

(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2017-180157
(P2017-180157A)

(43) 公開日 平成29年10月5日(2017.10.5)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
FO1N 3/08 (2006.01)	FO1N 3/08 ZABB	3G091
FO1N 3/24 (2006.01)	FO1N 3/24 C	4D148
BO1D 53/94 (2006.01)	FO1N 3/08 H	
BO1D 53/96 (2006.01)	FO1N 3/24 R	
FO1N 3/20 (2006.01)	FO1N 3/24 Z	

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 16 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2016-64949 (P2016-64949)
(22) 出願日 平成28年3月29日 (2016.3.29)

(71) 出願人 501204525
国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所
東京都三鷹市新川6丁目38番1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 岸 武行
東京都三鷹市新川6丁目38番1号 国立研究開発法人 海上技術安全研究所内

(72) 発明者 西尾 澄人
東京都三鷹市新川6丁目38番1号 国立研究開発法人 海上技術安全研究所内

(72) 発明者 栗原 敏郎
東京都三鷹市新川6丁目38番1号 国立研究開発法人 海上技術安全研究所内
最終頁に続く

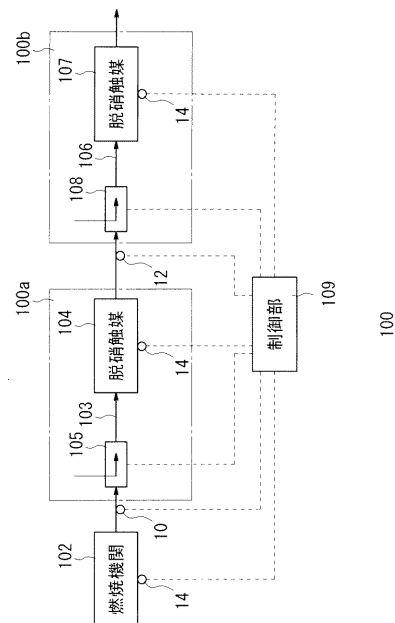
(54) 【発明の名称】 脱硝システム

(57) 【要約】

【課題】 触媒への酸性硫酸の析出速度を低下させて触媒の劣化を抑制することができる脱硝システムを提供する。

【解決手段】 窒素酸化物と還元剤を反応させる第1脱硝触媒104及び第2脱硝触媒107と、第1脱硝触媒104及び第2脱硝触媒107の上流に配置され、還元剤を排気ガスに注入する第1還元剤供給部105及び第2還元剤供給部108を備え、第1脱硝触媒104及び第2脱硝触媒107を直列に配置すると共に、第1還元剤供給部105及び第2還元剤供給部108から注入する還元剤の注入量をそれぞれの排気ガスの窒素酸化物に対する当量比で0.8未満の通常注入量に制限する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

燃料中の硫黄分が 0.1% を超える重油を燃焼させる燃焼機関の排気ガスの窒素酸化物を処理する脱硝システムであって、

前記窒素酸化物と還元剤を反応させる脱硝触媒と、

前記脱硝触媒の上流に配置され、前記還元剤を前記排気ガスに注入する還元剤注入手段を有した脱硝ユニットを複数備え、

複数の前記脱硝ユニットを直列に配置すると共に、

それぞれの前記還元剤注入手段から注入する前記還元剤の注入量をそれぞれの前記脱硝触媒を通過する前記排気ガスの前記窒素酸化物に対する当量比で 0.8 未満の通常注入量に制限することを特徴とする脱硝システム。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載の脱硝システムであって、

前記脱硝触媒の再生時は再生対象の前記脱硝ユニットにおける前記還元剤注入手段による前記還元剤の注入を止め、前記脱硝触媒を通過する前記排気ガスにより前記脱硝触媒の再生を行うことを特徴とする脱硝システム。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の脱硝システムであって、

前記再生時に、再生対象以外の前記脱硝ユニットのうち少なくとも一つの前記脱硝ユニットにおける前記還元剤注入手段による前記還元剤の注入量を前記通常注入量を超える当量比にすることを特徴とする脱硝システム。

20

【請求項 4】

請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の脱硝システムであって、

前記脱硝ユニットを 3 個以上備え、

前記脱硝ユニットのうちの少なくとも 2 個を並列に配置したことを特徴とする脱硝システム。

【請求項 5】

請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の脱硝システムであって、

複数の前記脱硝ユニットをそれぞれつなぐ配管と、

それぞれの前記配管の接続を切り替える配管切替手段を備え、

前記配管切替手段により前記排気ガスの通路を変更することを特徴とする脱硝システム

30

【請求項 6】

請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の脱硝システムであって、

前記脱硝ユニットが前記窒素酸化物の濃度を検出する窒素酸化物濃度検出手段を有し、前記通常注入量を前記窒素酸化物濃度検出手段の検出結果に基づいて決めることを特徴とする脱硝システム。

【請求項 7】

請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の脱硝システムであって、

前記燃焼機関が内燃機関であり、前記内燃機関の回転数を検出する回転数検出手段を備え、前記通常注入量を前記回転数検出手段の検出結果に基づいて決めることを特徴とする脱硝システム。

40

【請求項 8】

請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の脱硝システムであって、

前記燃焼機関とともに移動体に搭載され、

前記移動体の地理的位置の環境規制条件に応じて前記通常注入量を変更することを特徴とする脱硝システム。

【請求項 9】

請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の脱硝システムであって、

前記燃焼機関とともに移動体に搭載され、

50

前記移動体の地理的位置の環境規制条件に応じて複数の前記脱硝ユニットの使用する組み合わせを変更することを特徴とする脱硝システム。

【請求項 10】

請求項 2 又は 3 に記載の脱硝システムであって、

前記燃焼機関とともに移動体に搭載され、前記移動体の地理的位置の環境規制条件が緩和される位置において前記再生を行うことを特徴とする脱硝システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、脱硝システムに関する。

10

【背景技術】

【0002】

国際海事機関（IMO）による船舶機関への窒素酸化物（NO_x）三次規制に対応するための手段の一つとして選択触媒還元（SCR：Selective Catalytic Reduction）の研究開発が盛んになっている。

【0003】

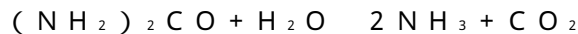
脱硝方法として、排気ガス通路に設けたチタン・バナジウム系の触媒に還元剤となるアンモニアを供給することによって窒素酸化物（NO_x）と反応させ、化学式（1）のように、水と窒素に分解するアンモニア選択接触還元法が知られている。また、排気ガス通路に尿素を噴射し、化学式（2）のように尿素を分解することによってアンモニアを触媒へ供給する方法が採られている。

20

[化 1]



[化 2]



【0004】

乾式アンモニア選択接触還元法において、第 1 脱硝装置と第 2 脱硝装置との間に第 1 脱硝装置から排出された燃焼ガスを攪拌してその窒素酸化物濃度分布を均一にするミキシング装置を配置した構成が開示されている（特許文献 1）。また、複数段の触媒充填部を直列方向に配置し、各段の上流側に還元剤添加管を設けると共に冷却器を設けて触媒充填部の温度上昇を防ぐ構成が開示されている（特許文献 2）。また、当該構成において、触媒充填部の触媒を再生するために、触媒充填部の上流段にいくほど還元剤の添加量を多くすると共に排気ガス温度を一時的に 300 ~ 400 に上昇させる構成が開示されている（特許文献 3）。また、500 以上の窒素酸化物を含む排ガスに対し、第 1 段触媒層と第 2 段触媒層を直列に接続し、各段に対して還元剤であるアンモニアを分割して注入しながら処理する構成が開示されている（特許文献 4）。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

40

【特許文献 1】特許第 3002452 号公報

【特許文献 2】特開平 10 - 323538 号公報

【特許文献 3】特許第 3248166 号公報

【特許文献 4】特開 2003 - 144854 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ところで、ディーゼル燃料、特に船舶等で使用される C 重油等においては燃料中の硫黄成分が高く、排気ガス中に二酸化硫黄（SO₂）が生成され、排気温度が低いと触媒中に酸性硫酸を析出させて劣化させてしまうことが知られている。そこで、窒素酸化物（NO

50

x) の還元効果をできるだけ低下させることなく、酸性硫酸の析出による触媒の劣化を抑制できる脱硝システムが望まれている。

【課題を解決するための手段】

【0007】

請求項1に対応した脱硝システムは、燃料中の硫黄分が0.1%を超える重油を燃焼させる燃焼機関の排気ガスの窒素酸化物を処理する脱硝システムであって、前記窒素酸化物と還元剤を反応させる脱硝触媒と、前記脱硝触媒の上流に配置され、前記還元剤を前記排気ガスに注入する還元剤注入手段を有した脱硝ユニットを複数備え、複数の前記脱硝ユニットを直列に配置すると共に、それぞれの前記還元剤注入手段から注入する前記還元剤の注入量をそれぞれの前記脱硝触媒を通過する前記排気ガスの前記窒素酸化物に対する当量比で0.8未満の通常注入量に制限する。これにより、各脱硝ユニットにおいて触媒への酸性硫酸の析出速度を低下させることができ、触媒の劣化を大幅に抑制することができる。

10

【0008】

ここで、前記脱硝触媒の再生時は再生対象の前記脱硝ユニットにおける前記還元剤注入手段による前記還元剤の注入を止め、前記脱硝触媒を通過する前記排気ガスにより前記脱硝触媒の再生を行うことが好適である。

【0009】

また、前記再生時に、再生対象以外の前記脱硝ユニットのうち少なくとも一つの前記脱硝ユニットにおける前記還元剤注入手段による前記還元剤の注入量を前記通常注入量を超える当量比にすることが好適である。例えば、通常注入量が当量比で0.8未満である場合に、再生時における注入量を当量比で0.8以上とする。

20

【0010】

また、前記脱硝ユニットを3個以上備え、前記脱硝ユニットのうち少なくとも2個を並列に配置することが好適である。

【0011】

また、複数の前記脱硝ユニットをそれぞれつなぐ配管と、それぞれの前記配管の接続を切り替える配管切替手段を備え、前記配管切替手段により前記排気ガスの通路を変更することが好適である。例えば、3つの脱硝ユニットをタンデムに接続した状態、2つの脱硝ユニットを並列に接続したうえで1つの脱硝ユニットをさらにタンデムに接続した状態、2つの脱硝ユニットをタンデムに接続したうえで1つの脱硝ユニットを接続から外した状態を切り替えられる構成とする。

30

【0012】

また、前記脱硝ユニットが前記窒素酸化物の濃度を検出する窒素酸化物濃度検出手段を有し、前記通常注入量を前記窒素酸化物濃度検出手段の検出結果に基づいて決めることが好適である。また、前記燃焼機関が内燃機関であり、前記内燃機関の回転数を検出する回転数検出手段を備え、前記通常注入量を前記回転数検出手段の検出結果に基づいて決めることが好適である。

【0013】

また、前記脱硝システムが前記燃焼機関とともに移動体に搭載され、前記移動体の地理的位置の環境規制条件に応じて前記通常注入量を変更することが好適である。また、前記脱硝システムが前記燃焼機関とともに移動体に搭載され、前記移動体の地理的位置の環境規制条件に応じて複数の前記脱硝ユニットの使用する組み合わせを変更することが好適である。また、前記脱硝システムが前記燃焼機関とともに移動体に搭載され、前記移動体の地理的位置の環境規制条件が緩和される位置において、前記再生を行うことが好適である。

40

【発明の効果】

【0014】

本発明の脱硝システムによれば、燃料中の硫黄分が0.1%を超える重油を燃焼させる燃焼機関の排気ガスの窒素酸化物を処理する脱硝システムであって、前記窒素酸化物と還

50

元剤を反応させる脱硝触媒と、前記脱硝触媒の上流に配置され、前記還元剤を前記排気ガスに注入する還元剤注入手段を、有した脱硝ユニットを複数備え、複数の前記脱硝ユニットを直列に配置すると共に、それぞれの前記還元剤注入手段から注入する前記還元剤の注入量をそれぞれの前記脱硝触媒を通過する前記排気ガスの前記窒素酸化物に対する当量比で0.8未満の通常注入量に制限することによって、触媒への酸性硫酸の析出速度を低下させて触媒の劣化を大幅に抑制することができる。

【0015】

ここで、前記脱硝触媒の再生時は再生対象の前記脱硝ユニットにおける前記還元剤注入手段による前記還元剤の注入を止め、前記脱硝触媒を通過する前記排気ガスにより前記脱硝触媒の再生を行うことによって、複数の脱硝ユニットのうち少なくとも1つによって脱硝処理を継続すると共に、残りの脱硝ユニットに対して再生処理を施すことができる。また、再生に排気ガスの温度を利用するため、余計に加熱装置を持たなくてもすむ。

10

【0016】

また、前記再生時に、再生対象以外の前記脱硝ユニットのうち少なくとも一つの前記脱硝ユニットにおける前記還元剤注入手段による前記還元剤の注入量を前記通常注入量を超える当量比にすることによって、脱硝触媒の再生処理時において通常時の脱硝率を維持した状態において再生処理を同時に行うことができる。

【0017】

また、前記脱硝ユニットを3個以上備え、前記脱硝ユニットのうち少なくとも2個を並列に配置することによって、脱硝システム全体として通気抵抗を低下させると共に、脱硝触媒の劣化を抑制することができる。

20

【0018】

また、複数の前記脱硝ユニットをそれぞれつなぐ配管と、それぞれの前記配管の接続を切り替える配管切替手段を備え、前記配管切替手段により前記排気ガスの通路を変更することによって、様々な状況に応じて脱硝システムの構成を変更しつつ、脱硝処理、再生処理、メンテナンス等を行うことが可能となる。

【0019】

また、前記脱硝ユニットが前記窒素酸化物の濃度を検出する窒素酸化物濃度検出手段を有し、前記通常注入量を前記窒素酸化物濃度検出手段の検出結果に基づいて決めることによって、排気ガス中の窒素酸化物の濃度に応じて適応的に適切な還元剤の通常注入量を設定し、適切な脱硝処理を行うことができる。また、前記燃焼機関が内燃機関であって、前記内燃機関の回転数を検出する回転数検出手段を備え、前記通常注入量を前記回転数検出手段の検出結果に基づいて決めることによって、内燃機関の排気ガスの排気状態に応じて適応的に適切な還元剤の通常注入量を設定し、適切な脱硝処理を行うことができる。

30

【0020】

また、前記脱硝システムが前記燃焼機関とともに移動体に搭載され、前記移動体の地理的位置の環境規制条件に応じて前記通常注入量を変更することによって、地理的な環境規制に応じて適応的に適切な還元剤の通常注入量を設定し、適切な脱硝処理を行うことができる。また、前記脱硝システムが前記燃焼機関とともに移動体に搭載され、前記移動体の地理的位置の環境規制条件に応じて複数の前記脱硝ユニットの使用する組み合わせを変更することによって、地理的な環境規制に応じて適応的に複数の脱硝ユニットの接続状態を変更して、適切な脱硝処理を行うことができる。また、前記脱硝システムが前記燃焼機関とともに移動体に搭載され、前記移動体の地理的位置の環境規制条件が緩和される位置において前記再生を行うことによって、再生を行わない他の脱硝ユニットだけで環境規制に対応でき、脱硝触媒の再生を時間をかけて行うことができる。

40

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】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2】窒素酸化物と還元剤との反応系を示す図である。

【図3】硫黄酸化物と還元剤との反応系を示す図である。

50

【図4】変形例1における脱硝システムの構成を示す図である。

【図5】変形例1における脱硝システムの構成の別例を示す図である。

【図6(a)】変形例2における脱硝システムの接続状態その1を示す図である。

【図6(b)】変形例2における脱硝システムの接続状態その2を示す図である。

【図6(c)】変形例2における脱硝システムの接続状態その3を示す図である。

【図6(d)】変形例2における脱硝システムの接続状態その4を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0022】

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気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、燃焼機関102、第1ガス通路103、第1脱硝触媒104、第1還元剤供給部105、第2ガス通路106、第2脱硝触媒107、第2還元剤供給部108及び制御部109を含んで構成される。ここで、第1脱硝触媒104と第1還元剤供給部105の組、及び、第2脱硝触媒107と第2還元剤供給部108の組がそれぞれ第1脱硝ユニット100a、第2脱硝ユニット100bを構成する。

10

【0023】

燃焼機関102は、エンジンやガスタービン等の内燃機関、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、燃焼機関102から排出される排気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。なお、船舶用の燃焼機関102は熱効率が高いので、排気ガスの温度は200以上280以下の温度範囲となる。

20

【0024】

第1脱硝触媒104及び第2脱硝触媒107は、排気ガス中に含まれる窒素酸化物(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。第1脱硝触媒104及び第2脱硝触媒107は、チタン・バナジウム系の金属とすればよい。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 TiO_2 系触媒が使用される。特に、本実施の形態では、第1脱硝触媒104及び第2脱硝触媒107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、第1脱硝触媒104及び第2脱硝触媒107に対して0.001wt%以上10wt%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、第1脱硝触媒104及び第2脱硝触媒107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)の添加によって第1脱硝触媒104及び第2脱硝触媒107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、第1脱硝触媒104及び第2脱硝触媒107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0.01wt%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。ニオブ(Nb)を添加物として含む脱硝触媒は、特に300を越える温度で有効であるので、通常の排気ガスの温度の200以上280以下の温度範囲を越えて、300以上で急速再生をする場合等で効果が発揮できる。

30

40

【0025】

第1脱硝触媒104及び第2脱硝触媒107は、それぞれ第1ガス通路103及び第2ガス通路106内に直列に接続されて配置される。第1脱硝触媒104及び第2脱硝触媒107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、ハニカム構造とすることが好適である。

【0026】

第1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気ガス中の窒素化合物(NO_x)との反応を促進する。排気ガスには、一酸化窒素(NO)や二酸化窒素(NO_2)等の窒素酸化物(NO_x)が含まれ、第1還元剤供給部105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

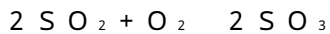
50

)で示される反応によって水と窒素に還元される。第2脱硝触媒107における反応も同様である。

【0027】

また、排気ガスに SO_2 等の硫黄酸化物が含まれる場合、第1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。排気ガスに含まれる二酸化硫黄(SO_2)は、第1還元剤供給部105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(SO_3)や酸性硫酸($(\text{NH}_4)\text{HSO}_4$)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。第2脱硝触媒107における反応も同様である。

[化3]



[化4]



【0028】

第1還元剤供給部105及び第2還元剤供給部108は、それぞれ尿素タンク、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。これらの構成要素のうち共通化できるものは第1還元剤供給部105及び第2還元剤供給部108において兼用してもよい。第1還元剤供給部105及び第2還元剤供給部108は、噴射ノズルを介して尿素(尿素水)と空気とをそれぞれ第1ガス通路103及び第2ガス通路106へ供給するために設けられる。例えば、尿素(尿素水)を還元剤として第1ガス通路103及び第2ガス通路106内へ噴射し、化学式(2)で表される分解反応により生ずるアンモニアを第1脱硝触媒104及び第2脱硝触媒107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第1ガス通路103及び第2ガス通路106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、第1還元剤供給部105及び第2還元剤供給部108から第1ガス通路103及び第2ガス通路106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、それぞれ第1ガス通路103内の第1脱硝触媒104よりも上流側及び第2ガス通路106内の第2脱硝触媒107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第1ガス通路103及び第2ガス通路106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。

【0029】

制御部109は、脱硝システム100を統合的に制御する。制御部109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109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における還元剤の注入タイミングや注入量を制御する。また、制御部109は、第1脱硝触媒104及び第2脱硝触媒107の再生開始タイミングや再生処理時間を計測するための時計(タイマ)を内蔵する。

【0030】

第1ガス通路103には窒素酸化物センサ10が設けられており、第1ガス通路103

を流れる排気ガス中に含まれる窒素酸化物（ NO_x ）の濃度が制御部 109 へ入力される。また、第 2 ガス通路 106 にも窒素酸化物センサ 12 が設けられており、第 2 ガス通路 106 を流れる排気ガス中に含まれる窒素酸化物（ NO_x ）の濃度が制御部 109 へ入力される。窒素酸化物センサ 10, 12 としては、化学発光式 NO_x 計や定電圧電解式 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。

【0031】

また、燃焼機関 102 には回転数センサ 14 が設けられており、燃焼機関 102 の回転数が制御部 109 へ入力される。

【0032】

制御部 109 は、回転数センサ 14 で測定された燃焼機関 102 の回転数から排気ガスの排出量を推定する。例えば、制御部 109 は、予め測定した回転数と排気ガスの排出量との排出量データベースを記憶しておき、当該排出量データベースを参照して回転数センサ 14 で測定された回転数に相当する排出量を推定する。そして、制御部 109 は、推定された排気ガスの排出量と窒素酸化物センサ 10, 12 で測定された第 1 ガス通路 103 及び第 2 ガス通路 106 での窒素酸化物（ NO_x ）の量に応じて第 1 還元剤供給部 105 及び第 2 還元剤供給部 108 から注入する還元剤（尿素）の量を制御する。

10

【0033】

本実施の形態では、制御部 109 は、第 1 脱硝触媒 104 及び第 2 脱硝触媒 107 のそれぞれの段における還元剤の噴射当量比を脱硝システム 100 全体として必要とされる窒素酸化物（ NO_x ）の還元率に相当する値よりも小さく設定する。例えば、脱硝システム 100 全体として必要とされる窒素酸化物（ NO_x ）の還元率が 80%（当量比換算で 0.8）である場合、第 1 脱硝触媒 104 及び第 2 脱硝触媒 107 のそれぞれの段における還元剤の噴射当量比を 0.8 未満に設定される。

20

【0034】

ここで、当量比とは、第 1 脱硝触媒 104 及び第 2 脱硝触媒 107 のそれぞれにおいて、流入する排気ガスに含まれる窒素酸化物（ NO_x ）が 100% 還元されるために丁度必要な還元剤の噴射量に対する実際に注入される還元剤の噴射量の比を意味する。すなわち、第 1 還元剤供給部 105 から噴射される還元剤の当量比が 1 である場合には、第 1 脱硝触媒 104 に流入する排気ガス中の窒素酸化物（ NO_x ）は第 1 脱硝触媒 104 にて理想的には 100% 還元される。したがって、この場合には第 2 脱硝触媒 107 に流入する排気ガスには理想的には窒素酸化物（ NO_x ）は含まれない状態となる。また、第 1 還元剤供給部 105 から噴射される還元剤の当量比が 0.6 である場合には、第 1 脱硝触媒 104 に流入する排気ガス中の窒素酸化物（ NO_x ）は第 1 脱硝触媒 104 にて 60% 還元される。したがって、この場合には第 2 脱硝触媒 107 に流入する排気ガスには第 1 脱硝触媒 104 へ流入する前の 40% の窒素酸化物（ NO_x ）が含まれる状態となる。

30

【0035】

本実施の形態では、第 1 脱硝触媒 104 及び第 2 脱硝触媒 107 のそれぞれの段における還元剤の噴射当量比を脱硝システム 100 全体として必要とされる窒素酸化物（ NO_x ）の還元率に相当する値よりも小さく設定することによって、第 1 脱硝触媒 104 及び第 2 脱硝触媒 107 への酸性硫酸の析出速度を低下させ、第 1 脱硝触媒 104 及び第 2 脱硝触媒 107 の劣化の進行を遅らせることができる。例えば、窒素酸化物（ NO_x ）に対して 80% 以上の還元率が要求される排出規制海域（ECA: Emission Control Area）においても、第 1 脱硝触媒 104 及び第 2 脱硝触媒 107 のそれぞれの段における還元剤の噴射当量比を 0.8 未満に設定することができ、これにより第 1 脱硝触媒 104 及び第 2 脱硝触媒 107 の劣化の進行を遅らせることができる。

40

【0036】

第 1 脱硝触媒 104 及び第 2 脱硝触媒 107 の各段における還元剤の噴射量の当量比が低いと、噴射される還元剤の絶対量の比以上に酸性硫酸の第 1 脱硝触媒 104 及び第 2 脱硝触媒 107 への析出速度が低下する。例えば、当量比が 0.8 のときに比べて当量比が 0.2 のときでは、第 1 脱硝触媒 104 及び第 2 脱硝触媒 107 の各段における酸性硫酸

50

の析出速度は1/4にならずにほぼ0に近くなる。また、当量比が0.8のときに比べて当量比が0.6のときでは、第1脱硝触媒104及び第2脱硝触媒107の各段における酸性硫酸の析出速度は3/4にならずに1/6程度になる。

【0037】

この理由は以下の通りである。酸性硫酸は、排気ガス中の二酸化硫黄(SO_2)が第1脱硝触媒104、第2脱硝触媒107上で三酸化硫黄(SO_3)に酸化した後、その三酸化硫黄(SO_3)がアンモニアと反応して生じるが、この際の二酸化硫黄(SO_2)の酸化反応は脱硝反応に比べて遅い。還元剤の当量比が小さい場合、生成した少量のアンモニアが先に脱硝反応に費やされ、二酸化硫黄(SO_2)が酸化して三酸化硫黄(SO_3)になる前にアンモニアがほぼ全て脱硝反応に費やされてしまい、酸性硫酸がほとんど生じない。還元剤の当量比が大きい場合、生成したアンモニアの全てが脱硝反応に費やされるまでに時間がかかるようになり、アンモニアの一部が三酸化硫黄(SO_3)と反応して酸性硫酸が生じるようになる。このため、還元剤の当量比が小さい場合、還元剤の噴霧量の絶対量の比以上に、酸性硫酸の第1脱硝触媒104、第2脱硝触媒107への析出速度が低下する。

【0038】

特に、当量比0.8未満の場合に酸性硫酸の析出速度は急激に低下するので、第1脱硝触媒104及び第2脱硝触媒107の各段における還元剤の噴射当量比を0.8未満とすることによって、第1脱硝触媒104及び第2脱硝触媒107への酸性硫酸の析出速度を低下させることができる。

【0039】

一方、還元剤の当量比を低くし過ぎると脱硝システム100における窒素酸化物(NO_x)の還元が不十分となるので、脱硝システム100において実現されるべき窒素酸化物(NO_x)の排出濃度に応じて当量比を決定することが好適である。例えば、排気ガスに含まれる窒素酸化物(NO_x)を80%以上除去して排出するという規制を満足するためには第1還元剤供給部105及び第2還元剤供給部108から噴射する還元剤の当量比を0.56以上とすることが好適である。これにより、第1脱硝触媒104にて当初の排気ガス中の窒素酸化物(NO_x)の56%が還元され、第2脱硝触媒107には残りの44%の窒素酸化物(NO_x)が流入し、第2脱硝触媒107にてその排気ガス中の窒素酸化物(NO_x)の56%がさらに還元されることによって、当初の排気ガス中に含まれる窒素酸化物(NO_x)の80.64%を除去することができる。同様に、例えば、排気ガスに含まれる窒素酸化物(NO_x)を60%以上除去して排出するという規制を満足するためには第1還元剤供給部105及び第2還元剤供給部108から噴射する還元剤の当量比を0.37以上とすることが好適である。これにより、第1脱硝触媒104にて当初の排気ガス中の窒素酸化物(NO_x)の37%が還元され、第2脱硝触媒107には残りの63%の窒素酸化物(NO_x)が流入し、第2脱硝触媒107にてその排気ガス中の窒素酸化物(NO_x)の37%がさらに還元されることによって、当初の排気ガス中に含まれる窒素酸化物(NO_x)の60.31%を除去することができる。

【0040】

また、当量比をあまり小さくしすぎると、窒素酸化物(NO_x)の還元を確保するには、第1脱硝触媒104や第2脱硝触媒107の面積を大きくする必要があるため、第1脱硝触媒104及び第2脱硝触媒107の2段の構成の場合、排気ガス中の窒素酸化物(NO_x)の60%~80%を取り除くためには、それぞれの段において噴射する還元剤の当量比を0.4~0.7程度にすることが好適である。

【0041】

例えば、排出規制海域(ECA: Emission Control Area)では80%以上の脱硝が必要であり、一般海域では80%未満の脱硝でよいので、海域に応じて第1還元剤供給部105及び第2還元剤供給部108から供給される還元剤の当量比を変更したり、還元剤の供給を停止したりするようにしてもよい。

【0042】

10

20

30

40

50

なお、排出規制海域の判断は、衛星系の全世界的測位システムGPSやGLONASS、地上系のロランC等を利用して船舶の地理的位置を検出し、それを排出規制海域情報と照合して排出規制海域か一般海域かを判断する。

【0043】

なお、本実施の形態では、第1脱硝触媒104及び第2脱硝触媒107のそれぞれの上流に噴射する還元剤の当量比を等しくする態様について説明したが、これに限定されるものではない。すなわち、第1還元剤供給部105及び第2還元剤供給部108から噴射される還元剤の当量比は、脱硝システム100から排出される窒素酸化物(NO_x)の濃度が脱硝触媒を1段で使用する場合と同じ程度となり、そのときに1段の脱硝触媒の上流において噴射しなければならない還元剤の当量比よりも少なければよい。

10

【0044】

以上のように、本実施の形態における脱硝システム100によれば、第1脱硝触媒104及び第2脱硝触媒107をタンデムに接続して使用することによって、脱硝システム100全体としての窒素酸化物(NO_x)の除去率を維持しつつ、酸性硫酸の析出速度を低下させて第1脱硝触媒104及び第2脱硝触媒107の劣化を抑制することができる。

【0045】

特に、脱硝システム100を船舶用の燃焼機関102に適用した場合、排気ガスの温度が200 ~ 280 程度と車両等に搭載される燃焼機関102に比べて低温になり、第1脱硝触媒104及び第2脱硝触媒107への酸性硫酸の析出し易いので本発明の適用効果が顕著である。

20

【0046】

また、船舶用の燃焼機関102では硫黄成分が0.1%を超える重油、特に0.5%を超えるC重油を使用することが多いので、他の燃料を使用する場合に比べて第1脱硝触媒104及び第2脱硝触媒107への酸性硫酸の析出し易いので本発明の適用効果が顕著である。

【0047】

[触媒再生処理]

脱硝システム100では第1脱硝触媒104及び第2脱硝触媒107への酸性硫酸の析出速度を低下させることができるが、それでも使用に伴って第1脱硝触媒104及び第2脱硝触媒107へ酸性硫酸が堆積して劣化する。そこで、脱硝システム100では、第1脱硝触媒104及び第2脱硝触媒107の再生処理が可能である。

30

【0048】

制御部109は、第1脱硝触媒104及び第2脱硝触媒107の再生処理を開始するかどうかを判断する。例えば、制御部109は、第1脱硝触媒104及び第2脱硝触媒107の前の再生処理からの経過時間が所定時間を超えると再生処理を開始するようにすればよい。また、排出規制海域(ECA: Emission Control Area)では高率での脱硝が必要であるので再生処理を行わず、一般海域では低率での脱硝でよいので当該海域にて再生処理を開始するようにしてもよい。具体的には、先ず船舶の地理的位置をGPS等で検出し、検出した位置を排出規制海域情報と照合して排出規制海域か一般海域かを判断する。一般海域に船舶が位置することを検出した場合は、例えば、第2脱硝触媒107で排気ガスの脱硝を行いつつ、第1脱硝触媒104の再生を排気ガスで行う。一般海域では低率での脱硝でよいので再生を行わない第2脱硝触媒107だけで環境規制に対応でき、排気ガスが中温であっても船舶の航行時間は長いために第1脱硝触媒104の再生を時間をかけて行うことができる。また、第1脱硝触媒104の再生が完了した場合は、第1脱硝触媒104で脱硝を行い第2脱硝触媒107の再生を行うように切り替える。または、次の排出規制海域に入る場合に備えて、スタンバイをさせておいてもよい。

40

【0049】

このように再生を必要とする場合は、脱硝システム100は、第1脱硝触媒104及び第2脱硝触媒107を同時に再生処理せず、一方に再生処理を施している間は他方で窒素酸化物(NO_x)の還元処理を続けることが好適である。

50

【 0 0 5 0 】

具体的には、第1脱硝触媒104の再生時には、第1還元剤供給部105からの還元剤の噴射を止め、第1脱硝触媒104へ排気ガスを供給し続けることによって、排気ガスの熱によって第1脱硝触媒104を再生させる。すなわち、中温（船舶であれば220～280程度）の排気ガスを第1脱硝触媒104へ供給することにより、第1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、第1脱硝触媒104に析出した酸性硫酸（ $(\text{NH}_4)\text{HSO}_4$ ）を三酸化硫黄（ SO_3 ）のガスとして排出させる。三酸化硫黄（ SO_3 ）のガスは、排気ガスと共に第1脱硝触媒104から効果的に排出される。

【 0 0 5 1 】

通常、酸性硫酸の付着した触媒を再生させるには、300以上の高温をかけ再生することが多いが、中温（220～280程度）でも時間をかければ再生が可能である。酸性硫酸にも、例えば室内の水（ H_2O ）と同様に温度が低くても蒸気圧が存在するため、酸性硫酸の存在しない排気ガス、すなわち、還元剤が噴射されていない中温の排気ガスを長時間流すことにより、酸性硫酸を除去することができる。

【 0 0 5 2 】

このとき、第2還元剤供給部108からは通常運転時の当量比より多くの還元剤を噴射させる。例えば、排気ガスに含まれる窒素酸化物（ NO_x ）を80%以上除去して排出するという規制を満足するためには、通常運転時は当量比0.56で還元剤を噴射させればよいが、第1脱硝触媒104の再生時には当量比0.8以上で還元剤を噴射させる。これにより、第2脱硝触媒107によって通常運転時と同様の窒素酸化物（ NO_x ）の除去率を維持しつつ、第1脱硝触媒104を再生させることができる。

【 0 0 5 3 】

また、第2脱硝触媒107の再生時には、第2還元剤供給部108からの還元剤の噴射を止め、第2脱硝触媒107へ排気ガスを供給し続けることによって、排気ガスの熱によって第2脱硝触媒107を再生させる。このとき、第1還元剤供給部105からは通常運転時の当量比より多くの還元剤を噴射させる。例えば、排気ガスに含まれる窒素酸化物（ NO_x ）を80%以上除去して排出するという規制を満足するためには、通常運転時は当量比0.56で還元剤を噴射させればよいが、第2脱硝触媒107の再生時には当量比0.8以上で還元剤を噴射させる。これにより、第1脱硝触媒104によって通常運転時と同様の窒素酸化物（ NO_x ）の除去率を維持しつつ、第2脱硝触媒107を再生させることができる。

【 0 0 5 4 】

なお、燃焼機関102の下流側に排気ガス加熱手段（図示しない）を設けて排気ガスを加熱できるようにしてもよい。排気ガス加熱手段は、再加熱バーナや電気式再加熱器を含んで構成することができる。排気ガス加熱手段は、制御部109からの制御信号を受けて、第1ガス通路103を流れる排気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気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気ガスの温度を上昇させる。

【 0 0 5 5 】

また、第1脱硝触媒104及び第2脱硝触媒107に加熱ヒータ（図示しない）を設けてもよい。加熱ヒータは、制御部109からの制御信号を受けて、再生時に第1脱硝触媒104及び第2脱硝触媒107を直接的に加熱するために設けられる。加熱ヒータとしては、例えば、電気誘導加熱ヒータ等とすることが好適である。

【 0 0 5 6 】

また、制御部109は、地理的位置の環境規制条件に応じて、第1脱硝触媒104及び第2脱硝触媒107への還元剤の注入量を制御するようにしてもよい。排出規制海域（ECA：Emission Control Area）では高率での脱硝が必要であるので第1脱硝触媒104及び第2脱硝触媒107への還元剤の注入量を増加させ、一般海域では低率での脱硝でよ

10

20

30

40

50

いので第1脱硝触媒104及び第2脱硝触媒107への還元剤の注入量を減少させてもよい。具体的には、船舶の地理的位置をGPS等で検出し、検出した位置を排出規制海域情報と照合して排出規制海域か一般海域かを判断する。一般海域に船舶が位置することを検出した場合は、第1脱硝触媒104及び第2脱硝触媒107への還元剤の注入量を減少させる。排出規制海域(ECA: Emission Control Area)に船舶が位置することを検出した場合は、第1脱硝触媒104及び第2脱硝触媒107への還元剤の注入量を増加させる。

【0057】

また、制御部109は、地理的位置の環境規制条件に応じて、第1脱硝触媒104及び第2脱硝触媒107の接続状態を変更してもよい。例えば、排出規制海域では、第1脱硝触媒104と第2脱硝触媒107をタンデムに接続して、高い窒素酸化物(NO_x)の還元率を維持しつつ、触媒の劣化を抑制することが好適である。一方、一般海域では、第1脱硝触媒104と第2脱硝触媒107を平行に接続して、脱硝システム全体としての通気抵抗を低く維持しつつ、触媒の劣化を抑制することが好適である。また、上記のように、第1脱硝触媒104と第2脱硝触媒107の一方のみを使用し、他方を再生させてもよい。

【0058】

[変形例1]

上記実施の形態では、第1脱硝触媒104及び第2脱硝触媒107をタンデムに接続した構成としたが、複数の脱硝触媒をタンデムに接続できる構成を含むものであればこれに限定されるものではない。

【0059】

例えば、図4に示すように、第2脱硝触媒107に並列に第3脱硝触媒111を接続した構成としてもよい。ここで、第1脱硝触媒104と第1還元剤供給部105の組、第2脱硝触媒107と第2還元剤供給部108の組、及び第3脱硝触媒111と第3還元剤供給部112の組がそれぞれ第1脱硝ユニット100a、第2脱硝ユニット100b及び第3脱硝ユニット100cを構成する。

【0060】

第1脱硝触媒104から第2ガス通路106及び第3ガス通路110を分岐させ、第2ガス通路106には第2脱硝触媒107を設け、第3ガス通路110には第3脱硝触媒111を設ける。また、第2ガス通路106における第2脱硝触媒107の上流側には第2還元剤供給部108を設け、第3ガス通路110における第3脱硝触媒111の上流側には第3還元剤供給部112を設ける。

【0061】

この構成では、例えば、排気ガスに含まれる窒素酸化物(NO_x)を80%以上除去して排出するという規制を満足するためには第1還元剤供給部105、第2還元剤供給部108及び第3還元剤供給部112から噴射する還元剤の当量比を0.56以上とすることが好適である。これにより、第1脱硝触媒104にて当初の排気ガス中の窒素酸化物(NO_x)の56%が還元され、第2脱硝触媒107及び第3脱硝触媒111にはそれぞれ残りの44%の窒素酸化物(NO_x)の半分ずつが流入し、第2脱硝触媒107及び第3脱硝触媒111にてその排気ガス中の窒素酸化物(NO_x)の56%がさらに還元されることによって、当初の排気ガス中に含まれる窒素酸化物(NO_x)の80.64%を除去することができる。

【0062】

当該構成によれば、図1の構成に比べて、脱硝システム全体の通気抵抗を3/4にすることができる。また、第2還元剤供給部108及び第3還元剤供給部112において交互に還元剤の噴射を止めることで第2脱硝触媒107及び第3脱硝触媒111の再生を交互に実施することができる。また、第1脱硝触媒104の再生時には第1還元剤供給部105からの還元剤の噴射を止め、第2還元剤供給部108及び第3還元剤供給部112から当量比0.8以上の還元剤を噴射させればよい。

【 0 0 6 3 】

なお、図5に示すように、第1脱硝触媒104と第3脱硝触媒111を並列に接続した構成としてもよい。この構成においても図4の構成と同様の作用を得ることができる。

【 0 0 6 4 】

[変形例 2]

また、複数の脱硝触媒の相互接続を切り替えられる構成としてもよい。例えば、第1脱硝触媒104、第2脱硝触媒107及び第3脱硝触媒111の間の配管を切り替える弁等の配管切替手段を設けた構成にすればよい。

【 0 0 6 5 】

図6(a)～図6(d)は、3つの第1脱硝触媒104、第2脱硝触媒107及び第3脱硝触媒111の接続を切り替えられる構成の例を示す。図6(a)は、第1脱硝触媒104及び第2脱硝触媒107をタンデムに接続し、第3脱硝触媒111は接続から外した状態である。図6(b)は、第2脱硝触媒107及び第3脱硝触媒111を並列に接続したうえで、第1脱硝触媒104をタンデムに接続した状態である。図6(c)は、第1脱硝触媒104及び第3脱硝触媒111を並列に接続したうえで、第2脱硝触媒107をタンデムに接続した状態である。図6(d)は、第1脱硝触媒104、第3脱硝触媒111及び第2脱硝触媒107をタンデムに接続した状態である。これら4つの状態を満足する配管と、配管切替手段を適宜設けることにより切り替えが実現できる。図6(a)～(d)においてこれらは省略されているが、例えば、図6(d)において、燃焼機関102と第1還元剤供給部105の間から分岐し第3還元剤供給部112に接続される配管、及び第3脱硝触媒111から導出され第2脱硝触媒107の下流側に接続される配管を付加し、各分岐部や合流部に適宜、切替弁を設けることにより4つの状態の切り替えが実現できる。

【 0 0 6 6 】

第1脱硝触媒104、第2脱硝触媒107及び第3脱硝触媒111の接続状態は、状況に応じて変更することが好適である。例えば、排出規制海域では、図6(d)のように3つの第1脱硝触媒104、第3脱硝触媒111及び第2脱硝触媒107をタンデムに接続して、高い窒素酸化物(NO_x)の還元率を維持しつつ、触媒の劣化を抑制することが好適である。例えば3段の触媒をタンデムに接続して使用する場合、各段における還元剤の当量比は、0.42以上に設定しても全体で80%以上の窒素酸化物(NO_x)を還元することができる。できるだけ低い当量比に設定できることは、触媒の劣化を大幅に抑制するのに好適である。一方、排出規制海域以外の一般海域では、図6(b)及び図(c)のように2つの触媒を並列に接続し、残りの1つの触媒とタンデムに接続した状態とすることによって、脱硝システム全体としての通気抵抗を低く維持しつつ、触媒の劣化を抑制することが好適である。また、触媒の掃除等のメンテナンスが必要な場合には、図6(a)に示すように、2つの触媒をタンデムに接続して窒素酸化物(NO_x)の還元を行いつつ、1つの触媒をメンテナンスすることが好適である。

【 0 0 6 7 】

なお、本変形例では3つの第1脱硝触媒104、第2脱硝触媒107及び第3脱硝触媒111の接続状態を切り替える態様としたが、4つ以上の触媒の接続状態を切り替える態様としてもよい。また、複数の脱硝ユニットの使用する組み合わせを変更することは、配管と配管切替手段を適宜設けること以外にも、制御的に使用する脱硝ユニットを選択することや、一部の脱硝ユニットを取外したり付加したりすることによっても実現できる。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 6 8 】

以上の実施形態は、船舶用のディーゼル機関の排気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燃焼を行う機関(ボイラー、ガスタービン等)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関にも適用が可能である。

10

20

30

40

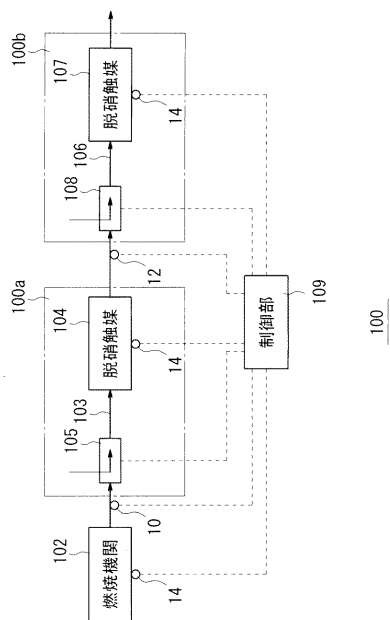
50

【符号の説明】

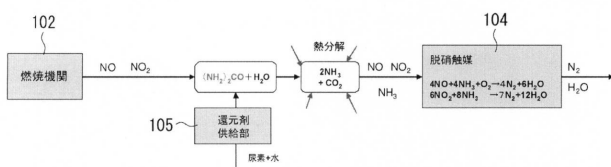
【0069】

10, 12 窒素酸化物センサ、14 回転数センサ、100 脱硝システム、100a 第1脱硝ユニット、100b 第2脱硝ユニット、100c 第3脱硝ユニット、102 燃焼機関、103 第1ガス通路、104 第1脱硝触媒、105 第1還元剤供給部、106 第2ガス通路、107 第2脱硝触媒、108 第2還元剤供給部、109 制御部、110 第3ガス通路、111 第3脱硝触媒、112 第3還元剤供給部。

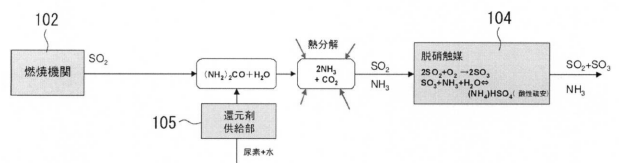
【図1】



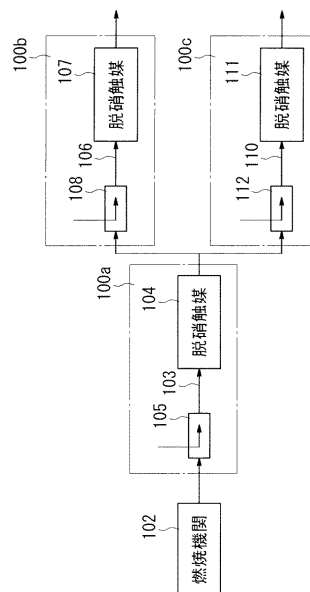
【図2】



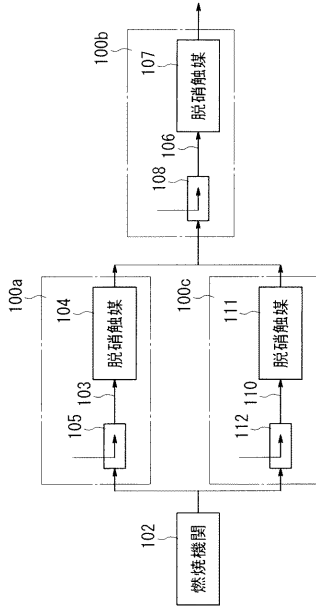
【図3】



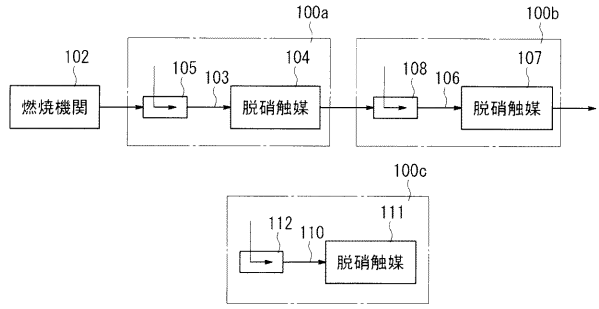
【図4】



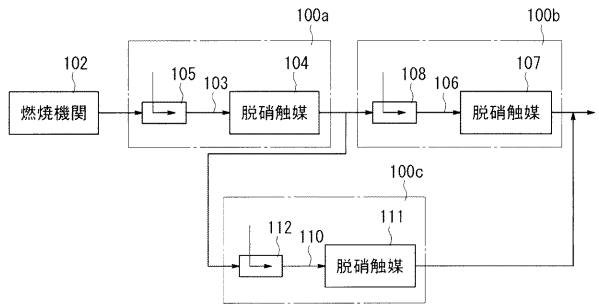
【 図 5 】



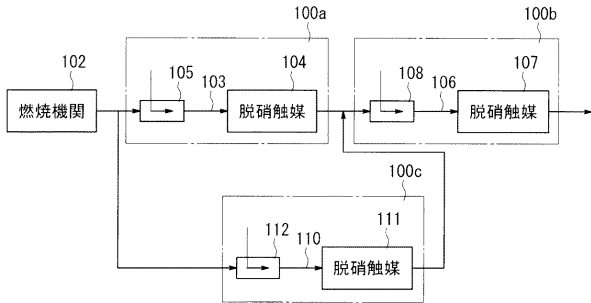
【 図 6 (a) 】



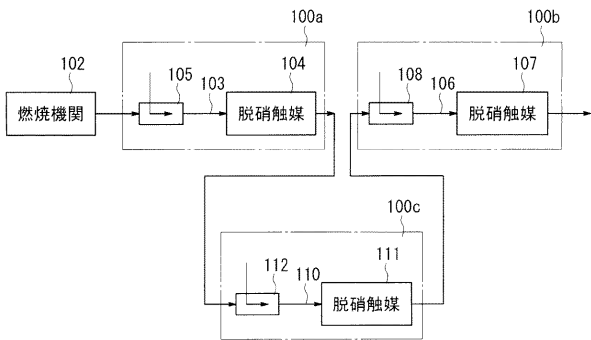
【 図 6 (b) 】



【 図 6 (c) 】



【 図 6 (d) 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I	テーマコード(参考)
	B 0 1 D 53/94	2 2 2
	B 0 1 D 53/96	5 0 0
	F 0 1 N 3/20	E
	B 0 1 D 53/94	4 0 0

Fターム(参考) 3G091 AA04 AA18 AB04 AB15 BA07 BA11 BA14 CA17 EA01 EA33
GA03 GA06 GB01W HA11 HA12
4D148 AA06 AB02 AC03 AC04 BA07Y BA23Y BA24Y BA26Y BA27Y BC01
BD02 CA01 CC32 CC33 CC43 CC61 DA01 DA03 DA10