゼル機関の排ガスの処理に適用することができるがこれに限定されるものではなく、他の移動体、例えば鉄道車両、自動車等についても適用することができる。また、ディーゼル機関以外の間欠燃焼を行う機関 (直噴式のオート機関等) についても適用することができる。さらに、ゴミ焼却器や火力発電設備等の一般の燃焼機器にも適用が可能である。

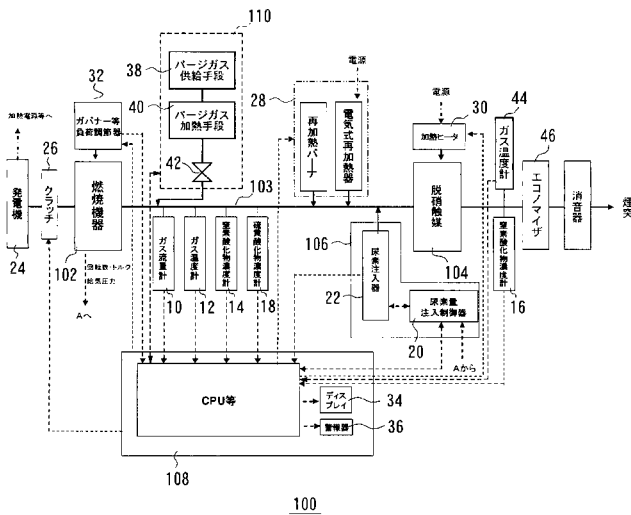
## 【符号の説明】

50

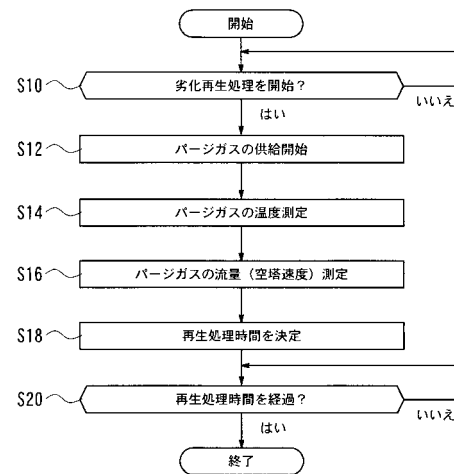
【0136】

12 ガス温度計、14, 16 窒素酸化物濃度計、18 硫黄酸化物濃度計、28 排ガス加熱手段、30 加熱ヒータ、32 ガバナー等負荷調節器、38 パージガス供給手段、40 パージガス加熱手段、42 流量制御弁、44 ガス温度計、100 脱硝システム、102 燃焼機器、103 ガス通路、104 脱硝触媒、106 還元剤供給部、108 制御部。

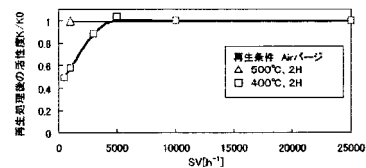
【図4】



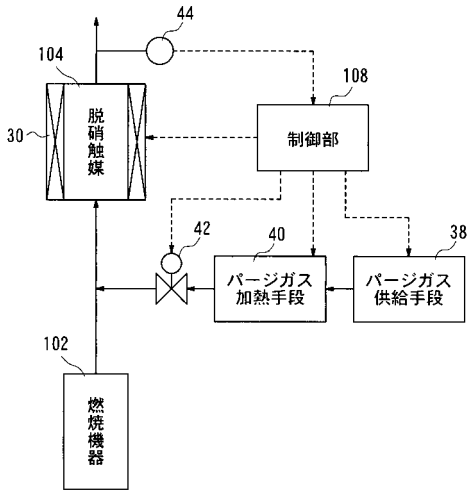
【図5】



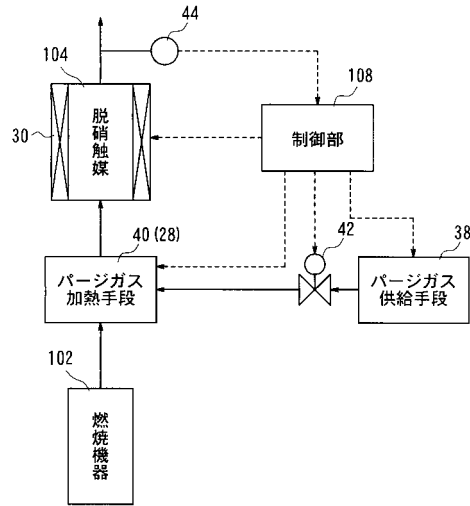
【図6】



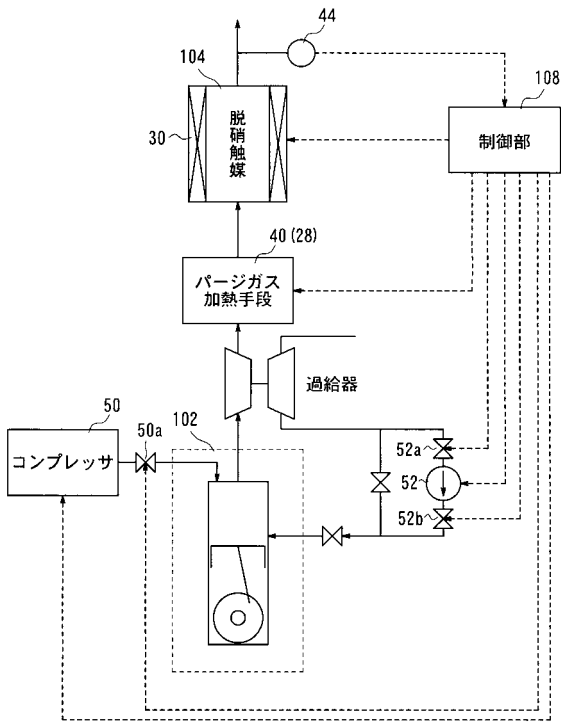
【 図 7 】



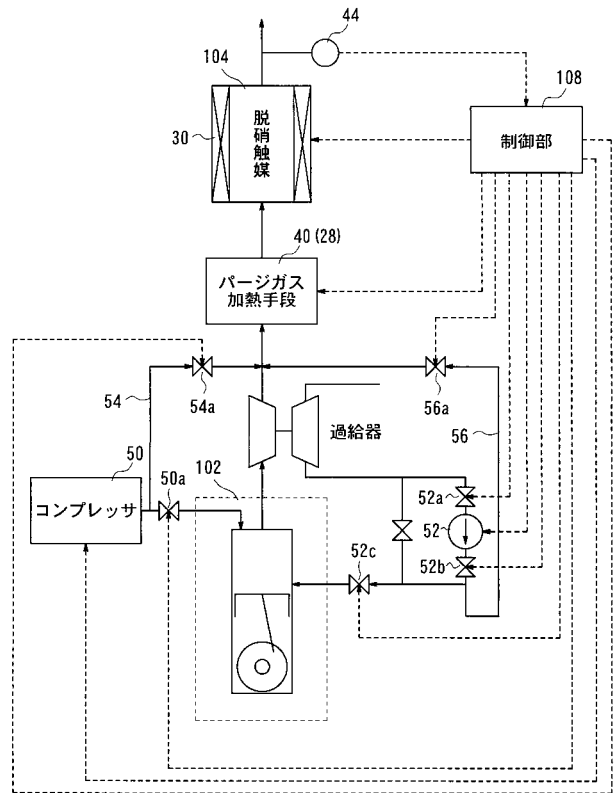
【 図 8 】



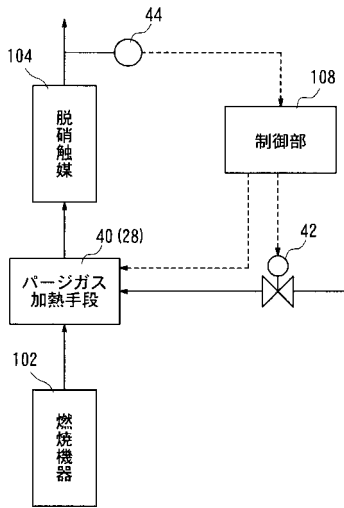
【 図 9 】



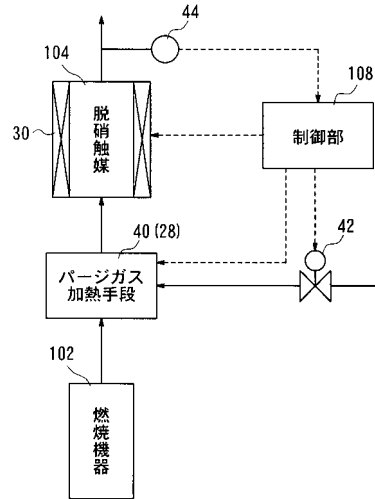
【 図 10 】



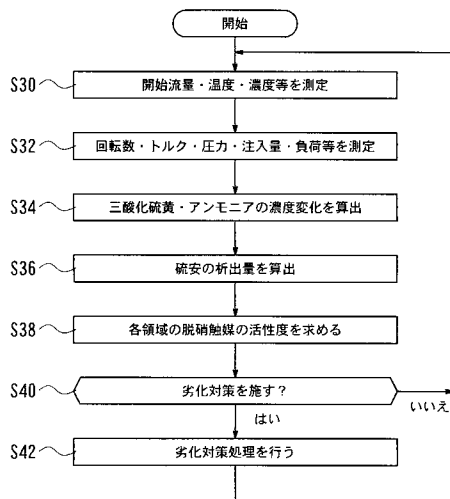
【 図 1 1 】



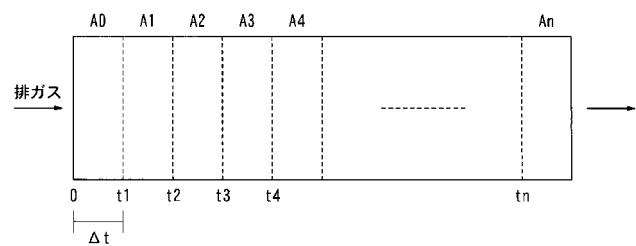
【 図 1 2 】



【 図 1 3 】

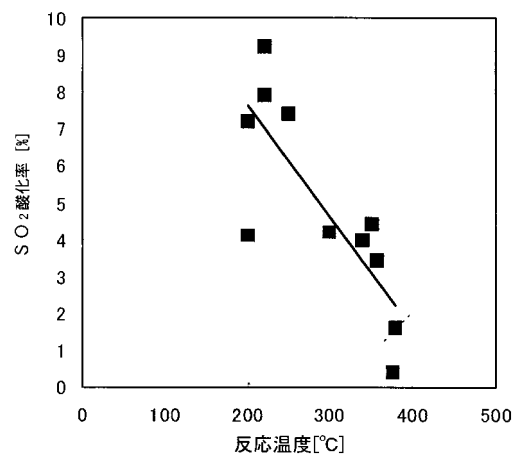


【 図 1 4 】

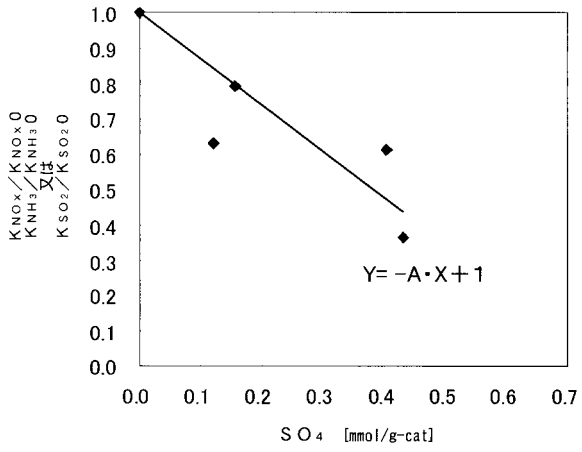


104

【 図 1 5 】

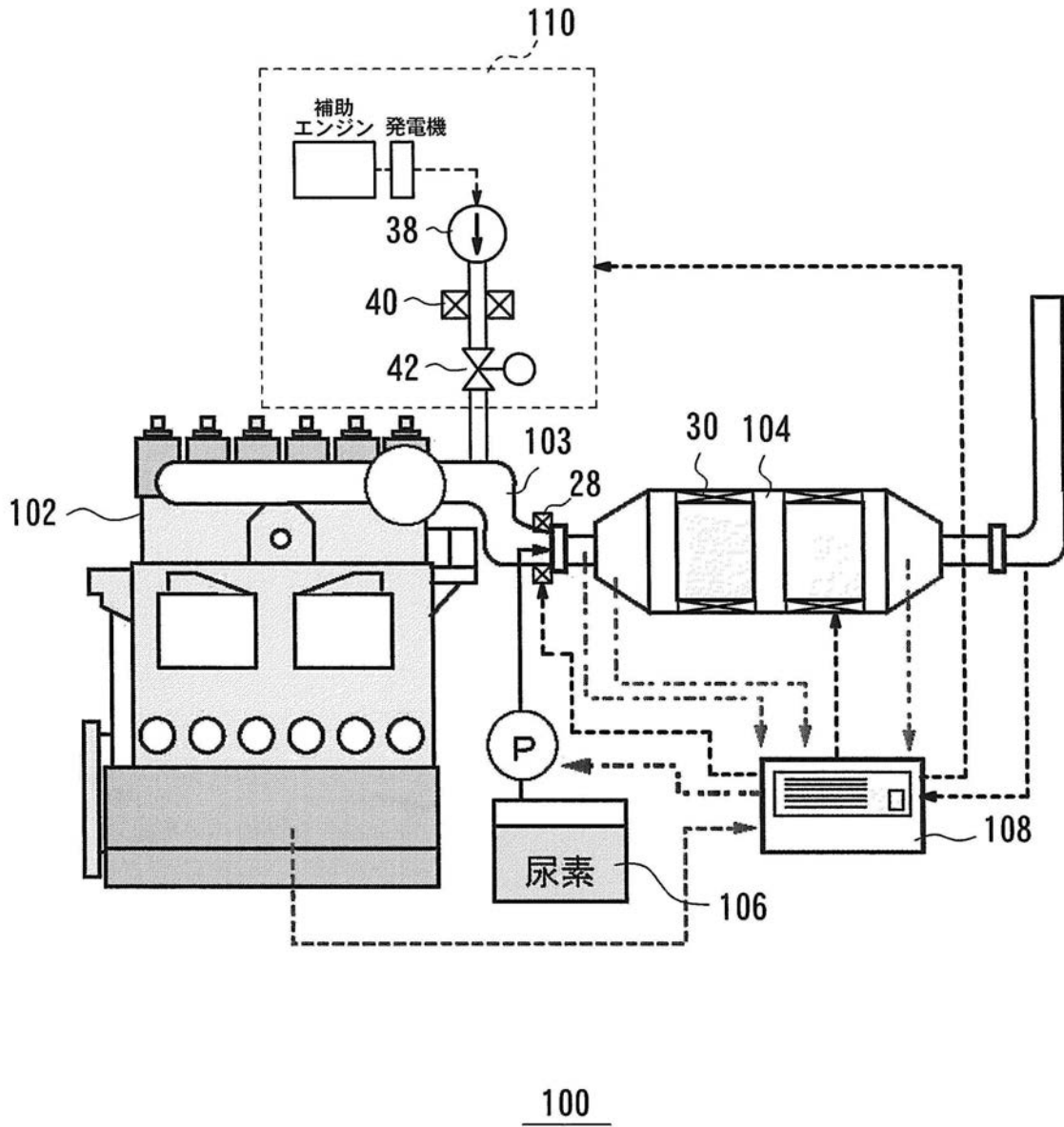


【 図 16 】

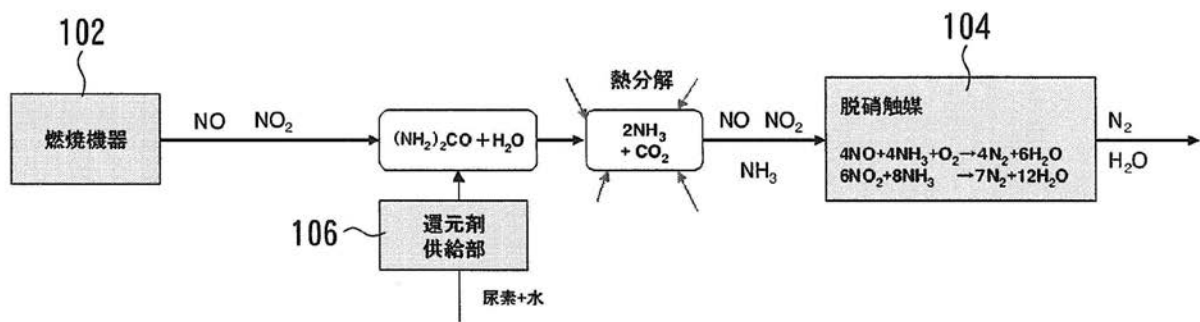




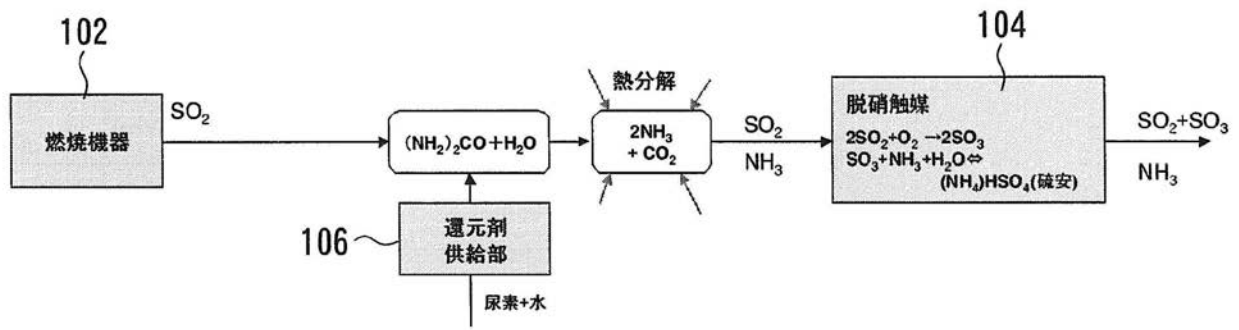
【図1】



【図2】



【 図 3 】



## フロントページの続き

- (71)出願人 000005902  
三井造船株式会社  
東京都中央区築地5丁目6番4号
- (74)代理人 110001210  
特許業務法人Y K I 国際特許事務所
- (72)発明者 稲葉 利晴  
東京都三鷹市新川6丁目3番1号 独立行政法人海上技術安全研究所内
- (72)発明者 岸 武行  
東京都三鷹市新川6丁目3番1号 独立行政法人海上技術安全研究所内
- (72)発明者 川内 智詞  
東京都三鷹市新川6丁目3番1号 独立行政法人海上技術安全研究所内
- (72)発明者 仁木 洋一  
東京都三鷹市新川6丁目3番1号 独立行政法人海上技術安全研究所内
- (72)発明者 高木 正英  
東京都三鷹市新川6丁目3番1号 独立行政法人海上技術安全研究所内
- (72)発明者 金子 純蔵  
東京都三鷹市新川6丁目3番1号 独立行政法人海上技術安全研究所内
- (72)発明者 福田 哲吾  
東京都三鷹市新川6丁目3番1号 独立行政法人海上技術安全研究所内
- (72)発明者 平田 宏一  
東京都三鷹市新川6丁目3番1号 独立行政法人海上技術安全研究所内

Fターム(参考) 3G091 AA18 AB04 BA07 BA11 BA14 CA17  
4D048 AA06 AB02 AC04 BA07Y BA23Y BA27Y BA41Y BB02 BD01 BD04  
4G169 AA03 AA10 BA04 BC54 BC55A BC60 CA02 CA08 CA13 GA06