

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4096068号
(P4096068)

(45) 発行日 平成20年6月4日(2008.6.4)

(24) 登録日 平成20年3月21日(2008.3.21)

(51) Int. Cl.		F 1	
BO1D 53/60	(2006.01)	BO1D 53/34	132A
BO1D 53/74	(2006.01)	BO1D 53/34	ZAB
BO1D 53/34	(2006.01)		

請求項の数 6 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2007-528189 (P2007-528189)	(73) 特許権者	304019399 国立大学法人岐阜大学 岐阜県岐阜市柳戸1番1
(86) (22) 出願日	平成18年4月20日(2006.4.20)	(74) 代理人	110000659 特許業務法人広江アソシエイツ特許事務所
(86) 国際出願番号	PCT/JP2006/308319	(72) 発明者	神原 信志 岐阜県岐阜市柳戸1番1 岐阜大学工学部 内
(87) 国際公開番号	W02006/120860	審査官	小川 知宏
(87) 国際公開日	平成18年11月16日(2006.11.16)		
審査請求日	平成19年12月10日(2007.12.10)		
(31) 優先権主張番号	特願2005-135301 (P2005-135301)		
(32) 優先日	平成17年5月6日(2005.5.6)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		
(31) 優先権主張番号	特願2005-169003 (P2005-169003)		
(32) 優先日	平成17年6月9日(2005.6.9)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		
早期審査対象出願			

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 排ガス用乾式同時脱硫脱硝装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ラジカル連鎖反応を利用して排ガス中の硫黄酸化物及び窒素酸化物を除去する排ガス用乾式同時脱硫脱硝装置であって、

誘電体から成る電極対で構成される円筒二重管で発生させた低温プラズマ中において脱硝用原料を回転させながらラジカル化して脱硝ラジカルを生成する回転式脱硝ラジカル生成手段と、該回転式脱硝ラジカル生成手段の影響を受ける位置に設けられ、誘電体から成る電極対で構成される円筒二重管で発生させた低温プラズマ中において脱硫用原料をラジカル化して脱硫ラジカルを生成する脱硫ラジカル生成手段とを備えており、

脱硝用原料がアルゴンとアンモニアガス、アルゴンとアンモニア水、アルゴンと尿素のいずれかの混合ガスであり、

脱硫用原料が水分を含む排ガス、水蒸気、湿り空気のいずれかであることを特徴とする排ガス用乾式同時脱硫脱硝装置。

【請求項2】

回転式脱硝ラジカル生成手段で生成される脱硝ラジカルと排ガスとの混合部の直前位置に設けられ、旋回流となった脱硝ラジカルを該混合部に吹き込むための旋回羽を備えていることを特徴とする請求項1記載の排ガス用乾式同時脱硫脱硝装置。

【請求項3】

脱硝ラジカル生成手段と脱硫ラジカル生成手段とが一体に構成されており、

脱硝ラジカル生成手段に脱硝ラジカルを供給する脱硝ラジカル供給手段が、脱硫ラジカ

10

20

ル生成手段に脱硫ラジカルを供給する脱硫ラジカル供給手段の後段に設けられていることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の排ガス用乾式同時脱硫脱硝装置。

【請求項 4】

脱硫ラジカル供給手段が、旋回羽の直前位置に設けられていることを特徴とする請求項 3 記載の排ガス用乾式同時脱硫脱硝装置。

【請求項 5】

脱硫ラジカル生成手段は、排ガス流に対する旋回式脱硝ラジカル生成手段の配設位置に、又は其の下流位置に、該旋回式脱硝ラジカル生成手段と別体に設けられていることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の排ガス用乾式同時脱硫脱硝装置。

【請求項 6】

脱硫ラジカル生成手段で生成される脱硫ラジカルと排ガスとの混合部の直前位置に設けられ、脱硫ラジカルを該混合部に吹き込むための脱硫用旋回羽を備えていることを特徴とする請求項 5 記載の排ガス用乾式同時脱硫脱硝装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、焼却炉もしくは燃焼炉から出される排ガス、船舶エンジンからの排ガス又はディーゼルエンジン発電からの排ガスなどの処理に関し、燃焼排ガス中の硫黄酸化物 (SO_2) 及び窒素酸化物 (NO) を脱硝ラジカル及び脱硫ラジカルで除去する排ガス用乾式同時脱硫脱硝装置に関する。

【背景技術】

【0002】

石炭や石油、一般廃棄物、産業廃棄物、木質バイオマスなどを燃焼させると、燃料中に含有されている硫黄や窒素を由来とする硫黄酸化物や窒素酸化物が発生する。これらは環境や健康に影響を及ぼすため、その排出量は規制されている。従来、硫黄酸化物又は窒素酸化物を含む排ガスを処理するために、アンモニアと触媒を用いる触媒脱硝法 (SCR)、石灰石を用いる湿式脱硫法 (FGD) が主に電気事業用ボイラや一般産業自家発電ボイラで用いられている。

【0003】

しかし、これらの装置は大型であるため、設置面積や装置コストが多額であること、触媒や石灰石を必要とするためランニングコストも多額であること、湿式脱硫装置は水を必要とするため水を大量に使用できる地域に限られること、脱硫排水処理設備が必要なためその設備コストとランニングコストが必要となることから、中小規模の焼却炉、内陸に立地する炉においては、これらの装置は適さず、現在は排ガス処理装置をつけないか、あるいは炉内にアンモニアを吹き込む簡易脱硝法や消石灰を吹き込む簡易脱硫法が用いられている。このような簡便法では、脱硝率や脱硫率は 30 ~ 50 % 程度である。

【0004】

しかし、今後の環境規制の強化を考えると、中小規模の焼却炉でさえも大型炉並みに規制されることが十分考えられ、より小型安価で高効率な乾式同時脱硫脱硝装置の開発が期待されている。一方、船舶エンジンやディーゼルエンジン発電は現在の規制値が緩いため脱硫脱硝対策はなされていない。しかし、欧米の動向を鑑みると、我が国でも近い将来規制が厳しくなる。

【0005】

近年では新しい乾式同時脱硫脱硝装置として、電子ビームを利用する方法 (特許文献 1 参照)、コロナ放電を利用する方法 (特許文献 2 参照)、パルス放電を利用する方法 (特許文献 3 参照) が知られている。しかし、これらの方法はいずれも大量の排ガスに直接電子ビームを照射したり、放電管を通過させたりするため、その電力消費量の低減、換言すれば、エネルギー効率 (NO や SO_2 等の 1 g を除去するのに必要な電力量 (kWh)) の低減が大きな課題となっている。

【0006】

10

20

30

40

50

これらに対し、本願の発明者は、安価に高効率に脱硝を行う排ガスの処理方法として、低温プラズマでアンモニアラジカルを生成させ、それを排ガス中に吹き込む脱硝方法を従前に案出している（特許文献4参照）。

【0007】

図9(a)はこの方法で用いられる脱硝装置を備えた燃焼プラントの概念的な全体構成図、(b)はその脱硝装置の要部構成を概念的に示す図である。

【0008】

この燃焼プラント101は、図9(a)に示すように、燃焼炉102、炉出口103、触媒型脱硝装置104、熱交換器105、集塵機106、脱硫装置107、煙突108を備え、上述した特徴を持つ脱硝装置110を、燃焼炉102、炉出口103の適所の複数箇所に設けている。

10

【0009】

脱硝装置110は、図9(b)に示すように、NH₃供給部111、Ar供給部からそれぞれNH₃ガス、Arガスの供給を受けて混合ガスを生成する混合器115、陰極外筒112aと陽極内筒112bとの円筒二重管で構成される放電管112、この陽極内筒112bに交流高電圧を印可するプラズマ電源113、混合器115からの混合ガスを、放電管112の出口側に供給する導管122、放電管112で生成された脱硝ラジカルを燃焼炉102、炉出口103内に吹き込む吹込口125を備えている。

【0010】

このような構成において、この脱硝装置110によれば、混合器115からのNH₃ガス、Arガスの混合気が、放電管112の入口側に導入され、この電極対112a、112bで構成される円筒二重管内で高効率にラジカル化され、吹込口125から排ガス中に吹きこまれ、混合部SでNOと混合、反応し、N₂、H₂Oを生成し、高効率に脱硝を行うことができる。

20

【0011】

また、放電管112の出口側に設けられた導管122で同じ混合ガスが生成された第1ラジカルに吹きこまれ、高濃度のNH₂ラジカルとNHラジカルを含む第二のラジカルが生成されるような構成によって、その高効率が達成されている。

【0012】

しかしながら、この装置110では、即ち、特許文献4に記載の発明では、実用範囲である排ガス中の酸素濃度が5%という条件下では脱硝率が60%程度と低く、更なる改善が求められていた。また、窒素酸化物とともに排ガス中に含まれる硫黄酸化物の除去について、即ち脱硫については、全く考慮されていなかった。

30

【特許文献1】特許第3361200号公報

【特許文献2】特開平10-235137号公報

【特許文献3】特開平10-118448号公報

【特許文献4】特開2004-89752号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

本発明は、上述の課題を解決するためになされたもので、排ガス中の硫黄酸化物および窒素酸化物を同時に且つ高効率に除去することができる、小型で安価な排ガス用乾式同時脱硫脱硝装置を提供することを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0014】

この目的を達成するために独立形式の請求項である請求項1に記載の排ガス用乾式同時脱硫脱硝装置は、ラジカル連鎖反応を利用して排ガス中の硫黄酸化物及び窒素酸化物を除去する排ガス用乾式同時脱硫脱硝装置であって、誘電体から成る電極対で構成される円筒二重管で発生させた低温プラズマ中において脱硝用原料を巡回させながらラジカル化して脱硝ラジカルを生成する巡回式脱硝ラジカル生成手段と、該巡回式脱硝ラジカル生成手段

50

の影響を受ける位置に設けられ、誘電体から成る電極対で構成される円筒二重管で発生させた低温プラズマ中において脱硫用原料をラジカル化して脱硫ラジカルを生成する脱硫ラジカル生成手段とを備えており、脱硝用原料がアルゴンとアンモニアガス、アルゴンとアンモニア水、アルゴンと尿素のいずれかの混合ガスであり、脱硫用原料が水分を含む排ガス、水蒸気、湿り空気のいずれかであることを特徴とする。

【 0 0 1 5 】

この装置（発明）によれば、電極対で構成される円筒二重管内に脱硝用原料を通過させてラジカル化する際に、脱硝用原料を二重管内で回転させる。これにより、管長の如何によらずラジカル生成工程長を所望に制御することが可能となり、ひいては、ラジカルの状態を所望に制御して排ガス流へ吹き込むことが可能となり、脱硝効率を向上させることにつな

10

【 0 0 1 6 】

また、この装置によれば、誘電体から成る電極対で構成される円筒二重管で発生させた低温プラズマ中において原料をラジカル化するので、原料のラジカル化に要するエネルギーが大幅に低減されるとともに、装置自体の冷却設備等が不要となり、従前に比べて脱硫および脱硝のための消費エネルギーが大幅に低減される。

【 0 0 1 7 】

更に、脱硝ラジカルおよび脱硫ラジカルの両方をラジカル生成手段において生成するので、排ガスとの混合部において生成する場合に比べて、意図しない反応（脱硝および脱硫に寄与しない反応）を抑制することが可能とされる。

20

【 0 0 1 8 】

更に、この装置によれば、脱硫ラジカル生成手段が、回転式脱硝ラジカル生成手段の影響を受ける位置に設けられているので、脱硫ラジカル生成手段が脱硫ラジカルを生成する際に、脱硝ラジカル生成手段により生成された脱硝ラジカルを活用することが可能とされる。ここで、「影響を受ける位置」とは、脱硫ラジカル生成手段が脱硫用原料から脱硫ラジカルを生成する際に、回転式脱硝ラジカル生成手段により生成された脱硝ラジカルを利用できる位置のことである。脱硫ラジカル生成手段は、脱硝ラジカルを利用しなくても脱硫ラジカルを生成可能であるが、脱硝ラジカルを利用することにより、脱硝ラジカル NH_2 が再び多量に生成するとともに脱硫ラジカル OH もまた多量に生成されるのである。

30

【 0 0 1 9 】

具体的には、脱硝用原料がアルゴンとアンモニアガス、アルゴンとアンモニア水、アルゴンと尿素のいずれかの混合ガスであり、脱硫用原料が水分を含む排ガス、水蒸気、湿り空気のいずれかである。このため、脱硝用原料をラジカル化すると H ラジカルが脱硝ラジカルの一つとして生成されるが、この H ラジカルの働きによって、脱硫用原料を単に低温プラズマ雰囲気中でラジカル化する場合に比べて、脱硫ラジカルである OH ラジカルが大量に生成される。また、脱硝用原料がアルゴンを含んでいるので、低温プラズマが安定され、脱硝ラジカルおよび脱硫ラジカルが効率よく生成される。

40

また、排ガスのなかには数%程度の水分が含まれており、この排ガスを脱硫用原料として用いることで、資源の有効活用を図ることができる。

【 0 0 2 0 】

更に、脱硫ラジカルおよび脱硝ラジカルは、電場内であっても、生成されてから消滅するまでの時間（即ち、寿命）が長くて、数秒程度であると考えられる。このため、窒素酸化物と反応しなかった脱硝ラジカルは脱硝用原料であるアンモニア分子に戻るが、このアンモニア分子（ NH_3 ）により、 OH ラジカルと硫酸化物との反応によって生成された硫酸（ H_2SO_4 ）が固体成分変換される。よって、硫黄成分を乾式に容易に回収することができる。

【 0 0 2 1 】

50

以上のように、脱硫ラジカル生成手段（巡回式であるか否かを問わない）が、巡回式脱硝ラジカル生成手段の影響を受ける位置に設けられることにより、相乗効果によって脱硫脱硝処理が行われる。

【0022】

そして、上述のように生成された脱硝ラジカル及び脱硫ラジカルが、排ガス流に吹き込まれる。

【0023】

従属形式の請求項である請求項2乃至7に記載（請求項2から7のいずれかに記載）の排ガス用乾式同時脱硫脱硝装置は、独立形式の請求項1に記載の排ガス用乾式同時脱硫脱硝装置の構成要件を具備している。このため、請求項2乃至7に記載の発明は、従属する請求項に記載の発明と同一の作用を奏する。以下、各請求項毎に詳細に説明する。

10

【0024】

請求項2記載の排ガス用乾式同時脱硫脱硝装置は、請求項1に従属し、巡回式脱硝ラジカル生成手段で生成される脱硝ラジカルと排ガスとの混合部の直前位置に設けられ、旋回流となった脱硝ラジカルを該混合部に吹き込むための巡回羽を備えていることを特徴とする。

【0025】

この装置によれば、該脱硝ラジカル生成手段で生成された旋回流の脱硝ラジカルが巡回羽でそのまま良好に混合部へ送られるので、混合部で排ガスと効率よく混合され、脱硝効率が向上する。

20

【0026】

請求項3記載の排ガス用乾式同時脱硫脱硝装置は、請求項1又は2に従属し、脱硝ラジカル生成手段と脱硫ラジカル生成手段とが一体に構成されており、脱硝ラジカル生成手段に脱硝ラジカルを供給する脱硝ラジカル供給手段が、脱硫ラジカル生成手段に脱硫ラジカルを供給する脱硫ラジカル供給手段の後段に設けられていることを特徴とする。

【0027】

この装置によれば、脱硫ラジカル生成手段と脱硝ラジカル生成手段とが一体化されているので、ラジカル生成手段の主要構成要素である円筒二重管を共用でき、別個の円筒二重管を設置する必要がなくなり、コストダウン、小型化が可能とされる。

30

【0028】

また、この装置によれば、脱硫ラジカル生成手段において、巡回式の脱硝ラジカル生成手段の影響を受けて、脱硫用原料も自然に巡回するので、混合部に迅速に送出することが可能とされる。よって、寿命の短い脱硫ラジカルを有効活用することが可能とされる。

【0029】

更に、この装置によれば、一体で構成されているが故に、消費エネルギーを更に低減することができるとともに、脱硫ラジカルの生成に当たり、脱硝ラジカルの活用度を高めることが可能とされる。

【0030】

請求項4記載の排ガス用乾式同時脱硫脱硝装置は、請求項3に従属し、脱硫ラジカル供給手段が、巡回羽の直前位置に設けられていることを特徴とする。

40

【0031】

更に、この装置によれば、脱硫ラジカルを旋回流に乗せて迅速に混合部に送出することができるので、寿命の短い脱硫ラジカルを有効活用することが可能とされる。

【0032】

請求項5記載の排ガス用乾式同時脱硫脱硝装置は、請求項1又は2に従属し、脱硫ラジカル生成手段は、排ガス流に対する巡回式脱硝ラジカル生成手段の配設位置に、又は其の下流位置に、該巡回式脱硝ラジカル生成手段と別体に設けられていることを特徴とする。

【0033】

この装置によれば、脱硝ラジカル生成手段と脱硫ラジカル生成手段とが別体とされてい

50

るので、脱硫ラジカルの生成の制御を独立して行うことができ、制御の独立性が高まり、脱硫率だけに着目して制御をすることができる。

【0034】

また、この装置によれば、脱硫ラジカル生成手段が旋回式脱硝ラジカル生成手段の配設位置に、又は其の下流位置に設けられているので、脱硫ラジカルを生成する際に脱硝ラジカルを利用することが可能とされる。

【0035】

請求項6記載の排ガス用乾式同時脱硫脱硝装置は、請求項5に従属し、脱硫ラジカル生成手段で生成される脱硫ラジカルと排ガスとの混合部の直前位置（前段側近傍位置）に設けられ、脱硫ラジカルを該混合部に吹き込むための脱硫用旋回羽を備えていることを特徴とする。

10

【0036】

この装置によれば、脱硫用旋回羽が脱硫用専用として脱硫ラジカル生成手段に設けられているので、脱硫ラジカルを旋回流に乗せて迅速に混合部に送出することができ、寿命の短い脱硫ラジカルを有効活用することが可能とされる。ここで、脱硫ラジカル生成手段の配設位置は、旋回羽の直前位置（前段側近傍位置）であることが好ましい。これも、寿命の短い脱硫ラジカルを有効活用するためである。

【発明の効果】

【0037】

独立形式の請求項である請求項1に記載の乾式同時脱硫脱硝装置によれば、排ガス中の硫黄酸化物および窒素酸化物を同時に且つ高効率に除去することができるとともに、小型で安価な装置を提供することができるという効果がある。

20

【0038】

従属形式の請求項である請求項2乃至7に記載の乾式同時脱硫脱硝装置によれば、独立形式の請求項である請求項1に記載の乾式同時脱硫脱硝装置の効果を具備している。

【発明を実施するための最良の形態】

【0039】

以下、添付図面を参照して、本発明の好適な実施形態の例（実施例）について説明する。本発明の技術的範囲は、下記の実施例を含むものであるが、それらの実施例のみに何ら限定されるものではない。

30

【実施例1】

【0040】

図1は、本発明の排ガス用乾式同時脱硫脱硝装置の一例（実施例1）を概念的に示すもので、(a)はその縦断面図、(b)はその要部横断面図、(c)は旋回羽の側面図、(d)は同横断面図、図2は、図1の排ガス用乾式同時脱硫脱硝装置を備えた燃焼プラントの一例を示す全体構成図、図3(a)は、図1の排ガス用乾式同時脱硫脱硝装置の性能試験の結果の内、印可電圧および排ガス中酸素濃度と脱硝率との関係を示すグラフ、(b)は印可電圧および排ガス中酸素濃度と脱硫率との関係を示すグラフ、図4は、図1の排ガス用乾式同時脱硫脱硝装置の性能試験の結果の内、エネルギー密度とエネルギー効率との関係を示すグラフである。

40

【0041】

この図1に示す排ガス乾式同時脱硫脱硝装置10は、図2に示すように、石炭や石油、一般廃棄物、産業廃棄物、木質バイオマスなどを焼却あるいは燃焼する焼却（燃焼）プラント40で排ガスの脱硫脱硝に用いられるもので、主としてプラズマリアクター11により構成されている。このプラズマリアクター11は、低温プラズマでラジカルを生成する点に特徴を有する装置であるため、低温プラズマラジカル生成装置ということもできる。

【0042】

プラズマリアクター11は、脱硝用原料旋回供給口管1、接地電極管（陰極）2、高電圧電極管（陽極）3、脱硫用原料供給口管6、及び旋回羽（旋回を案内する羽であり、旋回案内羽ともいう）8によって構成されている。

50

【 0 0 4 3 】

排ガス乾式同時脱硫脱硝装置 1 0 は、プラズマリアクター 1 1 に加え、高電圧パルス電源 4、アース 5、脱硝用原料貯留装置 1 2 と、脱硝用原料供給管 1 3 と、脱硫用原料供給管 1 4 とを備えている。

【 0 0 4 4 】

プラズマリアクター 1 1 は、誘電体である石英ガラスの円筒二重管構造で、内方管は高電圧電極管 3 を構成しており、この高電圧電極管 3 は高電圧パルス電源 4 に接続されている。外方管は接地電極管 2 を構成しており、この接地電極管 2 はアース 5 に接続されている。

【 0 0 4 5 】

二重管の外管と内管には、ギャップ（隙間）7 が設けられており、このギャップ 7 によりラジカル化流路が構成される。脱硝用原料および脱硫用原料は、このギャップ 7 に流れ、ギャップ 7 内に発生する低温プラズマによりラジカル化され、脱硝ラジカル、脱硫ラジカルとされる。

【 0 0 4 6 】

プラズマリアクター 1 1 の入口近傍には、脱硝用原料旋回供給口管 1 が取り付けられており、脱硝用原料の流入路を構成している。この脱硝用原料旋回供給口管 1 は、図 1（b）に示すようにプラズマリアクター（円筒二重管）1 1 の接線方向に取り付けられ、その結果、脱硝用原料は旋回流となってギャップ 7 を流れる。

【 0 0 4 7 】

プラズマリアクター 1 1 の出口近傍（換言すれば、プラズマリアクター 1 1 と煙道（排気管ともいう）1 8 との接続位置の直前）には、脱硫用原料供給口管 6 が設けられ脱硫用原料の流入路を構成している。このように、脱硫用原料供給口管 6 は、脱硝用原料旋回供給口管 1 の後段に配設されている。

【 0 0 4 8 】

この脱硫用原料供給口管 6 は、図 1（b）に示すようにプラズマリアクター 1 1 の円周に直交する方向に設置されており、特に、供給する脱硫用原料を旋回するようにしてはいないが、脱硝ラジカルの旋回流に沿って、自然に、脱硫用原料も旋回して、効率よくラジカル化される。

【 0 0 4 9 】

この際、脱硫用原料供給口管 6 は、脱硝ラジカルの旋回流を妨げるようなものであってはならない。また、脱硫用原料供給口を脱硝用原料旋回供給口管 1 と同様に接線方向に取り付けて、より旋回流となるようにしてもよい。

【 0 0 5 0 】

プラズマリアクター 1 1 の出口（換言すれば、プラズマリアクター 1 1 と煙道 1 8 との接続位置）には、旋回羽 8 が取り付けられ、ラジカルはこれにより強旋回が与えられ排ガスと混合する。ここで、脱硝用原料旋回供給口管 1、脱硫用原料供給口管 6 及び旋回羽 8 は、全ての気流が同一周方向となるように配設されている。従って、詳細は後述するが、ラジカル生成する反応、及び、脱硫脱硝反応を効率よく実現することが可能となる。

【 0 0 5 1 】

プラズマリアクター 1 1 の旋回羽 8 を設置した最末端は、図 2 で説明する脱硫脱硝装置付き焼却（燃焼）プラント 4 0 の焼却炉または燃焼炉 9 から延出された煙道 1 8 に設置され、ここから旋回流として噴出する脱硝ラジカル R S、脱硫ラジカル R N が処理前の排気ガス E G と混合部 S で混合され、これを脱硝、脱硫した排気ガス E G とする。

【 0 0 5 2 】

プラズマリアクター 1 1 の長さや外径、ギャップ 7 の長さ（接地電極管 2 の内径と高電圧電極管 3 の外径の差の半分）、脱硝用原料旋回供給口管 1、脱硫用原料供給口管 6 の取り付け位置は、脱硫脱硝反応に好適なラジカルが最も多く生成するように設計し、かつプラズマリアクター 1 1 の出口の流速が排ガスの流速を上回る流速となるように設計することが好ましい。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 3 】

高電圧パルス電源 4 は、4 k V 以上の電圧を繰返し、数 1 0 k H z 以上で印可できる電源が必要とされる。電圧の立上がり時間が短いパルス電源ほど好適である。

【 0 0 5 4 】

ここで、脱硝用原料巡回供給口管 1、接地電極管 2 と高電圧電極管 3 とからなるプラズマリアクター 1 1 をまとめて、脱硝用原料を巡回させながら脱硝ラジカル化するものとして、巡回式脱硝ラジカル生成手段 2 2 と呼ぶ。また、このような巡回式脱硝ラジカル生成手段 2 2 の出口側に設けられた脱硫用原料供給口管 6 は、巡回式脱硝ラジカル生成手段 2 2 と一体に設けられることで、脱硫用原料をラジカル化するものとして、脱硫ラジカル生成手段 6 と呼ぶ。

10

【 0 0 5 5 】

また、この実施例においては、プラズマリアクター 1 1 は、巡回式脱硝ラジカル生成手段 2 2 と脱硫ラジカル生成手段 6 とを一体に設けたものである。

【 0 0 5 6 】

巡回羽 8 は、図 1 (c)、(d) に示すように、円筒二重管 2 1、即ち、巡回式脱硝ラジカル生成手段 2 2 で生成された巡回流の脱硝ラジカル、脱硫ラジカルをその巡回流のまま、あるいは、その巡回流をさらに整流して、排ガス流との混合部 S へと導くもので、巡回流方向に整列された複数の案内羽 8 a をその巡回流の軸方向の上流側の外周に設けられた外リング 8 b と内周に設けられた内リング 8 c とによりその整列状態を保持しているものである。

20

【 0 0 5 7 】

図 2 に示した脱硫脱硝装置付き焼却 (燃焼) プラント 4 0 は、図 1 の排ガス乾式同時脱硫脱硝装置 3 0 備えたことを特徴とし、その基本部分は、石炭や石油、ガス、一般廃棄物、産業廃棄物を燃焼させる焼却炉または燃焼炉 9、燃焼で生じるフライアッシュを集塵する集塵装置 1 7 と、排ガスを導く煙道 1 8、この末端に設けられた煙突 2 0 とによって構成されている。ここで、集塵装置 1 7 は、電気集塵機により構成されても良いし、バグフィルターにより構成されても良い。

【 0 0 5 8 】

このプラント 4 0 は、上記に加え、炉出口の排ガス温度を計測するために煙道 1 8 に挿入された温度計 1 0、煙道 1 8 の入口の混合部及びその出口である煙突 2 0 の手前の N O 及び S O₂ 濃度を計測する混合部濃度分析装置 1 5 A、煙突前濃度分析装置 1 5 B、制御装置 1 6、煙道 1 8 の下流から排ガスを脱硫用原料供給口管 6 に貫流させる排ガス還流ファン 1 9 を備えている。

30

【 0 0 5 9 】

なお、排ガス乾式同時脱硫脱硝装置 3 0 は、図 1 に示したものに加え、脱硫用原料を供給する排ガス還流ファン 1 9 を含むものである。

【 0 0 6 0 】

この排ガス還流ファン 1 9 は、数 % の水分を含んだ脱硫脱硝後の排気ガスを脱硫用原料供給口管 6 に還流させて有効利用するためのものであって、脱硫用原料供給口 (脱硫ラジカル生成手段) 6 の一部を構成するものである。これは、もともと排気ガス中に数 % の水分が含まれているので、それを有効活用するものであり、脱硫脱硝後であるから、還流させた場合にも、想定外の反応をしてしまうことを防止できる。

40

【 0 0 6 1 】

なお、この排ガス還流ファン 1 9 の代わりに、後述するように所定 (数 %) の水分を含んだ空気を発生する脱硫用原料供給装置 6 b (図 5 (a) 参照) を用いてもよい。

【 0 0 6 2 】

制御装置 1 6 は、排ガス中の硫黄酸化物及び窒素酸化物の濃度と排ガスの温度の測定値と望まれる脱硫率及び脱硝率の設定値から、排ガス乾式同時脱硫脱硝装置 3 0 の脱硫及び脱硝性能の設計式によって、脱硝用原料の濃度と流量及び脱硫用原料の濃度と流量、並びに、印加電圧の最適値を決定し制御するものであって、具体的なハードとしては、コンピ

50

ューターで構成されている。

【0063】

排ガス乾式同時脱硫脱硝装置30、より正確にはプラズマリアクター11を設置する位置は、NOとSO₂を効率良く除去できる位置、すなわち排ガス温度ができるだけ高い位置に設けるのが好ましい。また、ラジカルと排ガスの混合促進の観点から、プラズマリアクター11は重力を利用できる煙道18の上部に設けるのが好ましい。重力を利用することによって、寿命の短いラジカルを早急に排ガスに吹き込むことができるのである。

【0064】

なお、プラズマリアクター11を重力を利用できないような煙道18が水平の部分に設ける場合には、図1(a)に二点鎖線の想像線で示したように、脱硝用原料旋回供給口管1を生成される旋回流の軸方向が煙道18内の混合部Sを向くように設置するのが良い。

【0065】

排ガス量、排ガス中のNO濃度、排ガス中のSO₂濃度、脱硝すべきNO量、脱硫すべきSO₂量に応じて、プラズマリアクター11を複数設置することができる。この場合は、排ガスの温度と煙道18の管径によって、装置10を直列に配置したり、並列に配置したり、格子状に配置したり、煙道18に対し十字型に配置したりできる。

【0066】

図3及び図4のグラフは、排ガス温度400、NO濃度300ppm、SO₂濃度300ppm、O₂濃度を0%~5%に変化させた排ガス3Nl/minを本発明の排ガス乾式同時脱硫脱硝装置30によって、乾式同時脱硫脱硝の性能試験を行った結果である。

【0067】

図3(a)のグラフは、印可電圧に対する脱硝率の変化を、図3(b)のグラフは印可電圧に対する脱硫率の変化を示す。

【0068】

脱硝用原料はアルゴンとアンモニアガス、脱硫用原料は水分5%を含む湿り空気とした。NH₃/NOモル比が1.0であって、NH₃/SO₂モル比は2.0となるようにアンモニアガスの濃度900ppm、流量3Nl/minに調整し、脱硫用原料の流量は1Nl/minとした。

【0069】

プラズマリアクター11のギャップ7の長さは5mm、脱硝用原料の滞留時間を5秒、脱硫用原料の滞留時間を1秒となるように、プラズマリアクター11の長さで脱硫用原料供給口管6の位置を決定している。

【0070】

これらのグラフからわかるように、印可電圧4kV~6kVで脱硝率と脱硫率は最も高くなる。印可電圧をそれ以上にすると脱硝率と脱硫率は低くなる。また、O₂濃度が1%の時に脱硝率と脱硫率は最も高くなり、O₂濃度が高くなると脱硝率と脱硫率は低くなる。したがって、印可電圧は消費電力の低い4kVに設定し、排ガス酸素濃度をできるだけ低くすることが望ましい。理想的な条件では、脱硝率95%、脱硫率85%が得られる。

【0071】

本願の発明者が従前に発明した方法(特開2004-89752号公報)では、酸素濃度が5%になると脱硝率は60%にまで低下するが、本発明では80%以上を維持できる。これは、ラジカルに旋回を与えて排ガスに吹き込むことでラジカルと排ガスの混合時間が長くなり、反応率が向上した結果と考えられる。実際、燃焼炉や焼却炉9の排ガス中の酸素濃度は3%~6%であり、本発明は実用化に更に好ましいと思われる。なお付言すれば、ラジカル剤の組成をアルゴン(Ar)が70%、アンモニア(NH₃)が30%である場合、脱硝率を80%と低めに設定して試算しても、本発明で必要なラジカル量は、排ガスに比べて極めて少量で済む(排ガスの0.0014倍)。更に、上記設定に基づいて、一般的な規模の焼却炉からの排ガス(50000m³/h)を本発明で処理する場合の年間脱硝原料費を試算すると、触媒脱硝法(SCR)に比べて、10分の1以下とするこ

10

20

30

40

50

とが可能である。

【0072】

図4は、プラズマリアクター11のギャップ7内脱硫脱硝用原料が受け取るエネルギー密度と単位エネルギーあたりに除去されるNO量を示すエネルギー効率を示したグラフである。このグラフでは、エネルギー効率140g-NO/kWhが得られているが、これは類似技術を相当上回るものである。エネルギー密度が少ないほどエネルギー効率は高くなり、除去効率は向上する。これは、ギャップと印可電圧の設計指針を示している。つまりギャップ7の長さを長くしたい場合には、プラズマリアクター11の長さを短くし、印可電圧を高くしてエネルギー密度が0.1J/cm³となるように設計すれば良いことを意味している。

10

【実施例2】

【0073】

図5は、本発明の排ガス用乾式同時脱硫脱硝装置の他例(実施例2)を概念的に示すもので、(a)はその縦断面図、(b)は(a)のAA断面図、(c)は(b)のBB断面図、図6は、図5の排ガス用乾式同時脱硫脱硝装置を備えた燃焼装置の一例を示す全体構成図である。

【0074】

図5に示す排ガス用乾式同時脱硫脱硝装置30Aは、図1の排ガス用乾式同時脱硫脱硝装置30に比べ、脱硫ラジカル生成手段23が旋回式脱硝ラジカル生成手段22Aと別体で構成され、煙道18に対し、旋回式脱硝ラジカル生成手段22Aが設置されている位置と同じ位置であるが、取付角度が異なる点で相違している。図5(a)を示すと、180度ずれているように見えるが、これは発明の理解を容易にするために便宜上示したものであって、実際には図6に示すように、共に煙道18に対して上方に取付けられている。すなわち、図6においては、旋回式脱硝ラジカル生成手段22Aと脱硫ラジカル生成手段23とが重複して図示されている。

20

【0075】

また、旋回式脱硝ラジカル生成手段22Aには、その結果、脱硫用原料供給口管6が設置されず、一方、旋回羽(スワラー)8Bが旋回式脱硝ラジカル生成手段22Aの外筒である接地電極(陰極)2Aの外方向へ旋回流の脱硝ラジカルを噴射する形式となっている点が異なっている。

30

【0076】

なお、これらの別体となった旋回式脱硝ラジカル生成手段22Aと脱硫ラジカル生成手段23とを合わせてプラズマリアクター11Aとする。

【0077】

脱硫ラジカル生成手段23は、図1のプラズマリアクター11の接地電極管2、高電圧電極管3、ギャップ7と同様の接地電極管23a、高電圧電極管23b、ギャップ23cからなる円筒二重管23dを備え、脱硫用原料供給装置6bから所定水分率の空気の供給を受け、ギャップ23cに吹き込む脱硫用原料供給口管6Aがギャップ23cの入口側端部に設置されている。

【0078】

円筒二重管23dの出口側には、図1のプラズマリアクター11の出口に設けられた旋回羽8と同様の脱硫用旋回羽8Aが設けられ、生成された脱硫ラジカルRSを旋回させながら、混合部Sで排気ガスEGと混合される。

40

【0079】

旋回式脱硝ラジカル生成手段22Aの出口側端部に設けられた旋回羽8Bは、図5(b)、(c)に示すように、接地電極(陰極)2Aを構成する電極筒2aに設けられた案内羽8a、同様に接地電極(陰極)2Aを構成し、この電極筒2aの内層となる外管誘電体2bに設けられたスリット8bを備えている。

【0080】

また、これらの図5(b)、(c)から解るように、高電圧電極管3は、陽極部3a、

50

その外周を覆う内管誘電体 3 b、陽極部 3 a の出口側端部を覆う端部誘電体 3 c を備えている。一方、ギャップ 7 の出口側端部は、端部誘電体 7 a で閉止されている。

【 0 0 8 1 】

このような構成の巡回羽 8 B によれば、図 5 (a)、(b) に示すように、ギャップ 7 内で生成された巡回流の脱硝ラジカルは、スリット 8 b、案内羽 8 a に導かれて、巡回流を維持しながら、接地電極 (陰極) 2 A の外側へと、排ガス E G との混合部 S へと噴射され、この混合部 S で良好に混合される。

【 0 0 8 2 】

こうして、巡回硫の脱硝ラジカル R N、脱硫ラジカル R S と混合部 S で混合された排ガスは、高効率で同時に脱硝および脱硫されることにより、硫酸アンモニウム (量が多い) と硝酸アンモニウム (量が少ない) とに固体化される。これら固体は、集塵器 1 7 へ向かい、ここで捕集されて、脱硝・脱硫・除塵された排ガスが環境に悪影響を与えない状態で煙道 1 8 末端の煙突 2 0 から排気される。なお、硝酸成分は、ほぼ 9 5 % 以上が N₂ (気体) となるため、集塵機 1 7 は通過する。

【 0 0 8 3 】

なお、巡回羽 8 B の案内羽 8 a を設けた電極筒 2 a と、スリット 8 b を設けた外管誘電体 2 b とは相互に回動し、回動後の相互回転位置関係を保持することが可能な構成となっており、これにより、案内羽 8 a から巡回噴射される脱硝ラジカルの流量を調整することができるようになってきている。よって、この流量調整により、混合部 S へ噴射される巡回硫の脱硝ラジカルの流量を調整して、脱硝率を制御することができる。換言すれば、案内羽 8 a とスリット 8 b との相対位置は、変更可能にされており、この隙間の大きさを調整できるので絞り効果によって、煙道 1 8 に流れる脱硫用原料の流速を変更することができる。流量が多い場合には、隙間を大きくし、流量が少ない場合には、隙間を小さくするのである。

【 0 0 8 4 】

また、この実施例 2 では、脱硫ラジカル生成手段 2 3 が煙道 1 8 に対し、巡回式脱硝ラジカル生成手段 2 2 A が設置されている位置と同じ位置に設置されているものを示したが、巡回式脱硝ラジカル生成手段 2 2 A の影響を利用できる範囲で、巡回式脱硝ラジカル生成手段 2 2 A の設置位置より煙道 1 8 の下流に設けてもよい。

【 実施例 3 】

【 0 0 8 5 】

図 7 (a) は本発明の排ガス用乾式同時脱硫脱硝装置の他例 (実施例 3) を備えた焼却 (燃焼) プラントの一例を示す全体構成図、(b) はその装置の設置部分の拡大断面図である。

【 0 0 8 6 】

この焼却 (燃焼) プラント 4 0 B は、図 2 の焼却 (燃焼) プラント 4 0 に比べ、焼却炉または燃焼炉 9 A が縦型であって、その焼却炉または燃焼炉 9 A 自体の出口付近にも、プラズマリアクター 1 1 B が設けられている点が異なっている。このため、脱硫用原料供給管 1 3、および脱硝用原料供給管 1 4 は、プラズマリアクター 1 1 のみならず、プラズマリアクター 1 1 B にも接続されている。

【 0 0 8 7 】

また、このプラズマリアクター 1 1 B においては、図 1 のプラズマリアクター 1 1 に比べ、巡回式脱硝ラジカル生成手段 2 2 と脱硫ラジカル生成手段 6 とを一体に設けた点は共通するが、その出口側に設けられた巡回羽 (スワラー) 8 B が、図 5 の巡回式脱硝ラジカル生成手段 2 2 A が備えるものと同じとなっている点が異なっている。

【 0 0 8 8 】

なお、図 7 (a) においては、プラズマリアクター 1 1 設けた煙道 1 8 部分と、焼却炉または燃焼炉 9 A の出口の煙道 1 8 部分との間を切断線で分離して示しているが、これは、焼却炉または燃焼炉 9 A から煙道 1 8 が伸び出した部分と同様の高さで異なる位置に設けられたプラズマリアクター 1 1 を、図面上重ならないように便宜的に表示するためであ

10

20

30

40

50

って、この間に距離があるということを示すものではない。

【0089】

また、この排ガス用乾式同時脱硫脱硝装置30Bは、焼却炉または燃焼炉9Aに設置されたプラズマリアクター11Bと、煙道18に設置されたプラズマリアクター11の二つを備えていることになる。

【0090】

図7(b)に示すように、焼却炉または燃焼炉9Aは、断熱のため、外側の炉体26と内側の断熱材27とで構成され、プラズマリアクター11Bは、その炉体26、断熱材27に貫通して設けられ断熱と絶縁を兼ねた絶縁フランジ25内に収容されて設置されている。

10

【実施例4】

【0091】

図8(a)は本発明の排ガス用乾式同時脱硫脱硝装置の他例(実施例4)を概念的に示す図、(b)はその縦断面図、(c)は(a)の排ガス用乾式同時脱硫脱硝装置を備えた焼却(燃焼)プラントの一例を示す全体構成図である。

【0092】

実施例4である乾式同時脱硫脱硝装置50は、主として、プラズマリアクター11Cによって構成されており、プラズマリアクター11Cは、脱硝用原料旋回供給口管1と、接地電極管2と、高電圧電極管3と、脱硫用原料供給口管6と、旋回羽8とを備えている。

20

【0093】

図8(a)は、プラズマリアクター11Cの側面図であり、図8(b)は、その正面図である。

【0094】

プラズマリアクター11Cは、誘電体である石英ガラスの円筒二重管構造で、内方管は高電圧電極(以下、高電圧電極管という)3を構成しており、この高電圧電極管3は高電圧パルス電源4に接続されている。外方管は接地電極(以下、接地電極管という)2を構成しており、この接地電極管2はアース5に接続されている。二重管の外管と内管には、ギャップ(隙間)7が構成されており、原料は、ギャップ7に流されて、ギャップ7においてアルゴンプラズマにより脱硝用原料と脱硫用原料がラジカル化される。

【0095】

プラズマリアクター11Cの入口近傍には、脱硝用原料旋回供給口管1が取付けられており、脱硝用原料の流入路を構成している。この脱硝用原料旋回供給口管1は、図8(b)に示すように円筒の接線方向に取り付けられることで脱硝用原料は旋回流となってギャップ7を流れる。プラズマリアクター11Cの出口近傍には、脱硫用原料供給口管6が設けられ脱硫用原料の流入路を構成している。

30

【0096】

これも、脱硝用原料旋回供給口管1と同様に円筒の接線方向に取り付けられることで、脱硫用原料は旋回流となってギャップを流れる。プラズマリアクター11Cの出口には旋回羽8が取り付けられ、ラジカルはこれにより強旋回が与えられ排ガスと混合する。ここで、脱硝用原料旋回供給口管1、脱硫用原料供給管6及び旋回羽8は、全ての気流が同一周方向となるように配設されている。従って、詳細は後述するが、ラジカル生成する反応、並びに、脱硝反応および脱硫反応を効率よく実現することが可能となる。

40

【0097】

プラズマリアクター11Cの長さや外径、ギャップ長さ、脱硝用原料旋回供給口管1、脱硫用原料供給口管6の取り付け位置は、脱硫脱硝反応に好適なラジカルが最も多く生成するように設計し、かつプラズマリアクター出口の流速が排ガスの流速を上回る流速となるように設計することが好ましい。

【0098】

高電圧パルス電源4は、4kV以上の電圧を繰返し、数10kHz以上で印可できる電源が必要とされる。電圧の立上がり時間が短いパルス電源ほど好適である。

50

【0099】

次に、図8(c)の燃焼設備に本発明を設置する場合の構成について実施形態の一例を説明する。燃焼設備は、石炭や石油、ガス、一般廃棄物、産業廃棄物を燃焼させる焼却炉または燃焼炉9と、燃焼で生じるフライアッシュを集塵する集塵装置17と、煙突20とによって構成されている。ここで、集塵装置17は、電気集塵機により構成されても良いし、バグフィルターにより構成されても良い。

【0100】

本発明は、上述の燃焼設備に併設されるものであって、プラズマリアクター11Cに加え、炉出口の排ガス温度を計測するために煙道18に挿入された温度計10と、煙道出入口のNO及びSO₂濃度を計測する濃度分析装置15と、制御装置16と、脱硝用原料貯留装置12と、脱硝用原料供給管13と、排ガス還流ファン(排ガス還流装置)19を通じて供給される脱硝用原料供給管14と、高電圧パルス電源4とを備えている。

10

【0101】

制御装置16について詳細に説明すると、排ガス中の硫黄酸化物及び窒素酸化物の濃度と排ガスの温度の測定値と望まれる脱硫率及び脱硝率の設定値から、プラズマリアクター11Cの脱硫及び脱硝性能の設計式から求め、脱硝用原料の濃度と流量及び脱硫用原料の濃度と流量、並びに、印加電圧の最適値を決定し制御するものである。通常、コンピューターによって構成されている。

【0102】

プラズマリアクター11Cを設置する位置は、NOとSO₂を効率良く除去できる位置、すなわち排ガス温度ができるだけ高い位置に設けるのが好ましい。また、ラジカルと排ガスの混合促進の観点から、プラズマリアクター11Cは重力を利用できる煙道上部に設けるのが好ましい。

20

【0103】

排ガス量、排ガス中のNO濃度、排ガス中のSO₂濃度、脱硝すべきNO量、脱硫すべきSO₂量に応じて、プラズマリアクター11Cを複数設置することができる。複数設置する場合は、排ガスの温度と煙道の管径によって直列に配置したり、格子状に配置したり、煙道に対し十字型に配置したりできる。

【0104】

本発明の排ガス用乾式同時脱硫脱硝装置の要部となるプラズマリアクター11、11A、11B、11Cは、一体型、別体型のいずれでも従来の装置に比べて小型なものであるため、以下にも説明するように、焼却(燃焼)プラントの容量に合わせて、複数台設置が可能であり、また、この例に示したように、焼却炉または燃焼炉9Aと、煙道18の双方に設けてもよく、その場合には、このプラズマリアクター11、11A、11B、11Cの効果、相乗的あるいは相加的に発揮する。

30

【0105】

また、図9に示した従来例の燃焼炉102のように、炉出口104のようなものがある場合には、ここにプラズマリアクター11、11A、11B、11Cを設けるようにしてもよい。

【0106】

次に、原料よりラジカルが生成される過程を化学反応の観点より詳細に説明する。以下、発明の理解を容易とするために、プラズマリアクター11について説明するが、プラズマリアクター11A、11B、11Cにおいても同様である。

40

【0107】

まず、大気圧バリア放電で生成されたアルゴンプラズマに第一の段階(脱硝ラジカル生成工程)として、アルゴンとアンモニアガス又はアルゴンとアンモニア水又はアルゴンと尿素の混合ガスから成る脱硝用原料を供給すると、ただちにNH₂ラジカル、NHラジカル、Nラジカル、Hラジカルが生成される。

【0108】

ここで、アルゴンは低電圧で安定にプラズマを形成する役割を果たし、アンモニア、ア

50

ンモニア水、尿素は NH_2 ラジカル、 NH ラジカル、 N ラジカル、 H ラジカルの生成源である。これらのラジカルの生成には、アンモニアガスが最も好適であるが、アンモニア水を揮発させたガスあるいは尿素を揮発させたガスを用いても良い。

【0109】

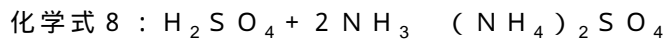
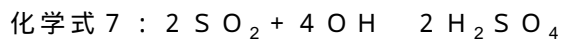
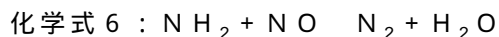
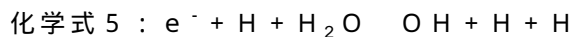
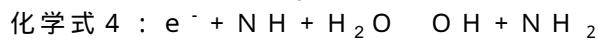
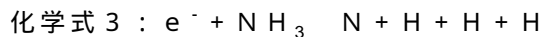
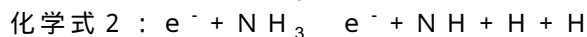
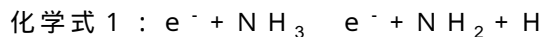
次に、第二の段階（脱硫ラジカル生成工程）として、焼却炉あるいは燃焼炉9からの水分を含む排ガス又は水蒸気又は湿り空気から成る脱硫用原料を供給すると、ただちに OH ラジカル、 H ラジカルが生成され、これらが排ガスに吹き込まれることで、ラジカル連鎖反応により乾式同時脱硫脱硝反応を行わせることができる。かかる脱硫用原料は、 OH ラジカルの生成源である。燃焼排ガスには、通常10%以上の水分が含まれているため、この排ガスを再利用し脱硫用原料とするのが経済的に好適である。しかし、排ガスに多量のばいじんが含まれている場合には、水蒸気又は湿り空気を用いても良い。

10

【0110】

本願の発明者は、 NH_2 ラジカル、 NH ラジカル、 N ラジカル、 H ラジカル、 OH ラジカルによる脱硫脱硝反応の代表的な反応は化学式1から化学式7のように進行すると考えている。ここで、これらの反応の素反応は300以上に及ぶことが知られている。

【0111】



化学式1, 2, 3では脱硝ラジカルである NH_2 ラジカル、 NH ラジカル、 N ラジカルをプラズマリアクター11で生成させる。化学式4, 5では脱硫ラジカルである OH ラジカルをプラズマリアクター11で生成させる。化学式6は主となる脱硝反応であり、化学式7, 8は主となる脱硫反応である。

20

上記の反応からわかるように、乾式同時脱硫脱硝で重要なラジカルは NH_2 ラジカル及び OH ラジカルであり、これらをプラズマリアクター11でいかに効率よく生成させるかが、問題を解決する最も重要な課題である。

30

【0112】

化学式4は、脱硝ラジカル生成手段で生成させた NH ラジカルが脱硫ラジカル生成手段で用いる H_2O と反応して脱硫ラジカル OH のみならず脱硝ラジカル NH_2 も生成する反応である。化学式4は高い脱硫脱硝率を得るために重要な反応である。

この点より、脱硫ラジカル生成手段を脱硝ラジカル生成手段の影響を受ける位置に設けることの最大の意図があり、好ましくは、実施例1のように、脱硫ラジカル生成手段と脱硝ラジカル生成手段とが一体に構成されている方が良い。

【0113】

更に、化学式8に示すように、ラジカル化されなかった又はラジカル状態から戻った NH_3 が硫酸成分を硫酸アンモニウムに固体化するので、集塵が容易となるのである。

40

【0114】

即ち、ラジカル連鎖反応を利用して排ガスの硫黄酸化物及び窒素酸化物を除去する方法において、アルゴンとアンモニアガス又はアルゴンとアンモニア水又はアルゴンと尿素を旋回流で供給し脱硝反応に有効な NH_2 、 NH 、 N 、 H ラジカルを生成する第一の段階（工程）と、燃焼炉9からの水分を含む排ガス又は水蒸気又は湿り空気を旋回流で供給し脱硫反応に有効な OH ラジカルを生成する第二の段階（工程）と、第一と第二の段階で生成されたラジカルを旋回流で強旋回流として排ガスに吹き込む第三の段階（吹込工程）とによって構成されているのである。

【0115】

50

脱硝用原料（アルゴンとアンモニアガス又はアルゴンとアンモニア水又はアルゴンと尿素）を旋回流でプラズマリアクター 11 に供給することで装置をコンパクトにし、かつ脱硝に最も有効な NH_2 ラジカルを効率良く生成させる方法、プラズマリアクター 11 のギャップ 7 の長さを長くし装置 1 台あたりの処理量を倍増させる方法、燃焼炉 9 からの水分を含む排ガスをプラズマリアクター 11 に旋回流で供給し脱硫脱硝反応に有効な OH ラジカルを効率良く生成させる方法、生成された NH_2 ラジカルと OH ラジカルを旋回羽 8 を通過させ旋回流としそれを排ガス内に吹き込み混合時間の長いラジカル連鎖反応を行う方法により、乾式同時脱硫脱硝を高効率で行うことができることを見出した。

【 0 1 1 6 】

さらに、焼却炉あるいは燃焼炉 9 の排ガス量によってプラズマリアクター 11 を複数配置し、スケールアップを容易にする方法も案出した。

10

【 0 1 1 7 】

脱硫脱硝に関する従来技術は、主にアンモニアと触媒を利用する大型の触媒脱硝装置と石灰石と水を利用する大型の湿式脱硫装置および脱硫排水処理設備の組み合わせであり、設備コストや運転コストは高価にならざるを得なかった。しかしながら、本発明によれば、簡素な機構であるが故に低廉な設備コストとできるとともに、乾式であるが故に安価な運転コストとすることができるのである。更には、簡素な機構であるにもかかわらず、脱硝と脱硫の両方を実現することができるとともに、脱硝率や脱硫率は従来技術と同等以上とすることが可能になる。

【 0 1 1 8 】

20

脱硫用原料や脱硝用原料を旋回流でプラズマリアクター 11 に吹き込むことで、脱硫用原料や脱硝用原料がプラズマからの励起エネルギーを効率良く受け取ることができ、脱硫脱硝に有効なラジカルが効率良く生成し、消費電力を抑制され脱硫脱硝率が向上するとともに、プラズマリアクター 11 の長さを短くすることができる。

【 0 1 1 9 】

焼却炉あるいは燃焼炉 9 からの排ガス量に応じてプラズマリアクター 11 を複数個設置すれば良く、どのような大きさの焼却炉あるいは燃焼炉 9 にも簡単に適用できる。

【 0 1 2 0 】

脱硝ラジカルを生成させる工程の後に OH （脱硫）ラジカルを生成させる工程を設けることとしてある。 OH ラジカルは反応性が極めて高く、もし第一の工程で OH を生成させると、第二の工程で生成された NH_2 ラジカルと容易に反応し、 $\text{NH}_2 + \text{OH} \rightarrow \text{NH} + \text{H}_2\text{O}$ なる反応で脱硝反応に有効な NH_2 ラジカルが消失するばかりか、脱硫反応に有効な OH ラジカルもまた消失し、この場合脱硫率や脱硝率は極めて低くなる。

30

【 0 1 2 1 】

前記第一と第二の工程で生成されたラジカルを旋回羽 8 で強旋回流として排ガスに吹き込む方法により、排ガスとラジカルの混合流れを形成し混合時間を長くすることで、脱硫率や脱硝率をさらに高めることが可能である。

【 0 1 2 2 】

以上、実施例に基づき本発明を説明したが、上記実施例は、本発明の趣旨を逸脱しない範囲内で種々の改良変形が可能であり、本発明の技術的範囲には、これらの改良変形も含まれる。

40

【 0 1 2 3 】

具体的には、別体の脱硫ラジカル生成手段においても旋回式とすることが可能であり、また、図 5 のプラズマリアクター 11 A における旋回羽 8 B を図 1 のプラズマリアクター 11 に設置された旋回羽 8 としても良い。

【 0 1 2 4 】

また、旋回羽 8 B は、ラジカルを旋回させる役割を果たすものであるが、モータ等の駆動力を利用して自転し、強制的に旋回流を発生させるのものであっても良いし、単に案内羽の取付角度によってラジカルの向きを変更するものであっても良い。

【 0 1 2 5 】

50

なお、本発明には、以下の方法のカテゴリーに属する発明が含まれる。なお、下記発明は、請求の範囲の記載に適合するように記載されている。

【0126】

ラジカル連鎖反応を利用して排ガスの硫黄酸化物及び窒素酸化物を除去する方法であって、脱硝用原料を供給して脱硝反応に有効なラジカルを生成する脱硝ラジカル生成工程と、脱硫用原料を供給して脱硫反応に有効なラジカルを生成する脱硫ラジカル生成工程と、脱硝ラジカル生成工程及び脱硫ラジカル生成工程において生成されたラジカルを排ガスに吹き込む吹込工程と、を有することを特徴とする排ガス用乾式同時脱硫脱硝方法（a）。

【0127】

排ガス用乾式同時脱硫脱硝方法（a）において、前記脱硝用原料がアルゴンとアンモニアガス又はアルゴンとアンモニア水又はアルゴンと尿素の混合ガスであることを特徴とする排ガス用乾式同時脱硫脱硝方法（b）。

10

【0128】

排ガス用乾式同時脱硫脱硝方法（a）又は（b）において、前記脱硫用原料が燃焼炉からの水分を含む排ガス又は水蒸気又は湿り空気であることを特徴とする排ガス用乾式同時脱硫脱硝方法（c）。

【0129】

排ガス用乾式同時脱硫脱硝方法（a）から（c）において、脱硫脱硝反応に有効なラジカルが、 NH_2 ラジカル、 NH ラジカル、 N ラジカル、 H ラジカル、 OH ラジカルの中の少なくとも一つを含むことを特徴とする排ガス用乾式同時脱硫脱硝方法（d）。

20

【0130】

排ガス用乾式同時脱硫脱硝方法（a）から（d）において、排ガスの温度と排ガス入口の硫黄酸化物及び/又は窒素酸化物の濃度と脱硫率及び脱硝率の設定から、脱硝用原料の濃度と流量及び脱硫用原料の濃度と流量、及び印可電圧の最適値を決定する制御装置を有することを特徴とする排ガス用乾式同時脱硫脱硝方法（e）。

【0131】

更に、本発明には、以下の発明が含まれる。

【0132】

脱硝用原料および脱硫用原料をラジカル化して、脱硝ラジカル及び脱硫ラジカルを生成するラジカル生成手段と、該ラジカル生成手段により生成される脱硝ラジカル及び脱硫ラジカルを処理対象の排ガスに対して送給するための送給手段と、前記ラジカル生成手段に対して脱硝用原料を供給する脱硝用原料供給手段と、前記ラジカル生成手段に対して脱硫用原料を供給する脱硫用原料供給手段とを備えており、前記ラジカル生成手段は、円筒二重管により構成される一対又は複数対の電極によって構成されており、前記脱硝用原料供給手段は、前記ラジカル生成手段に対して脱硝用原料を旋回流で供給するものであり、前記脱硫用原料供給手段は、前記脱硝用原料供給手段の後段に設置されていることを特徴とする排ガス用乾式同時脱硫脱硝装置（f）。この装置（f）は、脱硫ラジカル生成手段と脱硝ラジカル生成手段とが一体に構成された形式（タイプ）のものである。

30

【0133】

排ガス用乾式同時脱硫脱硝装置（f）において、脱硫用原料供給手段は、ラジカル生成手段に対して脱硫用原料を旋回流で供給するものであることを特徴とする排ガス用乾式同時脱硫脱硝装置（g）。

40

【0134】

排ガス用乾式同時脱硫脱硝装置（f）又は（g）において、送給手段は、ラジカル生成手段の後段に配設された旋回羽によって構成されていることを特徴とする排ガス用乾式同時脱硫脱硝装置（h）。

【0135】

排ガス用乾式同時脱硫脱硝装置（f）乃至（h）において、ラジカル生成手段は、誘電体から成る円筒二重管であって且つ内方管が高電圧電極を構成する一方、外方管が接地電極を構成する一対又は複数対の電極によって構成されていることを特徴とする排ガス用乾

50

式同時脱硫脱硝装置 (i)。

【 0 1 3 6 】

排ガス用乾式同時脱硫脱硝装置 (f) 乃至 (i) において、ラジカル生成手段においては、脱硝ラジカルが脱硫用原料と反応することにより脱硫ラジカルが生成されることを特徴とする排ガス用乾式同時脱硫脱硝装置 (j)。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 1 3 7 】

本発明の排ガス用乾式同時脱硫脱硝装置及び方法は、焼却炉または燃焼炉から排出される硫黄酸化物や窒素酸化物を含む排ガスを高効率、コンパクト、安価に同時に脱硫脱硝することが要請されるあらゆる産業上の分野において利用され得る。

10

【 図面の簡単な説明 】

【 0 1 3 8 】

【 図 1 】本発明の排ガス用乾式同時脱硫脱硝装置の一例を概念的に示すもので、(a) はその縦断面図、(b) はその要部横断面図、(c) は旋回羽の側面図、(d) は同横断面図

【 図 2 】図 1 の排ガス用乾式同時脱硫脱硝装置を備えた焼却 (燃焼) プラントの一例を示す全体構成図

【 図 3 】(a) は図 1 の排ガス用乾式同時脱硫脱硝装置の性能試験の結果の内、印可電圧および排ガス中酸素濃度と脱硝率との関係を示すグラフ、(b) は印可電圧および排ガス中酸素濃度と脱硝率との関係を示すグラフ

20

【 図 4 】図 1 の排ガス用乾式同時脱硫脱硝装置の性能試験の結果の内、エネルギー密度とエネルギー効率との関係を示すグラフ

【 図 5 】本発明の排ガス用乾式同時脱硫脱硝装置の他例を概念的に示すもので、(a) はその縦断面図、(b) は (a) の A A 断面図、(c) は (b) の B B 断面図

【 図 6 】図 5 の排ガス用乾式同時脱硫脱硝装置の他例を備えた焼却 (燃焼) プラントの一例を示す全体構成図

【 図 7 】(a) は本発明の排ガス用乾式同時脱硫脱硝装置の他例を備えた焼却 (燃焼) プラントの一例を示す全体構成図、(b) はその装置の設置部分の拡大断面図

【 図 8 】(a) は本発明の排ガス用乾式同時脱硫脱硝装置の他例を概念的に示す図、(b) はその縦断面図、(c) は (a) の排ガス用乾式同時脱硫脱硝装置を備えた焼却 (燃焼) プラントの一例を示す全体構成図

30

【 図 9 】(a) は従来の脱硝装置を備えた燃焼プラントの概念的な全体構成図、(b) はその脱硝装置の要部構成を概念的に示す図

【 符号の説明 】

【 0 1 3 9 】

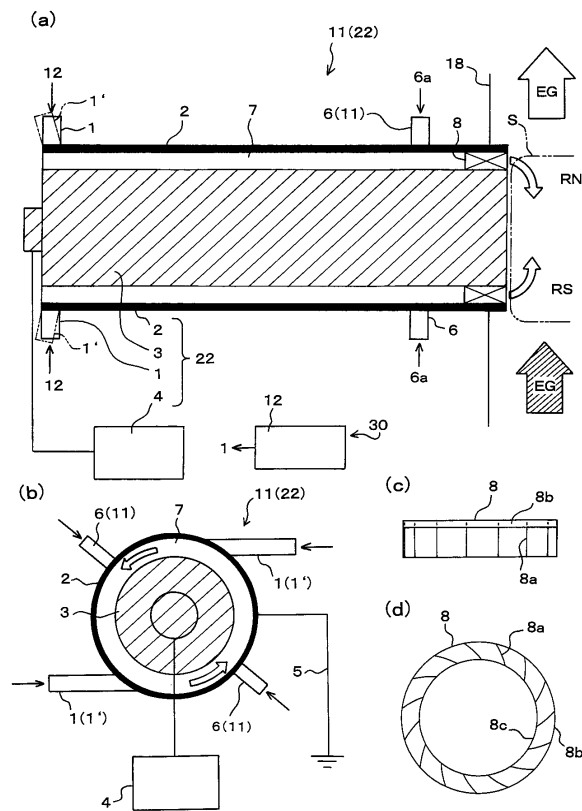
- 1 脱硝用原料旋回供給口
- 2、2 A 接地電極 (陰極)
- 3 高電圧電極 (陽極)
- 4 高電圧パルス電源
- 5 アース
- 6 脱硫用原料供給口 (脱硫ラジカル生成手段)
- 6 b 脱硫用原料供給装置
- 7 ギャップ
- 8、8 B 旋回羽 (スワラー)
- 8 A 脱硫用旋回羽 (スワラー)
- 9 焼却炉または燃焼炉
- 10 温度計
- 11、11 A、11 B、11 C プラズマリアクター
- 12 脱硝用原料貯留装置
- 13 脱硝用原料供給管

40

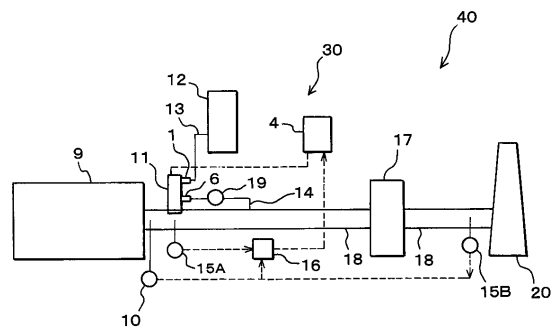
50

- 1 4 脱硫用原料供給管
- 1 5 A 混合部濃度分析装置
- 1 5 B 煙突前濃度分析装置
- 1 6 制御装置
- 1 7 集塵器
- 1 8 煙道
- 1 9 排ガス還流ファン
- 2 0 煙突
- 2 2 巡回式脱硝ラジカル生成手段
- 2 3 脱硫ラジカル生成手段
- 3 0 排ガス用乾式同時脱硫脱硝装置
- 4 0 脱硫脱硝装置付き焼却（燃烧）プラント
- 5 0 排ガス用乾式同時脱硫脱硝装置
- S 混合部

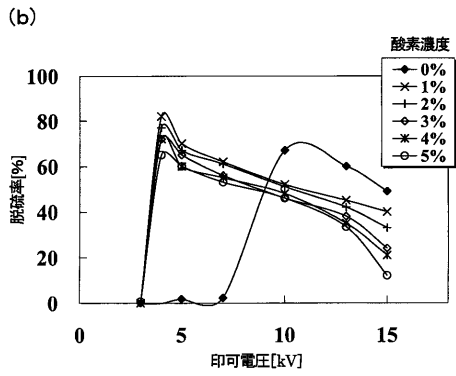
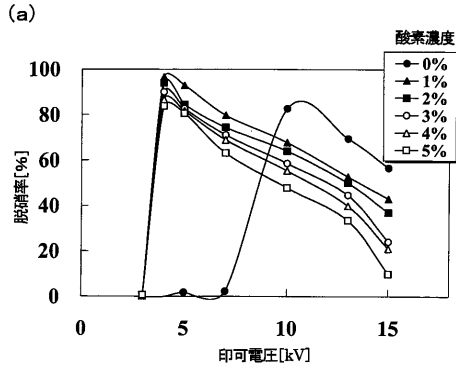
【図 1】



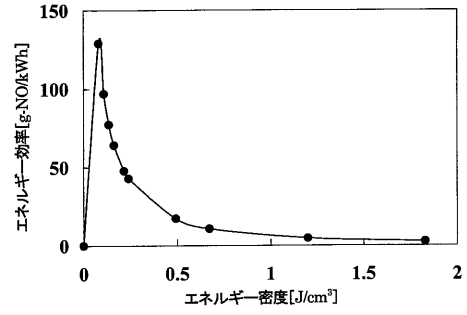
【図 2】



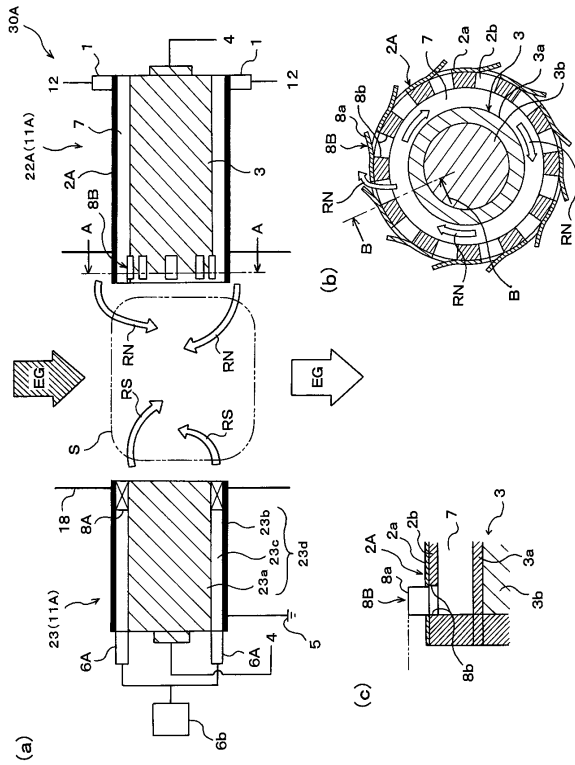
【 図 3 】



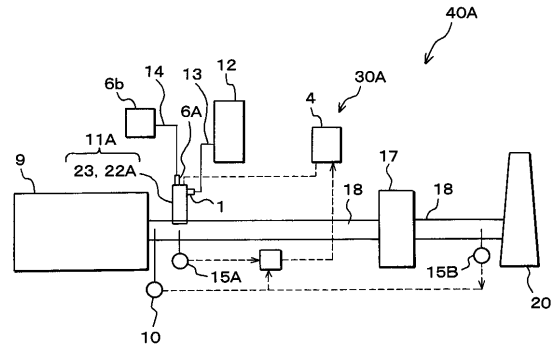
【 図 4 】



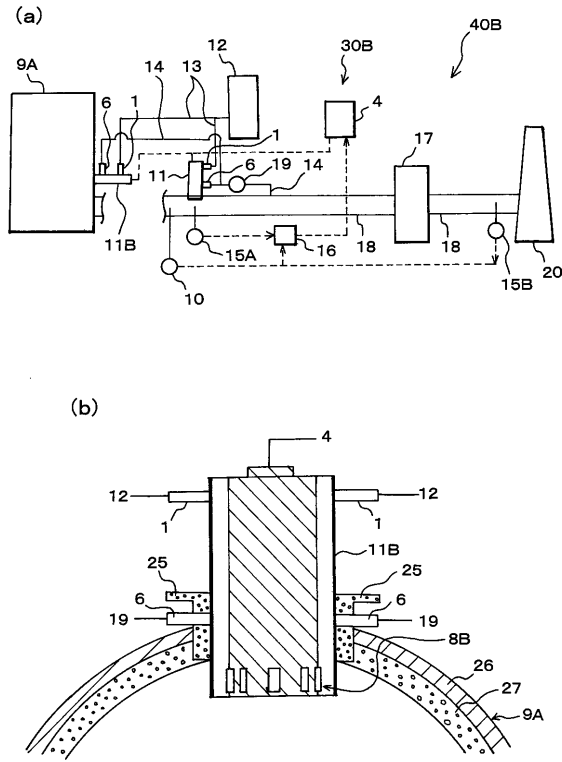
【 図 5 】



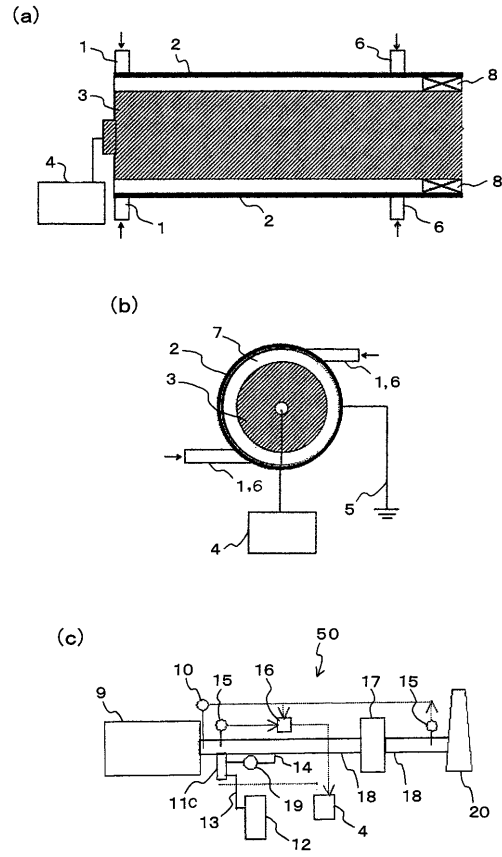
【 図 6 】



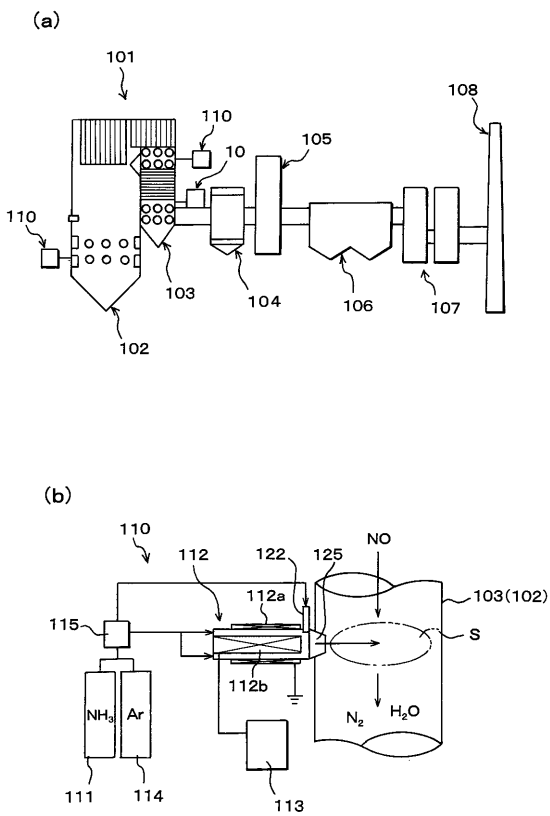
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2004-089752(JP,A)
特開2004-261718(JP,A)
特開2002-361034(JP,A)
特開平09-299762(JP,A)
特開平04-305226(JP,A)
特開平11-003799(JP,A)
特開平08-038849(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B01D 53/34- 53/96