

明 細 書

発明の名称：排ガス処理装置及び排ガス処理方法

技術分野

[0001] 本開示は、排ガス処理装置及び排ガス処理方法に関する。

本願は、2023年5月31日に日本国特許庁に出願された特願2023-090194号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 燃焼設備からの燃焼排ガスに含まれる窒素酸化物(NO_x)を低減するため、脱硝触媒が用いられることがある。排ガスを処理する際には、通常、脱硝触媒の上流側において排ガスにアンモニアが添加される。排ガス中の窒素酸化物は、脱硝触媒の存在下で還元剤としてのアンモニアと反応し、無害な物質(窒素および水)に分解される。

[0003] また、脱硝触媒を通過後の排ガス中から未反応のアンモニアを低減するため、アンモニア分解触媒が用いられることがある。脱硝触媒を通過後のアンモニアを含む排ガスをアンモニア分解触媒に接触させることで、アンモニアが酸化分解され、主として窒素が生成される。

[0004] 特許文献1及び特許文献2には、排ガス流れの上流側に脱硝触媒層が設置され、その下流側にアンモニア触媒層が設置された反応器を用いて、窒素酸化物を含有する排ガスを処理することが記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特許第3462580号公報

特許文献2：特開2000-93749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、アンモニア分解触媒でのアンモニアの酸化分解反応では、主として窒素が生成されるのに加え、通常、副生成物として、温室効果ガスの一

種である一酸化二窒素 (N_2O) が生成される。特に、窒素酸化物の濃度が高い排ガス（例えばアンモニアを含む燃料の燃焼排ガス等）が処理対象である場合、排ガス中の窒素酸化物を十分に低減するために還元剤としてのアンモニアを多量に添加することになるため、アンモニアの酸化分解反応での副生成物である一酸化二窒素の生成量が多くなりやすい。

[0007] 上述の事情に鑑みて、本発明の少なくとも一実施形態は、一酸化二窒素の生成量を効果的に抑制しながら排ガス中の窒素酸化物及びアンモニアを低減可能な排ガス処理装置及び排ガス処理方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明の少なくとも一実施形態に係る排ガス処理装置は、
燃料を燃焼させることで生じる排ガスを処理するための排ガス処理装置であって、

前記排ガス中の窒素酸化物を低減するための第1脱硝触媒と、

排ガス流れにおける前記第1脱硝触媒の下流側に設けられ、前記排ガス中のアンモニアを分解するためのアンモニア分解触媒、及び、前記排ガス流れにおける前記アンモニア分解触媒の下流側に配置され、前記排ガス中の窒素酸化物を低減するための第2脱硝触媒をそれぞれ含む1以上の触媒ユニットと、

を備え、

前記1以上の触媒ユニットの出口における一酸化二窒素の濃度 ($C_{\text{N}_2\text{O_SYS}}$) に対する前記第1脱硝触媒の出口におけるアンモニアの濃度 ($C_{\text{NH}_3_FSCR}$) の比 ($C_{\text{NH}_3_FSCR} / C_{\text{N}_2\text{O_SYS}}$) が10.0以上である。

[0009] また、本発明の少なくとも一実施形態に係る排ガス処理装置は、
燃料を燃焼させることで生じる排ガスを処理するための排ガス処理装置であって、

前記排ガス中の窒素酸化物を低減するための第1脱硝触媒と、

排ガス流れにおける前記第1脱硝触媒の下流側に設けられ、前記排ガス中のアンモニアを分解するためのアンモニア分解触媒、及び、前記排ガス流れ

における前記アンモニア分解触媒の下流側に配置され、前記排ガス中の窒素酸化物を低減するための第2脱硝触媒をそれぞれ含む1以上の触媒ユニットと、

を備え、

前記排ガス流れの方向における前記第1脱硝触媒の長さは、各々の前記アンモニア分解触媒の長さの3倍以上である。

[0010] また、本発明の少なくとも一実施形態に係る排ガス処理方法は、

燃料を燃焼させることで生じる排ガスを処理するための排ガス処理方法であって、

前記排ガス中の窒素酸化物を低減するための第1脱硝触媒と、

排ガス流れにおける前記第1脱硝触媒の下流側に設けられ、前記排ガス中のアンモニアを分解するためのアンモニア分解触媒、及び、前記排ガス流れにおける前記アンモニア分解触媒の下流側に配置され、前記排ガス中の窒素酸化物を低減するための第2脱硝触媒をそれぞれ含む1以上の触媒ユニットと、

を備える排ガス処理装置を用いて前記排ガスを処理するステップを含み、

前記ステップでは、前記1以上の触媒ユニットの出口における一酸化二窒素の濃度 (C_{N2O_SYS}) に対する前記第1脱硝触媒の出口におけるアンモニアの濃度 (C_{NH3_FSCR}) の比 ($C_{NH3_FSCR} / C_{N2O_SYS}$) が10.0以上となるように、前記排ガスを処理する。

発明の効果

[0011] 本発明の少なくとも一実施形態によれば、一酸化二窒素の生成量を効果的に抑制しながら排ガス中の窒素酸化物及びアンモニアを低減可能な排ガス処理装置及び排ガス処理方法が提供される。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]幾つかの実施形態に係る排ガス処理装置が適用される燃焼設備の一例の概略図である。

[図2]一実施形態に係る排ガス処理装置の概略図である。

[図3]一実施形態に係る排ガス処理装置で燃焼排ガスを処理した場合における、排ガス処理装置の出口における一酸化二窒素の濃度と、排ガス処理装置の出口における一酸化二窒素の濃度に対する第1脱硝触媒の出口におけるアンモニアの濃度の比との関係を示すグラフである。

[図4]一実施形態に係る排ガス処理装置で燃焼排ガスを処理した場合における、排ガス処理装置の出口における一酸化二窒素の濃度と、第1脱硝触媒の出口におけるアンモニアの濃度との関係を示すグラフである。

[図5]図2に示す排ガス処理装置に含まれる触媒の配列を示す模式図である。

[図6]一実施形態に係る排ガス処理装置で燃焼排ガスを処理した場合における、排ガス処理装置の出口における一酸化二窒素の濃度と、第1脱硝触媒の長さアンモニア分解触媒の長さとの比の関係を示すグラフである。

[図7]一実施形態に係る排ガス処理装置に導入される排ガス中の窒素酸化物の濃度（横軸）と、第1脱硝触媒の長さアンモニア分解触媒の長さとの比（ L_{FSCR}/L_{AMD} ）（縦軸）との関係のを示すグラフの一例である。

発明を実施するための形態

[0013] 以下、添付図面を参照して本発明の幾つかの実施形態について説明する。ただし、実施形態として記載されている又は図面に示されている構成部品の寸法、材質、形状、その相対的配置等は、本発明の範囲をこれに限定する趣旨ではなく、単なる説明例にすぎない。

[0014] （燃焼設備の構成）

図1は、幾つかの実施形態に係る排ガス処理装置が適用される燃焼設備の一例の概略図である。図2は、一実施形態に係る排ガス処理装置の概略図である。幾つかの実施形態では、燃焼設備1は、燃料を燃焼させるように構成された燃焼装置100（図1参照）と、燃焼装置100からの燃焼排ガスを処理するように構成された排ガス処理装置102（図2参照）と、を備える。

[0015] 図1に示す燃焼設備1は、上述の燃焼装置100としての燃焼器12を含むガスタービン設備2と、蒸気タービン設備4と、排熱回収ボイラ（HRS

G: Heat Recovery Steam Generator) 6と、を備えたガスタービン複合サイクル (GTCC) 発電設備である。

[0016] ガスタービン設備 2 は、圧縮機 10 と、上述の燃焼器 12 と、タービン 14 と、を備える。圧縮機 10 は、空気を圧縮して圧縮空気を生成するように構成される。燃焼器 12 は、圧縮機 10 からの圧縮空気と燃料との燃焼反応により燃焼ガスを発生させるように構成される。タービン 14 は、燃焼器 12 からの燃焼ガスにより回転駆動されるように構成される。タービン 14 には回転シャフト 16 を介して発電機 18 が連結されており、タービン 14 の回転エネルギーによって発電機 18 が駆動されて電力が生成されるようになっている。タービン 14 で仕事を終えた燃焼ガスは、燃焼排ガスとしてタービン 14 から排出されるようになっている。なお、燃焼器 12 (燃焼装置 100) に供給される燃料は、天然ガス又は石炭ガス化ガス等の炭素含有燃料及び／又はアンモニア等の窒素含有燃料を含んでもよい。

[0017] 排熱回収ボイラ 6 は、ガスタービン設備 2 からの燃焼排ガスの熱によって、蒸気を生成するように構成される。図 2 に示すように、排熱回収ボイラ 6 は、ガスタービン設備 2 からの燃焼排ガスが導入されるダクト 30 と、ダクト 30 によって画定される燃焼排ガスの流路 32 に設けられた伝熱管 34 と、を有する。伝熱管 34 には、蒸気タービン設備 4 の復水器 26 からの復水が導入されるようになっており、伝熱管 34 において、ダクト 30 内を流れる燃焼排ガスと復水との熱交換により、蒸気が生成されるようになっている。排熱回収ボイラ 6 のダクト 30 を通過した排ガスは、煙突 38 から排出されるようになっている。

[0018] 蒸気タービン設備 4 は、排熱回収ボイラ 6 からの蒸気によって駆動されるように構成されたタービン 20 を備える。タービン 20 には回転シャフト 22 を介して発電機 24 が連結されており、タービン 20 の回転エネルギーによって発電機 24 が駆動されて電力が生成されるようになっている。タービン 20 で仕事を終えた蒸気は復水器 26 に導かれ、該復水器 26 で凝縮されて復水となり、排熱回収ボイラ 6 に供給される。

[0019] (排ガス処理装置の構成)

図2に示すように、排ガス処理装置102は、第1脱硝触媒50と、排ガス流れにおいて第1脱硝触媒50の下流側に設けられる1以上の触媒ユニット52(図2における触媒ユニット52A~52C)と、を備える。1以上の触媒ユニット52の各々は、アンモニア分解触媒54と、排ガス流れにおいてアンモニア分解触媒54の下流側に設けられる第2脱硝触媒56と、を含む。また、図2に示す排ガス処理装置102は、還元剤供給部40を備えている。

[0020] 還元剤供給部40は、燃焼装置100からの燃焼排ガスに含まれる窒素酸化物(NO_x ; NO や NO_2 等)を還元するための還元剤を、流路32を流れる燃焼排ガスに供給するように構成される。窒素酸化物を含む燃焼排ガスに還元剤を供給することで、燃焼排ガス中の窒素酸化物を還元することができ、これにより、燃焼排ガス中に含まれる窒素酸化物を低減することができる。窒素酸化物と還元剤との反応により燃焼排ガス中の窒素酸化物を窒素及び水に分解して、燃焼排ガス中の窒素酸化物を低減することができる。

[0021] 還元剤供給部40は、燃料の燃焼排ガスの流路32において、第1脱硝触媒50の上流側に設けられてもよい。図2に示すように、還元剤供給部40は、還元剤を含む液体又は気体を流路32に噴出するように構成されたノズル42を含んでもよい。ノズル42には、還元剤貯留部44に貯留された還元剤を含む液体又は気体が、供給ライン46を介して供給されるようになっていてもよい。供給ライン46には、還元剤供給部40を介した還元剤の供給量を調節するためのバルブ48が設けられていてもよい。

[0022] 還元剤供給部40から供給される還元剤は、窒素酸化物を還元する作用を有する物質であり、例えば、アンモニア又は尿素を含んでもよい。還元剤は、水溶液(例えばアンモニア水や尿素水)の形で燃焼排ガスに供給されてもよい。

[0023] 第1脱硝触媒50は、流路32において還元剤供給部40の下流側に設けられていてもよい。第1脱硝触媒50は、燃焼排ガス中の窒素酸化物とアン

モニアを含む還元剤（燃料に元から含有されるアンモニア、及び／又は、還元剤供給部40で供給される還元剤を含む）との還元反応を促進するように構成される。第1脱硝触媒50は、例えば、チタン、バナジウム、タングステン、又はモリブデンを含む金属又は金属化合物を含んでもよい。

[0024] アンモニア分解触媒54は、燃烧排ガス中のアンモニアの分解反応を促進する機能を有する。流路32を流れる排ガスがアンモニア分解触媒54と接触することで、排ガス中に含まれるアンモニア（即ち、第1脱硝触媒50では消費されなかった未反応のアンモニア）が分解される。アンモニア分解触媒54は、白金、銅、鉄、コバルト、パラジウム、イリジウム、ニッケル又はルテニウムを含む金属又は金属化合物を含んでもよい。

[0025] アンモニア分解触媒54とともに触媒ユニット52を構成する第2脱硝触媒56は、流路32において、対応するアンモニア分解触媒54の下流側に設けられる。第2脱硝触媒56は、燃烧排ガス中の窒素酸化物と、アンモニアを含む還元剤（燃料に元から含有されるアンモニア、及び／又は、還元剤供給部40で供給される還元剤を含む）との還元反応を促進するように構成される。第2脱硝触媒56は、例えば、チタン、バナジウム、タングステン、又はモリブデンを含む金属又は金属化合物を含んでもよい。

[0026] 排ガス処理装置102を構成する触媒ユニット52の数は、1以上であればよく、特に限定されない。

[0027] 幾つかの実施形態では、排ガス処理装置102は、複数の（即ち2以上の）触媒ユニット52を備えていてもよい。図2に示す例示的な実施形態では、排ガス処理装置102は3組の触媒ユニット52を含む。

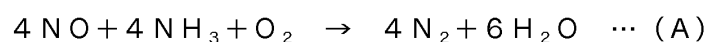
[0028] 図2に示すように、排ガス処理装置102は、燃烧排ガスの流路32の第1脱硝触媒50の出口におけるアンモニアの濃度を計測するための第1アンモニア濃度計測部72を備えていてもよい。また、排ガス処理装置102は、燃烧排ガスの流路32の1以上の触媒ユニット52の出口における（即ち排ガス処理装置102の出口における）アンモニアの濃度、窒素酸化物（ NO_x ）の濃度及び／又は一酸化二窒素（ N_2O ）の濃度をそれぞれ計測するた

めの第2アンモニア濃度計測部74、NO_x濃度計測部76及び／又はN₂O濃度計測部78を備えていてもよい。なお、1以上の触媒ユニット52の出口は、1以上の触媒ユニット52のうち最も下流側に位置する触媒ユニット52（図2では触媒ユニット52C）の下流側に位置する。

[0029] なお、燃焼排ガス中の窒素酸化物濃度は、例えば、化学発光方式NO_x計（JIS B 7982）、又は非分散形赤外線吸収法（NDIR法）を用いて、又は、亜鉛還元ナフチルエチレンジアミン吸光光度法（Zn-NEDA法）により、JIS K 0104に従って計測することができる。NO_x濃度計測部76は、これらのうち何れかの手法を用いてNO_x濃度を計測するように構成されてもよい。

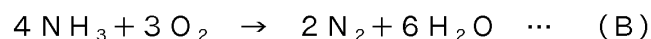
[0030] ここで、第1脱硝触媒50及び1以上の触媒ユニット52（アンモニア分解触媒54及び第2脱硝触媒56）で生じる反応、並びに、窒素酸化物（NO_x）、アンモニア（NH₃）及び一酸化二窒素（N₂O）の濃度変化について説明する。以下の説明において、FSCRは第1脱硝触媒50を意味し、AmD_i及びRSCR_iは、上流側からi番目の触媒ユニット52を構成するアンモニア分解触媒54及び第2脱硝触媒56を意味する。

[0031] 第1脱硝触媒50及び触媒ユニット52の第2脱硝触媒56では、主として、下記式（A）の反応により、窒素酸化物がアンモニアによって還元され、窒素及び水が生成する。



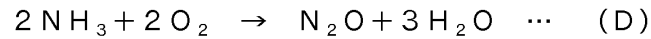
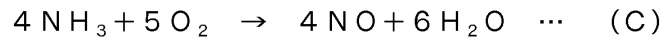
[0032] したがって、第1脱硝触媒50（FSCR）及び第2脱硝触媒56（RSCR_i）では、排ガス中のNO_x及びNH₃が消費されてこれらの濃度が低減する。

[0033] アンモニア分解触媒54では、主として、下記式（B）の反応により、アンモニアが酸化分解されて窒素及び水が生成する。



また、アンモニア分解触媒54では、下記式（C）及び（D）の副反応により、アンモニアが酸化分解されて一酸化窒素（NO）、一酸化二窒素（N₂

O) が副生成物として生成する。



[0034] したがって、アンモニア分解触媒 5 4 (A m D __ i) では、排ガス中の NH_3 が消費されて NH_3 濃度が低減し、一方、 NO_x 及び N_2O の濃度が上昇する。

[0035] 排ガス処理装置 1 0 2 から排出される排ガス中の NO_x 、 NH_3 及び N_2O の濃度について管理値や規制値等の制限値が設けられることがあるが、排ガス処理装置 1 0 2 から排出される排ガス中の NO_x 、 NH_3 及び N_2O の最終的な濃度は、排ガス処理装置 1 0 2 に導入される排ガスの組成や排ガス処理装置 1 0 2 における触媒の組合せによってさまざまに変わり、場合によっては、触媒における N_2O 等の生成量が増えてしまう可能性がある。そこで、 N_2O の副生成及び濃度上昇を抑えながら NO_x 及び NH_3 の排出量（濃度）を低減するために工夫をすることが求められる。

[0036] この点、幾つかの実施形態に係る排ガス処理装置 1 0 2 では、1 以上の触媒ユニット 5 2 の出口における一酸化二窒素の濃度 ($C_{\text{N}_2\text{O_SYS}}$) (即ち N_2O 濃度計測部 7 8 の計測位置における N_2O 濃度) に対する第 1 脱硝触媒 5 0 の出口におけるアンモニアの濃度 ($C_{\text{NH}_3_FSCR}$) (即ち第 1 アンモニア濃度計測部 7 2 の計測位置における NH_3 濃度) の比 ($C_{\text{NH}_3_FSCR}/C_{\text{N}_2\text{O_SYS}}$) が 1 0. 0 以上である。

[0037] ここで、図 3 は、一実施形態に係る排ガス処理装置 1 0 2 (ただし、3 つの触媒ユニット 5 2 を含む) で燃焼排ガスを処理した場合における、1 以上の触媒ユニット 5 2 の出口 (排ガス処理装置 1 0 2 の出口) における一酸化二窒素の濃度 ($C_{\text{N}_2\text{O_SYS}}$) と、上述の比 ($C_{\text{NH}_3_FSCR}/C_{\text{N}_2\text{O_SYS}}$) との関係 (試験結果) を示すグラフである。なお、図 3 のグラフ中の各プロットについて、触媒の種類又は長さ、あるいは、触媒での反応温度や排ガスと触媒の接触時間等の試験条件は異なるものが含まれる。

[0038] 本発明者らの鋭意検討の結果、第 1 脱硝触媒 5 0 及び 1 以上の触媒ユニッ

ト52（アンモニア分解触媒54と第2脱硝触媒56の組合せ）を含む排ガス処理装置102を用いる場合、図3のグラフに示すように、上述の比（ $C_{NH3_FSCR} / C_{N2O_SYS}$ ）を10.0以上とすることで、排ガス処理装置102の出口における窒素酸化物（ NO_x ）の濃度及びアンモニアの濃度をそれぞれ所定の制限値（例えば、それぞれ10 [ppmvdc] 及び5 [ppmvdc]）以下にすることができるとともに、排ガス処理装置102の出口における一酸化二窒素（ N_2O ）の濃度を低い値（例えば10 [ppmvdc] 以下）に抑えることができることが分かった。よって、上述の実施形態によれば、一酸化二窒素（ N_2O ）の生成量を効果的に抑制しながら排ガス中の窒素酸化物（ NO_x ）及びアンモニア（ NH_3 ）を低減することができる。

[0039] なお、上述の実施形態に係る排ガス処理装置102によれば、排ガス処理装置102に導入される排ガス中の窒素酸化物濃度が比較的高い場合（例えば500 ppm以上）であっても、排ガス処理装置102の出口における窒素酸化物（ NO_x ）の濃度及びアンモニアの濃度をそれぞれ所定の制限値（例えば、それぞれ10 [ppmvdc] 及び5 [ppmvdc]）以下にすることができるとともに、排ガス処理装置102の出口における一酸化二窒素（ N_2O ）の濃度を低い値（例えば10 [ppmvdc] 以下）に抑えることができる。窒素酸化物濃度が比較的高い排ガスの例として、アンモニアを含む燃料の燃焼排ガスが挙げられる。

[0040] 幾つかの実施形態では、上述の比（ $C_{NH3_FSCR} / C_{N2O_SYS}$ ）が100.0以下である。

[0041] 上述の実施形態によれば、上述の比（ $C_{NH3_FSCR} / C_{N2O_SYS}$ ）を100.0以下としたので、アンモニア分解触媒54を含む1以上の触媒ユニット52に導入される前の排ガス中のアンモニア濃度が比較的低い。このため、排ガス処理装置102の出口における一酸化二窒素（ N_2O ）の濃度を低く抑えやすくなる。

[0042] 幾つかの実施形態では、第1脱硝触媒50の出口におけるアンモニアの濃度（ C_{NH3_FSCR} ）が150 ppmvdc以下である。

- [0043] ここで、図4は、一実施形態に係る排ガス処理装置102（ただし、3つの触媒ユニット52を含む）で燃焼排ガスを処理した場合における、1以上の触媒ユニット52の出口（排ガス処理装置102の出口）における一酸化二窒素の濃度（ $C_{N_2O_SYS}$ ）と、第1脱硝触媒50の出口におけるアンモニアの濃度（ $C_{NH_3_FSCR}$ ）との関係を示すグラフである。なお、図4のグラフ中の各プロットについて、触媒の種類又は長さ、あるいは、触媒での反応温度や排ガスと触媒の接触時間等の試験条件は異なるものが含まれる。
- [0044] 図4のグラフから、一実施形態に係る排ガス処理装置102で燃焼排ガスを処理した場合、第1脱硝触媒50の出口におけるアンモニアの濃度（ $C_{NH_3_FSCR}$ ）が150ppmvdc以下であると、排ガス処理装置102の出口における一酸化二窒素（ N_2O ）の濃度を特に低減できることがわかる。上述の実施形態によれば、第1脱硝触媒50の出口におけるアンモニアの濃度（ $C_{NH_3_FSCR}$ ）を150ppmvdc以下としたので、排ガス処理装置102の出口における一酸化二窒素（ N_2O ）の濃度を効果的に低減することができる。
- [0045] 幾つかの実施形態では、例えば図2に示すように、排ガス処理装置102は、上述の還元剤供給部40と、第1脱硝触媒50の出口における窒素酸化物の濃度又はアンモニアの濃度、及び、1以上の触媒ユニット52の出口における一酸化二窒素の濃度に基づいて、還元剤供給部40からの還元剤の供給量を調節するように構成された還元剤供給量調節部58と、を備える。
- [0046] 還元剤供給量調節部58は、 NO_x 濃度計測部76又は第2アンモニア濃度計測部74及び N_2O 濃度計測部78による窒素酸化物濃度又はアンモニア（ NH_3 ）濃度及び一酸化二窒素（ N_2O ）濃度の計測結果に基づき、還元剤供給部40による還元剤（アンモニア等）の供給量を調節するように構成された制御装置60を備えていてもよい。 NO_x 濃度計測部76又は第2アンモニア濃度計測部74及び N_2O 濃度計測部78による計測結果を示す信号が制御装置60に送られるようになっていてもよい。
- [0047] 制御装置60は、プロセッサ（CPU又はGPU等）、記憶装置（メモリ

デバイス；RAM等）、補助記憶部及びインターフェース等を備えた計算機を含む。プロセッサは、インターフェースを介してNO_x濃度計測部76又は第2アンモニア濃度計測部74及びN₂O濃度計測部78から受け取った信号を処理するように構成される。プロセッサは、NO_x濃度計測部76又は第2アンモニア濃度計測部74及びN₂O濃度計測部78による濃度計測値に基づいて、バルブ48に与える開度指令値を算出するようになっていてもよい。制御装置60は、算出された開度指令値を、バルブ48の開度を変更するためのアクチュエータに与えるようになっていてもよい。このようにして、制御装置60により、還元剤供給部40からの還元剤の供給量が調節されるようになっていてもよい。

[0048] 上述の実施形態によれば、第1脱硝触媒50の出口における窒素酸化物濃度又はアンモニア濃度 (C_{NH3_FSCR}) 及び1以上の触媒ユニット52の出口（即ち排ガス処理装置102の出口）における一酸化二窒素の濃度 (C_{N2O_SYS}) に基づいて還元剤（例えばアンモニア）の供給量を調節するようにしたので、上述の濃度の比 (C_{NH3_FSCR}/C_{N2O_SYS}) を調節しやすい。よって、上述の実施形態によれば、一酸化二窒素 (N₂O) の生成量を効果的に抑制しながら排ガス中の窒素酸化物及びアンモニアを低減しやすくなる。

[0049] 図5は、図2に示す排ガス処理装置102に含まれる触媒（第1脱硝触媒50及び1以上の触媒ユニット52（アンモニア分解触媒54及び第2脱硝触媒56））の配列を示す模式図である。図中において、 L_{FSCR} は、排ガス処理装置102における排ガスの流れ方向における第1脱硝触媒50の長さを示し、 L_{AMD_i} 及び L_{RSCR_i} は、上流側から i 番目の触媒ユニット52のアンモニア分解触媒54及び第2脱硝触媒56の長さをそれぞれ示す。

[0050] 幾つかの実施形態では、排ガス処理装置102において、排ガス流れの方向における第1脱硝触媒50の長さは、該排ガス処理装置102に導入される排ガス中の窒素酸化物 (NO_x) の濃度を x [ppm v d c] とし、排ガス流れの方向における第1脱硝触媒の長さ L_{FSCR} と各々のアンモニア分解触媒の長さ L_{AMD} との比 (L_{FSCR}/L_{AMD}) を y [—] としたとき、

$$y \geq 0.003x$$

で表される関係式を満たすように構成される。

[0051] なお、排ガス処理装置102に導入される排ガス中の窒素酸化物の濃度は、燃焼装置100から排出される排ガス中の窒素酸化物の濃度である。該窒素酸化物の濃度は、燃焼装置100と排ガス処理装置102との間の排ガスの経路において計測することができ、例えば、燃焼装置100の出口、又は、排ガス処理装置102の入口（例えば図2に示すダクト30の入口）で計測することができる。

[0052] ここで、図6は、一実施形態に係る排ガス処理装置102（ただし、3つの触媒ユニット52を含む）で燃焼排ガスを処理した場合における、1以上の触媒ユニット52の出口（排ガス処理装置102の出口）における一酸化二窒素の濃度（ $C_{N_2O_SYS}$ ）と、第1脱硝触媒50の長さ（ L_{FSCR} ）とアンモニア分解触媒54の長さ（ L_{AMD} ）との比（ L_{FSCR}/L_{AMD} ）の関係（計算値）を示すグラフである。なお、この排ガス処理装置102における3つの触媒ユニット52に含まれる3つのアンモニア分解触媒54の長さはいずれも L_{AMD} である。なお、図6のグラフ中の各プロットについて、排ガス処理装置102に導入される排ガス中の窒素酸化物の濃度等の計算条件が異なるものが含まれる。

[0053] 図7は、排ガス処理装置102に導入される排ガス中の窒素酸化物の濃度（以下、排ガス処理装置102の入口 NO_x 濃度；横軸）と、排ガス流れの方向における第1脱硝触媒の長さ L_{FSCR} と各々のアンモニア分解触媒の長さ L_{AMD} との比（ L_{FSCR}/L_{AMD} ）（縦軸）との関係を示すグラフの一例である。図7のグラフ中の各プロットは、図6のグラフ中のプロットのうち、各入口 NO_x 濃度について、排ガス処理装置102の出口における一酸化二窒素の濃度（ $C_{N_2O_SYS}$ ）が規定値（10ppm）以下となる触媒長さ比が最小のものである。また、図7のグラフ中の直線L1は、これらのプロットの近似直線であり、入口 NO_x 濃度を x [ppmvdc] とし、上述の触媒の長さの比（ L_{FSCR}/L_{AMD} ）を y [-] としたとき、 $y = 0.003x$ の関係

式で表される。

[0054] すなわち、図6及び図7のグラフから、 $y \geq 0.003x$ の関係が満たされる場合に、排ガス処理装置102の出口における一酸化二窒素の濃度 ($C_{N_2O_SYS}$) が規定値 (10 ppm) 以下となり、排ガス処理装置102の出口における一酸化二窒素 (N_2O) の濃度を低減しやすいことがわかる。これは、入口 NO_x 濃度が低い場合 (例えば 100 ppm vdc) は、第1脱硝触媒50の長さ L_{FSCR} と各々のアンモニア分解触媒54の長さ L_{AMD} の比 (L_{FSCR}/L_{AMD}) が1に近いが、入口 NO_x 濃度が高い場合 (例えば 2000 ppm vdc) の場合は、第1脱硝触媒50の長さ L_{FSCR} と各々のアンモニア分解触媒54の長さ L_{AMD} の比 (L_{FSCR}/L_{AMD}) が大きくなることを示しており、 $y \geq 0.003x$ の関係が満たされることで、一段目のアンモニア分解触媒54 (AMD_1) の出口 (即ち一段目の第2脱硝触媒56 ($RSCR_1$) の入口) におけるアンモニア濃度と窒素酸化物との濃度の比を適切な範囲内 (例えば 0.6 以上 2.0 以下) に収めやすくなるからであると考えられる。

[0055] 上述の実施形態によれば、第1脱硝触媒50及び1以上の触媒ユニット52 (アンモニア分解触媒54と第2脱硝触媒56の組合せ) を含む排ガス処理装置102において、前記排ガス流れの方向における第1脱硝触媒50の長さは、排ガス処理装置102に導入される排ガス中の窒素酸化物の濃度 $\times$ [ppm vdc] と、排ガス流れの方向における第1脱硝触媒50の長さ L_{FSCR} と各々のアンモニア分解触媒54の長さ L_{AMD} との比 y [—] とが $y \geq 0.003x$ で表される関係式を満たすので、一段目のアンモニア分解触媒54 (AMD_1) の出口 (即ち一段目の第2脱硝触媒56 ($RSCR_1$) の入口) におけるアンモニア濃度と窒素酸化物との濃度の比を適切な範囲内 (例えば 0.6 以上 2.0 以下) に収めやすい。よって、上述の実施形態によれば、一酸化二窒素 (N_2O) の生成量を効果的に抑制しながら排ガス中の窒素酸化物及びアンモニアを低減可能することができる。

[0056] 上記各実施形態に記載の内容は、例えば以下のように把握される。

[0057] [1] 本発明の少なくとも一実施形態に係る排ガス処理装置（102）は、燃料を燃焼させることで生じる排ガスを処理するための排ガス処理装置であって、

前記排ガス中の窒素酸化物を低減するための第1脱硝触媒（50）と、排ガス流れにおける前記第1脱硝触媒の下流側に設けられ、前記排ガス中のアンモニアを分解するためのアンモニア分解触媒（54）、及び、前記排ガス流れにおける前記アンモニア分解触媒の下流側に配置され、前記排ガス中の窒素酸化物を低減するための第2脱硝触媒（56）をそれぞれ含む1以上の触媒ユニット（52）と、を備え、

前記1以上の触媒ユニットの出口における一酸化二窒素の濃度（ $C_{N_2O_SYS}$ ）に対する前記第1脱硝触媒の出口におけるアンモニアの濃度（ $C_{NH_3_FSCR}$ ）の比（ $C_{NH_3_FSCR}/C_{N_2O_SYS}$ ）が10.0以上である。

[0058] 本発明者らの鋭意検討の結果、第1脱硝触媒及び1以上の触媒ユニット（アンモニア分解触媒と第2脱硝触媒の組合せ）を含む排ガス処理装置を用いる場合、1以上の触媒ユニットの出口（即ち排ガス処理装置の出口）における一酸化二窒素の濃度（ $C_{N_2O_SYS}$ ）に対する第1脱硝触媒の出口におけるアンモニアの濃度（ $C_{NH_3_FSCR}$ ）の比（ $C_{NH_3_FSCR}/C_{N_2O_SYS}$ ）を10.0以上とすることで、排ガス処理装置の出口における窒素酸化物（ NO_x ）の濃度及びアンモニアの濃度をそれぞれ所定の制限値以下にすることができるとともに、排ガス処理装置の出口における一酸化二窒素（ N_2O ）の濃度を低い値に抑えることができることが分かった。よって、上記[1]の構成によれば、一酸化二窒素の生成量を効果的に抑制しながら排ガス中の窒素酸化物及びアンモニアを低減することができる。

[0059] [2] 幾つかの実施形態では、上記[1]の構成において、

前記比（ $C_{NH_3_FSCR}/C_{N_2O_SYS}$ ）が100.0以下である。

[0060] 上記[2]の構成によれば、上述の比（ $C_{NH_3_FSCR}/C_{N_2O_SYS}$ ）を100.0以下としたので、アンモニア分解触媒を含む1以上の触媒ユニットに

導入される前の排ガス中のアンモニア濃度が比較的低い。このため、排ガス処理装置の出口における一酸化二窒素の濃度を低く抑えやすくなる。

[0061] [3] 幾つかの実施形態では、上記 [1] 又は [2] の構成において、前記第1脱硝触媒の出口におけるアンモニアの濃度 (C_{NH3_FSCR}) が 150 ppm v d c 以下である。

[0062] 上記 [3] の構成によれば、第1脱硝触媒の出口におけるアンモニアの濃度 (C_{NH3_FSCR}) を 150 ppm v d c 以下としたので、排ガス処理装置の出口における一酸化二窒素 (N_2O) の濃度を効果的に低減することができる。

[0063] [4] 幾つかの実施形態では、上記 [1] 乃至 [3] の何れかの構成において、

前記排ガス処理装置は、窒素酸化物を還元可能な還元剤を前記排ガスに供給するための還元剤供給部 (40) と、

前記第1脱硝触媒の出口におけるアンモニアの濃度、及び、前記1以上の触媒ユニットの出口における一酸化二窒素の濃度に基づいて、前記還元剤供給部からの前記還元剤の供給量を調節するように構成された還元剤供給量調節部 (58) と、

を備える。

[0064] 上記 [4] の構成によれば、第1脱硝触媒の出口におけるアンモニア濃度 (C_{NH3_FSCR}) 及び1以上の触媒ユニットの出口 (即ち排ガス処理装置の出口) における一酸化二窒素の濃度 (C_{N2O_SYS}) に基づいて還元剤 (例えばアンモニア) の供給量を調節するようにしたので、上述の濃度の比 (C_{NH3_FSCR}/C_{N2O_SYS}) を調節しやすい。よって、上記 [4] の構成によれば、一酸化二窒素の生成量を効果的に抑制しながら排ガス中の窒素酸化物及びアンモニアを低減しやすくなる。

[0065] [5] 本発明の少なくとも一実施形態に係る排ガス処理装置 (102) は、燃料を燃焼させることで生じる排ガスを処理するための排ガス処理装置で

あって、

前記排ガス中の窒素酸化物を低減するための第1脱硝触媒（50）と、

排ガス流れにおける前記第1脱硝触媒の下流側に設けられ、前記排ガス中のアンモニアを分解するためのアンモニア分解触媒（54）、及び、前記排ガス流れにおける前記アンモニア分解触媒の下流側に配置され、前記排ガス中の窒素酸化物を低減するための第2脱硝触媒（56）をそれぞれ含む1以上の触媒ユニット（52）と、

を備え、

前記排ガス流れの方向における前記第1脱硝触媒の長さは、前記排ガス処理装置に導入される前記排ガス中の窒素酸化物の濃度を x [ppmvdc]

とし、前記排ガス流れの方向における前記第1脱硝触媒の長さ L_{FSCR} と各々の前記アンモニア分解触媒の長さ L_{AMD} との比 (L_{FSCR}/L_{AMD}) を y [－]としたとき、

$$y \geq 0.003x$$

で表される関係式を満たすように構成される。

[0066] 上記[5]の構成によれば、第1脱硝触媒及び1以上の触媒ユニット（アンモニア分解触媒と第2脱硝触媒の組合せ）を含む排ガス処理装置において、排ガス流れの方向における前記第1脱硝触媒の長さは、排ガス処理装置に導入される排ガス中の窒素酸化物の濃度 x [ppmvdc]と、排ガス流れの方向における第1脱硝触媒の長さ L_{FSCR} と各々のアンモニア分解触媒の長さ L_{AMD} との比 y [－]とが $y \geq 0.003x$ で表される関係式を満たすように構成されるので、一段目のアンモニア分解触媒の出口（即ち一段目の第2脱硝触媒の入口）におけるアンモニア濃度と窒素酸化物との濃度の比を適切な範囲内に収めやすい。よって、上記[5]の構成によれば、一酸化二窒素の生成量を効果的に抑制しながら排ガス中の窒素酸化物及びアンモニアを低減可能することができる。

[0067] [6] 本発明の少なくとも一実施形態に係る排ガス処理方法は、

燃料を燃焼させることで生じる排ガスを処理するための排ガス処理方法で

あって、

前記排ガス中の窒素酸化物を低減するための第1脱硝触媒（50）と、
排ガス流れにおける前記第1脱硝触媒の下流側に設けられ、前記排ガス中のアンモニアを分解するためのアンモニア分解触媒（54）、及び、前記排ガス流れにおける前記アンモニア分解触媒の下流側に配置され、前記排ガス中の窒素酸化物を低減するための第2脱硝触媒（56）をそれぞれ含む1以上の触媒ユニット（52）と、
を備える排ガス処理装置を用いて前記排ガスを処理するステップを含み、

前記ステップでは、前記1以上の触媒ユニットの出口における一酸化二窒素の濃度（ C_{N2O_SYS} ）に対する前記第1脱硝触媒の出口におけるアンモニアの濃度（ C_{NH3_FSCR} ）の比（ C_{NH3_FSCR}/C_{N2O_SYS} ）が10.0以上となるように、前記排ガスを処理する。

[0068] 本発明者らの鋭意検討の結果、第1脱硝触媒及び1以上の触媒ユニット（アンモニア分解触媒と第2脱硝触媒の組合せ）を含む排ガス処理装置を用いる場合、1以上の触媒ユニットの出口（即ち排ガス処理装置の出口）における一酸化二窒素の濃度（ C_{N2O_SYS} ）に対する第1脱硝触媒の出口におけるアンモニアの濃度（ C_{NH3_FSCR} ）の比（ C_{NH3_FSCR}/C_{N2O_SYS} ）を10.0以上とすることで、排ガス処理装置の出口における窒素酸化物（ NO_x ）の濃度及びアンモニアの濃度をそれぞれ所定の制限値以下にすることができるとともに、排ガス処理装置の出口における一酸化二窒素（ N_2O ）の濃度を低い値に抑えることができることが分かった。よって、上記[6]の方法によれば、一酸化二窒素の生成量を効果的に抑制しながら排ガス中の窒素酸化物及びアンモニアを低減可能することができる。

[0069] [7] 本発明の少なくとも一実施形態に係る排ガス処理方法は、

燃料を燃焼させることで生じる排ガスを処理するための排ガス処理方法であって、

前記排ガス中の窒素酸化物を低減するための第1脱硝触媒（50）と、
排ガス流れにおける前記第1脱硝触媒の下流側に設けられ、前記排ガス中

のアンモニアを分解するためのアンモニア分解触媒（５４）、及び、前記排ガス流れにおける前記アンモニア分解触媒の下流側に配置され、前記排ガス中の窒素酸化物を低減するための第２脱硝触媒（５６）をそれぞれ含む１以上の触媒ユニット（５２）と、

を備える排ガス処理装置を用いて前記排ガスを処理するステップを含み、

前記ステップでは、前記排ガス処理装置に導入される前記排ガス中の窒素酸化物の濃度を x [ppmvdc]とし、前記排ガス流れの方向における前記第１脱硝触媒の長さ L_{FSCR} と各々の前記アンモニア分解触媒の長さ L_{AMD} との比 (L_{FSCR}/L_{AMD}) を y [－]としたとき、

$$y \geq 0.003x$$

で表される関係式を満たす前記第１脱硝触媒を少なくとも用いて前記排ガスを処理する。

[0070] 上記[7]の方法によれば、第１脱硝触媒及び１以上の触媒ユニット（アンモニア分解触媒と第２脱硝触媒の組合せ）を含む排ガス処理装置において、排ガス処理装置に導入される排ガス中の窒素酸化物の濃度 x [ppmvdc]と、排ガス流れの方向における第１脱硝触媒の長さ L_{FSCR} と各々のアンモニア分解触媒の長さ L_{AMD} との比 y [－]とが $y \geq 0.003x$ で表される関係式を満たす第１脱硝触媒を用いるので、一段目のアンモニア分解触媒の出口（即ち一段目の第２脱硝触媒の入口）におけるアンモニア濃度と窒素酸化物との濃度の比を適切な範囲内に収めやすい。よって、上記[5]の構成によれば、一酸化二窒素の生成量を効果的に抑制しながら排ガス中の窒素酸化物及びアンモニアを低減可能することができる。

[0071] 以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明は上述した実施形態に限定されることはなく、上述した実施形態に変形を加えた形態や、これらの形態を適宜組み合わせた形態も含む。

[0072] 本明細書において、「ある方向に」、「ある方向に沿って」、「平行」、「直交」、「中心」、「同心」或いは「同軸」等の相対的或いは絶対的な配置を表す表現は、厳密にそのような配置を表すのみならず、公差、若しくは

、同じ機能が得られる程度の角度や距離をもって相対的に変位している状態も表すものとする。

例えば、「同一」、「等しい」及び「均質」等の物事が等しい状態であることを表す表現は、厳密に等しい状態を表すのみならず、公差、若しくは、同じ機能が得られる程度の差が存在している状態も表すものとする。

また、本明細書において、四角形状や円筒形状等の形状を表す表現は、幾何学的に厳密な意味での四角形状や円筒形状等の形状を表すのみならず、同じ効果が得られる範囲で、凹凸部や面取り部等を含む形状も表すものとする。

また、本明細書において、一の構成要素を「備える」、「含む」、又は、「有する」という表現は、他の構成要素の存在を除外する排他的な表現ではない。

符号の説明

[0073]	1	燃焼設備
	2	ガスタービン設備
	4	蒸気タービン設備
	6	排熱回収ボイラ
	10	圧縮機
	12	燃焼器
	14	タービン
	16	回転シャフト
	18	発電機
	20	タービン
	22	回転シャフト
	24	発電機
	26	復水器
	30	ダクト
	32	流路

- 3 4 伝熱管
- 3 8 煙突
- 4 0 還元剤供給部
- 4 2 ノズル
- 4 4 還元剤貯留部
- 4 6 供給ライン
- 4 8 バルブ
- 5 0 第 1 脱硝触媒
- 5 2 触媒ユニット
- 5 2 A 触媒ユニット
- 5 2 B 触媒ユニット
- 5 2 C 触媒ユニット
- 5 4 アンモニア分解触媒
- 5 6 第 2 脱硝触媒
- 5 8 還元剤供給量調節部
- 6 0 制御装置
- 7 2 第 1 アンモニア濃度計測部
- 7 4 第 2 アンモニア濃度計測部
- 7 6 NO_x 濃度計測部
- 7 8 N_2O 濃度計測部
- 1 0 0 燃焼装置
- 1 0 2 排ガス処理装置

請求の範囲

- [請求項1] 燃料を燃焼させることで生じる排ガスを処理するための排ガス処理装置であって、
- 前記排ガス中の窒素酸化物を低減するための第1脱硝触媒と、
- 排ガス流れにおける前記第1脱硝触媒の下流側に設けられ、前記排ガス中のアンモニアを分解するためのアンモニア分解触媒、及び、前記排ガス流れにおける前記アンモニア分解触媒の下流側に配置され、前記排ガス中の窒素酸化物を低減するための第2脱硝触媒をそれぞれ含む1以上の触媒ユニットと、
- を備え、
- 前記1以上の触媒ユニットの出口における一酸化二窒素の濃度 ($C_{N_2O_SYS}$) に対する前記第1脱硝触媒の出口におけるアンモニアの濃度 ($C_{NH_3_FSCR}$) の比 ($C_{NH_3_FSCR}/C_{N_2O_SYS}$) が10.0以上である
- 排ガス処理装置。
- [請求項2] 前記比 ($C_{NH_3_FSCR}/C_{N_2O_SYS}$) が100.0以下である
- 請求項1に記載の排ガス処理装置。
- [請求項3] 前記第1脱硝触媒の出口におけるアンモニアの濃度 ($C_{NH_3_FSCR}$) が150ppmvdc以下である
- 請求項1又は2に記載の排ガス処理装置。
- [請求項4] 窒素酸化物を還元可能な還元剤を前記排ガスに供給するための還元剤供給部と、
- 前記第1脱硝触媒の出口における窒素酸化物濃度あるいはアンモニアの濃度、及び、前記1以上の触媒ユニットの出口における一酸化二窒素の濃度に基づいて、前記還元剤供給部からの前記還元剤の供給量を調節するように構成された還元剤供給量調節部と、
- を備える請求項1又は2に記載の排ガス処理装置。
- [請求項5] 燃料を燃焼させることで生じる排ガスを処理するための排ガス処理

装置であって、

前記排ガス中の窒素酸化物を低減するための第1脱硝触媒と、

排ガス流れにおける前記第1脱硝触媒の下流側に設けられ、前記排ガス中のアンモニアを分解するためのアンモニア分解触媒、及び、前記排ガス流れにおける前記アンモニア分解触媒の下流側に配置され、前記排ガス中の窒素酸化物を低減するための第2脱硝触媒をそれぞれ含む1以上の触媒ユニットと、
を備え、

前記排ガス流れの方向における前記第1脱硝触媒の長さは、前記排ガス処理装置に導入される前記排ガス中の窒素酸化物の濃度を $\times [ppmvdc]$ とし、前記排ガス流れの方向における前記第1脱硝触媒の長さ L_{FSCR} と各々の前記アンモニア分解触媒の長さ L_{AMD} との比(L_{FSCR}/L_{AMD})を $y[-]$ としたとき、

$$y \geq 0.003 \times$$

で表される関係式を満たすように構成された
排ガス処理装置。

[請求項6]

燃料を燃焼させることで生じる排ガスを処理するための排ガス処理方法であって、

前記排ガス中の窒素酸化物を低減するための第1脱硝触媒と、

排ガス流れにおける前記第1脱硝触媒の下流側に設けられ、前記排ガス中のアンモニアを分解するためのアンモニア分解触媒、及び、前記排ガス流れにおける前記アンモニア分解触媒の下流側に配置され、前記排ガス中の窒素酸化物を低減するための第2脱硝触媒をそれぞれ含む1以上の触媒ユニットと、
を備える排ガス処理装置を用いて前記排ガスを処理するステップを含み、

前記ステップでは、前記1以上の触媒ユニットの出口における一酸化二窒素の濃度($C_{N_2O_{SYS}}$)に対する前記第1脱硝触媒の出口にお

けるアンモニアの濃度 ($C_{\text{NH}_3_FSCR}$) の比 ($C_{\text{NH}_3_FSCR} / C_{\text{N}_2\text{O_SYS}}$) が 10.0 以上となるように、前記排ガスを処理する排ガス処理方法。

[請求項7]

燃料を燃焼させることで生じる排ガスを処理するための排ガス処理方法であって、

前記排ガス中の窒素酸化物を低減するための第1脱硝触媒と、

排ガス流れにおける前記第1脱硝触媒の下流側に設けられ、前記排ガス中のアンモニアを分解するためのアンモニア分解触媒、及び、前記排ガス流れにおける前記アンモニア分解触媒の下流側に配置され、前記排ガス中の窒素酸化物を低減するための第2脱硝触媒をそれぞれ含む1以上の触媒ユニットと、

を備える排ガス処理装置を用いて前記排ガスを処理するステップを含み、

前記ステップでは、前記排ガス処理装置に導入される前記排ガス中の窒素酸化物の濃度を x [ppmvdc] とし、前記排ガス流れの方向における前記第1脱硝触媒の長さ L_{FSCR} と各々の前記アンモニア分解触媒の長さ L_{AMD} との比 (L_{FSCR} / L_{AMD}) を y [—] としたとき、

$$y \geq 0.003x$$

で表される関係式を満たす前記第1脱硝触媒を少なくとも用いて前記排ガスを処理する排ガス処理方法。