

明 細 書

発明の名称：排ガス処理装置、燃焼設備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、燃焼設備及び排ガス処理方法に関する。

本願は、2022年4月25日に日本国特許庁に出願された特願2022-071408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] 発電用ボイラ、ガスタービンおよび燃焼炉等の燃焼設備からの燃焼排ガスに含まれる特定物質（例えば窒素酸化物（ NO_x ））を、触媒の存在下で還元剤を用いて無害な物質（窒素酸化物の場合は窒素および水）に分解して除去又は低減することがある。

[0003] 例えば特許文献1には、排ガスの流路に窒素酸化物の還元反応を促進する触媒層を設け、該触媒層の上流で排ガスにアンモニアを添加することで、触媒層にて排ガス中の窒素酸化物をアンモニアとの反応により還元して分解することが記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2009-545437号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 従来の化石燃料（石炭、石油又は天然ガス等）の燃焼排ガスに含まれる NO_x を低減する排ガス処理においては、 NO_x を還元するための還元剤の供給量は、燃焼排ガスの流路における NO_x 濃度に基づいて適切に調節することができる。

[0006] 一方、特定物質（ NO_x 等）を還元する作用を有する還元剤（アンモニア等）を含む燃料の場合、燃料の燃焼排ガス中には、上述の還元剤の未燃分が含まれる。この還元剤（第1還元剤）の未燃分は、特定物質（ NO_x 等）を

還元する作用を有するため、燃焼排ガス中の特定物質（ NO_x 等）を還元するために供給される還元剤（第2還元剤）の供給量の制御の外乱となる。あるいは、燃焼排ガス中における還元剤（第1還元剤）の未燃分の流路断面内における濃度には分布（ばらつき）があるため、燃焼排ガス中における還元剤と NO_x との比のアンバランスが発生しやすい。このため、還元剤（第2還元剤）の供給量の調節が容易ではない。

[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、還元剤（第1還元剤）を含む燃料の燃焼排ガス中の特定物質を還元するための還元剤（第2還元剤）の供給量を適切に調節しやすい排ガス処理装置、燃焼設備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、
特定物質を還元可能な第1還元剤を含む燃料の燃焼排ガスの流路に設けられ、前記燃焼排ガス中の前記特定物質を還元するための第2還元剤を前記燃焼排ガスに供給するための第2還元剤供給部と、
前記流路において前記第2還元剤供給部の上流側に設けられ、前記燃焼排ガス中の前記第1還元剤を低減するための第1還元剤低減部と、
を備える。

[0009] また、本発明の少なくとも一実施形態に係る燃焼設備は、
特定物質を還元可能な第1還元剤を含む燃料を燃焼させるように構成された燃焼装置と、
前記燃焼装置からの前記燃料の燃焼排ガスを処理するように構成された上述の排ガス処理装置と、
を備える。

[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、
特定物質を還元可能な第1還元剤を含む燃料の燃焼排ガスの流路において前記燃焼排ガス中の前記特定物質を還元するための第2還元剤を前記燃焼排ガスに供給するステップと、

前記流路における前記第2還元剤の供給位置よりも上流側の位置で前記燃焼排ガス中の前記第1還元剤を低減するステップと、
を備える。

発明の効果

[0011] 本発明の少なくとも一実施形態によれば、還元剤（第1還元剤）を含む燃料の燃焼排ガス中の特定物質を還元するための還元剤（第2還元剤）の供給量を適切に調節しやすい排ガス処理装置、燃焼設備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]一実施形態に係る燃焼設備の概略図である。

[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]第1還元剤低減部での反応量（横軸）と、第2還元剤供給部の直後の位置におけるアンモニアと NO_x との濃度比の変動係数（縦軸）との関係（計算例）を示すグラフである。

[図4]第1還元剤低減部での反応量（横軸）と、煙突内における NO_x 及びアンモニアの濃度（縦軸）との関係（計算例）を示すグラフである。

[図5]第1還元剤低減部の上流側での未燃 NH_3 濃度平均/ NO_x 濃度平均比（横軸）と、第1還元剤低減部の下流側かつ第2還元剤供給部の上流側でのアンモニア濃度と第2還元剤供給部でのアンモニア供給量（濃度）との比（縦軸）の関係（計算例）を示す図である。

[図6]一実施形態に係る排ガス処理装置の概略図である。

[図7]一実施形態に係る排ガス処理装置の概略図である。

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、図 6 及び図 7 は、それぞれ、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、特定物質（例えば NO_x ）を還元可能な第 1 還元剤（例えばアンモニア）を含む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（HRSG）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。

[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、図 6 及び図 7 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（図 2 参照）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、36 と、を有する。伝熱管 34、36 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、36 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 内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] 燃焼装置 100（上述の実施形態ではガスタービン設備 2 の燃焼器 12）に供給される燃料は、特定物質を還元可能な第 1 還元剤を含む燃料である。

[0020] 上述の特定物質は、燃料の燃焼排ガスに含まれ得る物質であり、例えば NO_x （ NO や NO_2 等の窒素酸化物）であってもよい。

[0021] 特定物質が NO_x である場合、上述の第 1 還元剤は、 NO_x 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。すなわち、上述の燃料は、アンモニア又は尿素を含んでもよい。なお、上述の燃料は、第 1 還元剤以外の成分（例えば、石炭、石油又は天然ガス等の炭素含有燃料）を含んでもよい。

[0022] （排ガス処理装置の構成）

図 2、図 6 及び図 7 に示すように、排ガス処理装置 102 は、燃焼装置 100 からの燃焼排ガスが流れる流路 32 にそれぞれ設けられる第 1 還元剤低減部 50 と、第 2 還元剤供給部 40 と、を備える。

[0023] 第 2 還元剤供給部 40 は、燃焼排ガス中の特定物質（ NO_x 等）を還元するための第 2 還元剤を前記燃焼排ガスに供給するように構成される。特定物質を含む燃焼排ガスに第 2 還元剤を供給することで、燃焼排ガス中の特定物質を還元することができ、これにより、煙突 38 から排出される燃焼排ガス中の特定物質を低減することができる。例えば、特定物質が NO_x である場合は、 NO_x と第 2 還元剤との反応により燃焼排ガス中の NO_x を窒素及び水に分解して、燃焼排ガス中の NO_x を低減することができる。

[0024] 図 2、図 6 及び図 7 に示すように、第 2 還元剤供給部 40 は、第 2 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、第2還元剤貯留部44に貯留された第2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、第2還元剤供給部40を介した第2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。

[0025] 特定物質が NO_x である場合、第2還元剤は、 NO_x 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。第2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。

[0026] 燃焼排ガスの流路32において、第2還元剤供給部40の下流側には、燃焼排ガスと第2還元剤との混合を促進するための混合器51が設けられてもよい。混合器にて燃焼排ガスと第2還元剤との混合を促進することで、燃焼排ガス中の特定物質と、第2還元剤との反応を促進することができる。

[0027] また、図2、図6及び図7に示すように、燃焼排ガスの流路32において、第2還元剤供給部40の下流側には、燃焼排ガス中の特定物質（ NO_x 等）と、還元剤（第1還元剤及び／又は第2還元剤）との還元反応を促進するための第2還元触媒52が設けられてもよい。第2還元触媒52を設けることで、燃焼排ガス中の特定物質と還元剤とを効果的に反応させることができる。特定物質が NO_x であり、還元剤がアンモニア又は尿素を含む場合、第2還元触媒は、例えば、チタン、バナジウム又はタングステン、モリブデンを含む金属又は金属化合物を含んでもよい。図7に示すように、燃焼排ガスの流路32において、第2還元剤供給部40の下流側には、複数の第2還元触媒52が設けられてもよい。

[0028] また、図2、図6及び図7に示すように、燃焼排ガスの流路32において、第2還元剤供給部40及び第2還元触媒52の下流側には、燃焼排ガス中の還元剤（第1還元剤及び／又は第2還元剤）の分解反応を促進するための還元剤分解触媒54が設けられてもよい。還元剤分解触媒54を設けることで、第2還元触媒52の下流側で燃焼排ガス中に残存する還元剤を低減させ

てから、煙突38を介して排ガスを排出することができる。図6に示すように、燃焼排ガスの流路32において、還元剤分解触媒54の下流側に、燃焼排ガス中の特定物質(NO_x 等)と、還元剤(第1還元剤及び/又は第2還元剤)との還元反応を促進するための第3還元触媒53が設けられていてもよい。

[0029] 第1還元剤低減部50は、燃焼排ガスの流路32において第2還元剤供給部40の上流側に設けられ、流路32内の燃焼排ガス中の第1還元剤を低減するように構成される。なお、燃焼装置100で燃料が燃焼されるときに、燃料に含まれる第1還元剤の一部は燃焼反応により酸化物(第1還元剤がアンモニアの場合は NO_x)となるが、第1還元剤の他の一部は、燃焼されずに未燃分として燃焼排ガス中に残存する。すなわち、第1還元剤低減部50では、燃焼排ガス中に残存する第1還元剤の未燃分が低減される。

[0030] 幾つかの実施形態では、第1還元剤低減部は、第1還元剤の分解反応を促進するための還元剤分解触媒を含む。還元剤分解触媒は、第1還元剤の酸化分解反応を促進するための触媒であってもよい。第1還元剤低減部50としての還元剤分解触媒により、燃焼排ガスの流路32における第2還元剤供給部40の上流側にて、燃焼排ガスに含まれる第1還元剤の未燃分を分解させて低減することができる。還元剤がアンモニア又は尿素を含む場合、還元剤分解触媒は、例えば、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。

[0031] 幾つかの実施形態では、第1還元剤低減部50は、特定物質と第1還元剤との反応を促進するための第1還元触媒を含む。第1還元剤低減部50としての第1還元触媒により、燃焼排ガスの流路32における第2還元剤供給部40の上流側にて、燃焼排ガスに含まれる第1還元剤の未燃分を特定物質との酸還元反応で消費することにより低減することができる。特定物質が NO_x であり、還元剤がアンモニア又は尿素を含む場合、第1還元触媒は、例えば、チタン、バナジウム又はタングステン、モリブデン、白金、銅、鉄、コバルト、パラジウム、イリジウム、ニッケル、ルテニウムを含む金属又は金

属化合物を含んでもよい。

[0032] 幾つかの実施形態では、第1還元剤低減部50は、第1還元剤を中和するための中和剤を燃焼排ガスに供給するように構成された中和剤供給部を含む。第1還元剤低減部50としての中和剤供給部により中和剤を供給することで、燃焼排ガスの流路32における第2還元剤供給部40の上流側にて、燃焼排ガスに含まれる第1還元剤の未燃分を中和剤との中和反応で消費することにより低減することができる。還元剤がアンモニア又は尿素を含む場合、上述の中和剤は、例えば、三酸化硫黄(SO_3)又は硫酸等を含んでもよい。

[0033] なお、第1還元剤低減部50では、燃焼排ガス中の第1還元剤の少なくとも一部が除去される。第1還元剤低減部50で除去されずに燃焼排ガス中に残る第1還元剤の一部は、第1還元剤低減部50の下流側において（例えば上述の第2還元触媒52において）特定成分(NO_x 等)との還元反応に消費されてもよく、あるいは、上述の還元剤分解触媒54にて分解されてもよい。

[0034] 上述の実施形態によれば、特定物質(NO_x 等)を還元可能な第1還元剤（アンモニア(NH_3)等）を含む燃料の燃焼排ガスの流路32において、燃焼排ガス中の該特定物質(NO_x 等)を還元するための第2還元剤（アンモニア等）を供給する第2還元剤供給部40の上流側に、燃焼排ガス中の第1還元剤を低減するための第1還元剤低減部50が設けられる。これにより、燃焼排ガスの流路32における第2還元剤供給部40の上流側にて、燃焼排ガス中の第1還元剤（未燃分）が低減される。したがって、第1還元剤の未燃分が低減された状態で燃焼排ガスに第2還元剤が供給されるので、例えば、燃焼排ガス中の第1還元剤の未燃分の量を考慮しなくても第2還元剤の供給量を調節可能となる等、第2還元剤の供給量の調節がしやすい。あるいは、第2還元剤供給部40の下流側における第1還元剤と特定物質の比(NH_3/NO_x 等)のアンバランスが低減される（当該比のばらつきが小さくなる）ので、第2還元剤の供給量の調節がしやすい。このように、上述の実施形態によれば、還元剤（第1還元剤）を含む燃料の燃焼排ガス中の特定物質を

還元するための還元剤（第2還元剤）の供給量を適切に調節しやすい。

[0035] なお、第1還元剤低減部50は、燃焼排ガスの流路32において、伝熱管34、36の上流側に設けられてもよく、伝熱管34、36の下流側に設けられてもよく、あるいは、図2、図6及び図7に示すように、伝熱管34と伝熱管36との間に設けられてもよい。

[0036] なお、第2還元剤供給部40は、燃焼排ガスの流路32において第1還元剤低減部50の下流側にのみ設けられてもよい。言い換えると、第1還元剤低減部50は、複数の第2還元剤供給部40のうち、最も上流のものより上流に設けられてもよい。即ち、この場合、流路32において第1還元剤低減部50の上流側では、燃焼排ガス中の特定物質（ NO_x 等）を還元するための還元剤が供給されない。

[0037] 図2、図6及び図7に示すように、排ガス処理装置102は、第2還元剤供給部40による第2還元剤の供給量を調節するための制御装置60を備えてもよい。制御装置60は、燃焼排ガス中の特定物質（ NO_x 等）の濃度に基づいて第2還元剤の供給量を調節するように構成されてもよい。

[0038] 制御装置60は、燃焼排ガス中の特定物質の濃度を計測するための濃度計測部62又は64による計測結果に基づいて、第2還元剤の供給量を調節するように構成されてもよい。図2、図6及び図7に示す例示的な実施形態において、濃度計測部62は、燃焼排ガスの流路32における第1還元剤低減部50の下流側、かつ、第2還元剤供給部40の上流側の位置での特定物質の濃度を計測するように構成される。また、濃度計測部64は、第2還元剤供給部40よりも下流側に位置する煙突38内での特定物質の濃度を計測するように構成される。

[0039] 制御装置60は、第2還元剤の供給量を調節するために、第2還元剤を供給するための供給ライン46に設けられたバルブ48の開度を調節するように構成されてもよい。

[0040] 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。制御装置60は、インターフェースを介して、濃度計測部62又は64からの濃度計測値を示す信号を受け取るようになっている。プロセッサは、このようにして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、濃度計測部62又は64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るてもよい。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るてもよい。

[0041] なお、上述の特定物質がNO_xである場合、燃焼排ガス中のNO_x濃度は、例えば、化学発光方式NO_x計（JIS B 7982）、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。濃度計測部62又は64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。

[0042] 幾つかの実施形態では、制御装置60は、燃焼排ガスの流路32における第1還元剤低減部50の下流側かつ第2還元剤供給部40の上流側における特定物質の濃度に基づいて、第2還元剤供給部40による第2還元剤の供給量を調節するように構成される。なお、流路32における第1還元剤低減部50の下流側かつ第2還元剤供給部40の上流側での特定物質の濃度として、濃度計測部62による燃焼排ガス中の特定物質の濃度の計測値を用いてもよい。

[0043] 上述の実施形態では、第1還元剤低減部50の下流側かつ第2還元剤供給部40の上流側における特定物質の濃度に基づいて第2還元剤の供給量を調節するようにしたので、燃焼排ガス中の特定物質を低減可能な適切な量の第2還元剤を供給することができる。また上述したように、第1還元剤低減部50により、燃焼排ガスの流路32における第2還元剤供給部40の上流側にて燃焼排ガス中の第1還元剤（未燃分）が低減されるので、本実施形態のように、燃焼排ガスの流路32における第1還元剤の濃度によらず、特定物質の濃度に基づいて第2還元剤の供給量を適切に調節することができる。

- [0044] 例えば、制御装置60は、流路32の断面内の複数位置の各々において、第1還元剤低減部50の下流側かつ第2還元剤供給部40の上流側における特定物質の濃度（例えば、複数位置における平均値）に基づいて決定される量（同量）の第2還元剤を供給するように構成されてもよい。この場合、第2還元剤供給部40は、流路32の断面内の複数位置の各々に第2還元剤を供給するように構成される。例えば、第2還元剤供給部40は、流路32の断面内の複数位置の各々に第2還元剤を供給するように構成された複数のノズル42を含む。
- [0045] あるいは、制御装置60は、流路32にて第2還元剤供給部40の直後における流路32の断面内の複数位置の各々における第2還元剤と特定物質の濃度の比が所定の比（例えば化学量論比の a 倍等）となるように、第2還元剤供給部40による第2還元剤の供給量を調節するように構成されてもよい。なお、特定物質が NO_x であり、第2還元剤としてアンモニアを使用する場合、上述の濃度の比は、アンモニア（ NH_3 ）と NO_x との濃度比（ $[\text{NH}_3] / [\text{NO}_x]$ ）である。この場合、濃度計測部62は、流路32の断面内の複数位置の各々における特定物質の濃度を計測するように構成されるとともに、第2還元剤供給部40は、流路32の断面内の複数位置（濃度計測部62による濃度計測位置に対応する複数の位置）の各々に第2還元剤を供給するように構成される。
- [0046] 幾つかの実施形態では、制御装置60は、燃焼排ガスの流路32からの燃焼排ガスが排出される煙突38内における特定物質の濃度に基づいて、第2還元剤供給部40による第2還元剤の供給量を調節するように構成される。なお、煙突38内における特定物質の濃度として、濃度計測部64による燃焼排ガス中の特定物質の濃度の計測値を用いてもよい。
- [0047] 上述の実施形態によれば、流路32からの燃焼排ガスが排出される煙突38内における特定物質の濃度に基づいて、第2還元剤供給部40による第2還元剤の供給量を調節するようにしたので、煙突38から排出される燃焼排ガス中の特定物質の濃度を適正範囲内（例えば規制値未満等）に維持するこ

とができる。

[0048] 以下、幾つかの実施形態に係る排ガス処理装置により得られる効果について、グラフに基づき説明する。以下の説明では、図2に示す排ガス処理装置において、第1還元剤としてのアンモニアを含む燃料の燃焼排ガスが流路32に導入され、該燃焼排ガスには特定物質としての NO_x が含まれ、第1還元剤低減部50としてアンモニア分解触媒が用いられ、第2還元剤としてアンモニアが用いられることを前提とする。

[0049] 図3は、第2還元剤供給部40で供給される第2還元剤としてのアンモニアと、第1還元剤低減部50の下流側かつ第2還元剤供給部40の上流側の位置（濃度計測部62による濃度計測位置）での NO_x 濃度との比が所定値（ここではアンモニア（第2還元剤）と NO_x の比が1：1）になるように、第2還元剤としてのアンモニアを供給した場合の、第1還元剤低減部50での反応量（横軸）と、第2還元剤供給部40の直後（下流側）の位置におけるアンモニア（第1還元剤（未燃分）と第2還元剤の合計）と NO_x との濃度比の変動係数（縦軸）との関係（計算例）を示すグラフである。ここで、第1還元剤低減部での反応量は、第1還元剤低減部において燃焼排ガス中の NO_x が反応した割合を示すものである。反応量は、第1還元剤低減部の触媒量を調節することにより変更されるものである。上述の変動係数は、第2還元剤供給部40の下流側から第2還元触媒52の上流側の流路32断面内の複数の位置におけるアンモニア（第1還元剤（未燃分）と第2還元剤の合計）と NO_x との濃度比の標準偏差を平均値で除して得られる値であり、当該濃度比のばらつきを示す指標である。

図4は、図3の場合と同様の条件において、上述の反応量（横軸）と、煙突38内における NO_x 及びアンモニアの濃度（流路断面における複数位置での濃度の平均値）（縦軸）との関係（計算例）を示すグラフである。

[0050] 図3に示すグラフは、第1還元剤低減部50での未燃アンモニア（第1還元剤の未燃分）の低減量（すなわち NO_x との反応量）が大きいほど、第2還元剤供給部の下流側におけるアンモニアと NO_x との濃度比のばらつきが

小さくなることを示している。すなわち、第1還元剤低減部50で未燃アンモニアを低減させることにより、未燃アンモニアの濃度を用いなくとも、 NO_x の濃度に基づいて第2還元剤の供給量を調節すれば、第2還元剤供給部の下流側におけるアンモニアと NO_x との濃度比のばらつきを小さくできることが示されている。

[0051] また、図4に示すグラフは、上述の反応量が大きいほど、煙突38内における NO_x 及びアンモニア(NH_3)の濃度が小さくなることを示している。

[0052] 図3及び図4のグラフより、第2還元剤供給部の上流側の位置におけるアンモニア濃度(第1還元剤の未燃分の濃度)を考慮しなくとも、第1還元剤低減部50の下流側かつ第2還元剤供給部の上流側の位置における NO_x 濃度に基づいて、燃焼設備1から排出される燃焼排ガス中の NO_x 及びアンモニア濃度を適切に低減できることが示されている。

[0053] 図5は、図3及び図4の場合と同様の条件において、第1還元剤低減部50の上流側での未燃 NH_3 濃度/ NO_x 濃度比(横軸)と、第1還元剤低減部50の下流側かつ第2還元剤供給部40の上流側でのアンモニア濃度(第1還元剤の未燃分濃度)と第2還元剤供給部40でのアンモニア(第2還元剤)供給量(濃度)との比(縦軸)と、上述の反応量と、の関係(計算例)を示す図である。なお、各数値は、流路32断面内の複数位置での濃度の平均値である。

[0054] 図5の横軸(第1還元剤低減部50の上流側での未燃 NH_3 濃度/ NO_x 濃度比)は、第2還元剤供給部40によるアンモニア供給量の制御の外乱の大きさを示すものである。図5のグラフから、外乱(横軸)が大きくなっても、第1還元剤低減部50での反応量が大きくなるのにしたが、第1還元剤低減部50の下流側かつ第2還元剤供給部40の上流側でのアンモニア(第1還元剤の未燃分)濃度とアンモニア(第2還元剤)供給量との比(縦軸)が小さくなることがわかる。すなわち、第1還元剤低減部50の下流側に到達する未燃アンモニア(第1還元剤の未燃分)が増加しても、第1還元剤低減部50での反応量が増加するにしたが、外乱が及ぼす影響が低減される

ことが示されている。

[0055] 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。

[0056] (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、
特定物質(例えば NO_x)を還元可能な第1還元剤(例えばアンモニア)
を含む燃料の燃焼排ガスの流路(32)に設けられ、前記燃焼排ガス中の前
記特定物質を還元するための第2還元剤(例えばアンモニア)を前記燃焼排
ガスに供給するための第2還元剤供給部(40)と、
前記流路において前記第2還元剤供給部の上流側に設けられ、前記燃焼排
ガス中の前記第1還元剤を低減するための第1還元剤低減部(50)と、
を備える。

[0057] 上記(1)の構成によれば、特定物質(NO_x 等)を還元可能な第1還元
剤(アンモニア(NH_3)等)を含む燃料の燃焼排ガスの流路において、燃焼
排ガス中の該特定物質(NO_x 等)を還元するための第2還元剤(アンモニ
ア等)を供給する第2還元剤供給部の上流側に、燃焼排ガス中の第1還元剤
を低減するための第1還元剤低減部が設けられる。これにより、燃焼排ガス
の流路における第2還元剤供給部の上流側にて、燃焼排ガス中の第1還元剤
(未燃分)が低減される。したがって、第1還元剤の未燃分が低減された状
態で燃焼排ガスに第2還元剤が供給されるので、例えば、燃焼排ガス中の第
1還元剤の未燃分の量を考慮しなくても第2還元剤の供給量を調節可能とな
る等、第2還元剤の供給量の調節がしやすい。あるいは、第2還元剤供給部
の下流側における第1還元剤と特定物質の比(NH_3/NO_x 等)のアンバラ
ンスが低減される(当該比のばらつきが小さくなる)ので、第2還元剤の供
給量の調節がしやすい。このように、上記(1)の構成によれば、還元剤(
第1還元剤)を含む燃料の燃焼排ガス中の特定物質を還元するための還元剤
(第2還元剤)の供給量を適切に調節しやすい。

[0058] (2) 幾つかの実施形態では、上記(1)の構成において、
前記第2還元剤供給部は、前記流路において前記第1還元剤低減部の下流
側にのみ設けられる。

[0059] 上記（２）の構成によれば、第２還元剤供給部は第１還元剤低減部の下流側にのみ設けられるので、還元剤（第１還元剤）を含む燃料の燃焼排ガス中の特定物質を還元するための還元剤（第２還元剤）の供給量をより一層適切に調節しやすい。

[0060] （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還元剤低減部は、前記第１還元剤の酸化分解反応を促進するための還元剤分解触媒を含む。

[0061] 上記（３）の構成によれば、第１還元剤低減部は、第１還元剤の酸化分解反応を促進する還元剤分解触媒を含むので、燃焼排ガスの流路における第２還元剤供給部の上流側にて、燃焼排ガスに含まれる第１還元剤の未燃分を分解させて低減することができる。よって、上記（１）で述べたように、還元剤（第１還元剤）を含む燃料の燃焼排ガス中の特定物質を還元するための還元剤（第２還元剤）の供給量を適切に調節しやすい。

[0062] （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還元剤低減部は、前記第１還元剤の分解反応を促進するための還元剤分解触媒を含む。

[0063] 上記（３）' の構成によれば、第１還元剤低減部は、第１還元剤の分解反応を促進する還元剤分解触媒を含むので、燃焼排ガスの流路における第２還元剤供給部の上流側にて、燃焼排ガスに含まれる第１還元剤の未燃分を分解させて低減することができる。よって、上記（１）で述べたように、還元剤（第１還元剤）を含む燃料の燃焼排ガス中の特定物質を還元するための還元剤（第２還元剤）の供給量を適切に調節しやすい。

[0064] （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、

前記第１還元剤低減部は、前記特定物質と前記第１還元剤との反応を促進するための第１還元触媒を含む。

[0065] 上記（４）の構成によれば、第１還元剤低減部は、上述の特定物質と第１還元剤との反応を促進する第１還元触媒を含むので、燃焼排ガスの流路にお

ける第2還元剤供給部の上流側にて、燃焼排ガスに含まれる第1還元剤の未燃分を上述の特定物質との酸化還元反応により低減することができる。よって、上記(1)で述べたように、還元剤(第1還元剤)を含む燃料の燃焼排ガス中の特定物質を還元するための還元剤(第2還元剤)の供給量を適切に調節しやすい。

[0066] (4') 幾つかの実施形態では、上記(1)乃至(4)の何れかの構成において、

前記第1還元剤低減部は、前記第1還元剤を中和するための中和剤を前記燃焼排ガスに供給するように構成された中和剤供給部を含む。

[0067] 上記(4')の構成によれば、第1還元剤低減部は、第1還元剤を中和するための中和剤を供給するように構成された中和剤供給部を含むので、燃焼排ガスの流路における第2還元剤供給部の上流側にて、燃焼排ガスに含まれる第1還元剤の未燃分を中和剤との中和反応により低減することができる。よって、上記(1)で述べたように、還元剤(第1還元剤)を含む燃料の燃焼排ガス中の特定物質を還元するための還元剤(第2還元剤)の供給量を適切に調節しやすい。

[0068] (5) 幾つかの実施形態では、上記(1)乃至(4)の何れかの構成において、

前記特定物質は窒素酸化物を含む。

[0069] 上記(5)の構成によれば、窒素酸化物(NO_x)を還元可能な第1還元剤を含む燃料の燃焼排ガスの流路において、燃焼排ガス中の窒素酸化物(NO_x)を還元するための第2還元剤を供給する第2還元剤供給部の上流側に、燃焼排ガス中の第1還元剤を低減するための第1還元剤低減部が設けられる。よって、上記(1)で述べたように、還元剤(第1還元剤)を含む燃料の燃焼排ガス中の窒素酸化物(NO_x)を還元するための還元剤(第2還元剤)の供給量を適切に調節しやすい。

[0070] (6) 幾つかの実施形態では、上記(5)の構成において、

前記第1還元剤又は前記第2還元剤の少なくとも一方は、アンモニア又は

尿素を含む。

[0071] 上記（６）の構成によれば、第１還元剤又は第２還元剤の少なくとも一方は、アンモニア又は尿素を含む。よって、第１還元剤又は第２還元剤としてのアンモニア又は尿素を用いることで、燃焼排ガス中の窒素酸化物を還元することができる。このため、上記（１）で述べたように、還元剤（第１還元剤）を含む燃料の燃焼排ガス中の窒素酸化物（ NO_x ）を還元するための還元剤（第２還元剤）の供給量を適切に調節しやすい。

[0072] （７）幾つかの実施形態では、上記（１）乃至（６）の何れかの構成において、

前記排ガス処理装置は、

前記流路において前記第２還元剤供給部の下流側に設けられ、前記特定物質の還元反応を促進するための第２還元触媒（５２）を備える。

[0073] 上記（７）の構成によれば、第２還元剤供給部の下流側に、特定物質の還元反応を促進するための第２還元触媒を設けたので、燃焼排ガス中に含まれる特定物質を該第２還元触媒にて第１還元剤の残留分及び第２還元剤との反応で還元させることで、燃焼排ガス中の特定物質を効果的に低減することができる。

[0074] （８）幾つかの実施形態では、上記（１）乃至（７）の何れかの構成において、

前記排ガス処理装置は、

前記流路における前記第１還元剤低減部の下流側かつ前記第２還元剤供給部の上流側における前記特定物質の濃度に基づいて、前記第２還元剤供給部による前記第２還元剤の供給量を調節するように構成された制御装置（６０）を備える。

[0075] 上記（８）の構成によれば、第１還元剤低減部の下流側かつ第２還元剤供給部の上流側における特定物質の濃度に基づいて、第２還元剤の供給量を調節するようにしたので、燃焼排ガス中の特定物質を低減可能な適切な量の第２還元剤を供給することができる。また、上記（８）の構成によれば、上記

(1) で述べたように、燃焼排ガスの流路における第2還元剤供給部の上流側にて燃焼排ガス中の第1還元剤(未燃分)が低減されるので、制御装置による第2還元剤の供給量の調節が比較的容易である。

[0076] (9) 幾つかの実施形態では、上記(1)乃至(8)の何れかの構成において、

前記排ガス処理装置は、

前記流路からの前記燃焼排ガスが排出される煙突内における前記特定物質の濃度に基づいて、前記第2還元剤供給部による前記第2還元剤の供給量を調節するように構成された制御装置(60)を備える。

[0077] 上記(9)の構成によれば、流路からの燃焼排ガスが排出される煙突内における特定物質の濃度に基づいて、第2還元剤供給部による第2還元剤の供給量を調節するようにしたので、煙突から排出される燃焼排ガス中の特定物質の濃度を適正範囲内(例えば規制値未満等)に維持することができる。

[0078] (10) 本発明の少なくとも一実施形態に係る燃焼設備(1)は、

特定物質を還元可能な第1還元剤を含む燃料を燃焼させるように構成された燃焼装置(100)と、

前記燃焼装置からの前記燃料の燃焼排ガスを処理するように構成された上記(1)乃至(9)の何れか一項に記載の排ガス処理装置(102)と、を備える。

[0079] 上記(10)の構成によれば、特定物質(NO_x 等)を還元可能な第1還元剤(アンモニア(NH_3)等)を含む燃料の燃焼排ガスの流路において、燃焼排ガス中の該特定物質(NO_x 等)を還元するための第2還元剤(アンモニア等)を供給する第2還元剤供給部の上流側に、燃焼排ガス中の第1還元剤を低減するための第1還元剤低減部が設けられる。これにより、燃焼排ガスの流路における第2還元剤供給部の上流側にて、燃焼排ガス中の第1還元剤(未燃分)が低減される。したがって、第1還元剤の未燃分が低減された状態で燃焼排ガスに第2還元剤が供給されるので、例えば、燃焼排ガス中の第1還元剤の未燃分の量を考慮しなくても第2還元剤の供給量を調節可能と

なる等、第2還元剤の供給量の調節がしやすい。あるいは、第2還元剤供給部の下流側における第1還元剤と特定物質の比(NH_3/NO_x 等)のアンバランスが低減される(当該比のばらつきが小さくなる)ので、第2還元剤の供給量の調節がしやすい。このように、上記(1)の構成によれば、還元剤(第1還元剤)を含む燃料の燃焼排ガス中の特定物質を還元するための還元剤(第2還元剤)の供給量を適切に調節しやすい。

[0080] (11) 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、

特定物質を還元可能な第1還元剤を含む燃料の燃焼排ガスの流路(32)において前記燃焼排ガス中の前記特定物質を還元するための第2還元剤を前記燃焼排ガスに供給するステップと、

前記流路における前記第2還元剤の供給位置よりも上流側の位置で前記燃焼排ガス中の前記第1還元剤を低減するステップと、
を備える。

[0081] 上記(11)の方法によれば、特定物質(NO_x 等)を還元可能な第1還元剤(アンモニア(NH_3)等)を含む燃料の燃焼排ガスの流路において、燃焼排ガス中の該特定物質(NO_x 等)を還元するための第2還元剤(アンモニア等)を供給する位置よりも上流側の位置で、燃焼排ガス中の第1還元剤を低減する。これにより、燃焼排ガスの流路における第2還元剤の供給位置の上流側にて、燃焼排ガス中の第1還元剤(未燃分)が低減される。したがって、第1還元剤の未燃分が低減された状態で燃焼排ガスに第2還元剤が供給されるので、例えば、燃焼排ガス中の第1還元剤の未燃分の量を考慮しなくても第2還元剤の供給量を調節可能となる等、第2還元剤の供給量の調節がしやすい。あるいは、第2還元剤の供給位置の下流側における第1還元剤と特定物質の比(NH_3/NO_x 等)のアンバランスが低減される(当該比のばらつきが小さくなる)ので、第2還元剤の供給量の調節がしやすい。このように、上記(11)の方法によれば、還元剤(第1還元剤)を含む燃料の燃焼排ガス中の特定物質を還元するための還元剤(第2還元剤)の供給量を適切に調節しやすい。

[0082] 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。

[0083] 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

- [0084] 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

2 0	タービン
2 2	回転シャフト
2 4	発電機
2 6	復水器
3 0	ダクト
3 2	流路
3 4	伝熱管
3 6	伝熱管
3 8	煙突
4 0	第 2 還元剤供給部
4 2	ノズル
4 4	第 2 還元剤貯留部
4 6	供給ライン
4 8	バルブ
5 0	第 1 還元剤低減部
5 1	混合器
5 2	第 2 還元触媒
5 3	第 3 還元触媒
5 4	還元剤分解触媒
6 0	制御装置
6 2	濃度計測部
6 4	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] 特定物質を還元可能な第1還元剤を含む燃料の燃焼排ガスの流路に設けられ、前記燃焼排ガス中の前記特定物質を還元するための第2還元剤を前記燃焼排ガスに供給するための第2還元剤供給部と、
前記流路において前記第2還元剤供給部の上流側に設けられ、前記燃焼排ガス中の前記第1還元剤を低減するための第1還元剤低減部と、
、
を備える排ガス処理装置。
- [請求項2] 前記第2還元剤供給部は、前記流路において前記第1還元剤低減部の下流側にのみ設けられる
請求項1に記載の排ガス処理装置。
- [請求項3] 前記第1還元剤低減部は、前記第1還元剤の酸化分解反応を促進するための還元剤分解触媒を含む
請求項1又は2に記載の排ガス処理装置。
- [請求項4] 前記第1還元剤低減部は、前記特定物質と前記第1還元剤との反応を促進するための第1還元触媒を含む
請求項1又は2に記載の排ガス処理装置。
- [請求項5] 前記特定物質は窒素酸化物を含む
請求項1又は2に記載の排ガス処理装置。
- [請求項6] 前記第1還元剤又は前記第2還元剤の少なくとも一方は、アンモニア又は尿素を含む
請求項5に記載の排ガス処理装置。
- [請求項7] 前記流路において前記第2還元剤供給部の下流側に設けられ、前記特定物質の還元反応を促進するための第2還元触媒を備える
請求項1又は2に記載の排ガス処理装置。
- [請求項8] 前記流路における前記第1還元剤低減部の下流側かつ前記第2還元剤供給部の上流側における前記特定物質の濃度に基づいて、前記第2還元剤供給部による前記第2還元剤の供給量を調節するように構成さ

れた制御装置を備える

請求項 1 又は 2 に記載の排ガス処理装置。

[請求項9] 前記流路からの前記燃焼排ガスが排出される煙突内における前記特定物質の濃度に基づいて、前記第 2 還元剤供給部による前記第 2 還元剤の供給量を調節するように構成された制御装置を備える

請求項 1 又は 2 に記載の排ガス処理装置。

[請求項10] 特定物質を還元可能な第 1 還元剤を含む燃料を燃焼させるように構成された燃焼装置と、

前記燃焼装置からの前記燃料の燃焼排ガスを処理するように構成された請求項 1 又は 2 に記載の排ガス処理装置と、
を備える燃焼設備。

[請求項11] 特定物質を還元可能な第 1 還元剤を含む燃料の燃焼排ガスの流路において前記燃焼排ガス中の前記特定物質を還元するための第 2 還元剤を前記燃焼排ガスに供給するステップと、

前記流路における前記第 2 還元剤の供給位置よりも上流側の位置で前記燃焼排ガス中の前記第 1 還元剤を低減するステップと、
を備える排ガス処理方法。