

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2010-535100

(P2010-535100A)

(43) 公表日 平成22年11月18日 (2010.11.18)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>B O 1 D 53/94 (2006.01)</b>	B O 1 D 53/36	1 O 1 A
<b>B O 1 D 53/86 (2006.01)</b>	B O 1 D 53/36	Z A B
		4 D O 4 8

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 27 頁)

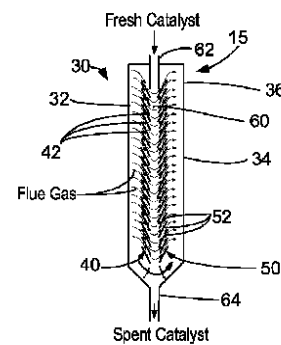
(21) 出願番号	特願2010-519271 (P2010-519271)	(71) 出願人	509106500
(86) (22) 出願日	平成20年8月4日 (2008.8.4)		バブコック・アンド・ウィルコックス・パ
(85) 翻訳文提出日	平成22年4月2日 (2010.4.2)		ワー・ジェネレーション・グループ・イン
(86) 国際出願番号	PCT/US2008/072103		コーポレイテッド
(87) 国際公開番号	W02009/018573		BABCOCK & WILCOX PO
(87) 国際公開日	平成21年2月5日 (2009.2.5)		WER GENERATION GROU
(31) 優先権主張番号	60/953, 608		P, INC.
(32) 優先日	平成19年8月2日 (2007.8.2)		アメリカ合衆国44203オハイオ州バー
(33) 優先権主張国	米国 (US)		バートン、サウス・バン・ビューレン・ア
(31) 優先権主張番号	12/175, 540		ベニュー20
(32) 優先日	平成20年7月18日 (2008.7.18)		20 South Van Buren
(33) 優先権主張国	米国 (US)		Avenue, Barberton, OH
		(74) 代理人	110000523
			アクシス国際特許業務法人
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 燃焼性 NO<sub>x</sub> 排出物を制御するための低温型の移動床反応器

## (57) 【要約】

発電プラントで使用するボイラ設備において有益な、低温型の、NO<sub>x</sub>還元用装置が開示される。当該装置は、1つまたは複数の移動床反応器を含み、移動床が、煙道ガス中のNO<sub>x</sub>を選択触媒還元するために使用する共通ベースの金属触媒から構成される。移動床は、新規のまたは再生した触媒を連続的に導入させ得、かくして、そうした触媒の硫黄被毒やそれによる触媒活性の低下に関わる従来問題が回避される。そうした触媒の活性化エネルギーが小さいことから、ここに開示する移動床反応器を利用するSCRは、エアヒーターよりも下流側に配置され得、かくして、発電効率が改善される。低温でのNO<sub>x</sub>還元法も開示される。

FIG. 4



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

装置であって、

燃料燃焼用の燃焼チャンバにして、除去することが望ましい量の $\text{NO}_x$ を含み得る煙道ガスを動作中に発生し得る燃焼チャンバと、

煙道ガス中の $\text{NO}_x$ の少なくとも一部分を還元するための $\text{SCR}$ 反応器にして、相互離間状態下に対向し、その間部分に実質的に垂直方向の触媒床通路を画定する第 1 及び第 2 の境界部を含む移動床反応器を含む $\text{SCR}$ 反応器と、

を含み、前記移動床反応器を通して移動する煙道ガスが、前記触媒床通路を貫く煙道ガス通路を追従する装置。

10

**【請求項 2】**

対向する第 1 の境界部及び第 2 の各境界部において、第 1 の境界部が第 1 のルーバースタックを含み、第 2 の境界部が第 2 のルーバースタックを含み、各ルーバースタックが、垂直方向に離間する一連の第 1 ルーバーまたは第 2 ルーバーを含み、第 1 のルーバースタックに関する第 1 ルーバーと、第 2 のルーバースタックに関する第 2 ルーバーとが、相互に離間するように傾斜され、前記触媒床通路が第 1 のルーバースタックと第 2 ルーバースタックとの間に画定され、

移動床反応器を貫いて移動する煙道ガスが、垂直方向に離間した各第 1 ルーバー間の通路を追従し、触媒床通路を貫き、次いで、垂直方向に離間した各第 2 ルーバー間を通して排出される請求項 1 の装置。

20

**【請求項 3】**

対向する第 1 の境界部及び第 2 の各境界部において、第 1 の境界部が、移動床反応器の上流側に隣り合って配置した第 1 のルーバースタックを含み、第 2 の境界部が、移動床反応器の下流側に隣り合って配置した孔開けプレートを含み、前記第 1 のルーバースタックが、孔開けプレートから離間するように傾斜された、垂直方向に離間する一連の第 1 ルーバーを含み、触媒床通路が、前記第 1 のルーバースタックと孔開けプレートとの間に画定され、

移動床反応器を貫いて移動する煙道ガスが、垂直方向に離間する各第 1 ルーバー間の通路を追従し、触媒床通路を貫き、次いで、孔開けプレートに設けた孔を通して排出される請求項 1 の装置。

30

**【請求項 4】**

対向する第 1 の境界部及び第 2 の各境界部において、第 1 の境界部が第 1 の孔開けプレートを含み、第 2 の境界部が第 2 の孔開けプレートを含み、触媒床通路が第 1 の孔開けプレートと第 2 の孔開けプレートとの間に画定され、

移動床反応器を貫いて移動する煙道ガスが、第 1 の孔開けプレートに設けた一連の第 1 の孔を通る通路を追従し、触媒床通路を貫き、次いで、第 2 の孔開けプレートに設けた一連の第 2 の孔を通して排出される請求項 1 の装置。

**【請求項 5】**

$\text{SCR}$ 反応器が、当該 $\text{SCR}$ 反応器を通る煙道ガス通路に関して平行配置した複数の移動床反応器を含む請求項 1 の装置。

40

**【請求項 6】**

複数の移動床反応器が、上方から見た場合にアコーディオン形態下に配置される請求項 5 の装置。

**【請求項 7】**

$\text{SCR}$ 反応器が、

$\text{SCR}$ 反応器を通る煙道ガス通路に関して平行配置した、移動床反応器の第 1 のバンクと、

煙道ガス通路に関して平行配置した、移動床反応器の第 2 のバンクと、

を含み、

前記第 2 のバンクが、煙道ガス通路に関して前記第 1 のバンクよりも下流側に直線状に

50

配置される請求項 1 の装置。

【請求項 8】

燃焼チャンバから排出される煙道ガス通路に関して当該燃焼チャンバの下流側に位置付けたエアヒーターを更に含み、該エアヒーターが、燃焼チャンバに入る燃焼空気を、該燃焼チャンバを出る煙道ガスとの熱交換を介して有効に予熱し、SCR 反応器が、煙道ガス通路に関してエアヒーターよりも下流側に配置される請求項 1 の装置。

【請求項 9】

煙道ガス通路に関してエアヒーターよりも下流側に位置付けられた、煙道ガスに同伴された粒状物を除去するための電気集塵機を更に含み、SCR 反応器が該電気集塵機内に配置される請求項 8 の装置。

10

【請求項 10】

燃焼チャンバを出る煙道ガス通路に関して燃焼チャンバよりも下流側に位置付けられた、煙道ガスに同伴された粒状物を除去するための電気集塵機を更に含み、SCR 反応器が該電気集塵機内に配置される請求項 1 の装置。

【請求項 11】

対向する第 1 及び第 2 の境界部が、触媒粒子の移動床を、移動床反応器の頂部に位置付けた入口から、移動床反応器の底部に位置付けた出口に向けて移動床通路を通して下方に有効に案内する請求項 1 の装置。

【請求項 12】

触媒移動床の出口から排出される消費済みの触媒粒子を有効再生する床再生装置と、消費済みの触媒粒子を再生させるべく、前記出口から床再生装置に当該消費済みの触媒粒子を搬送する出口コンベヤと、床再生装置で再生された触媒粒子を当該床再生装置から触媒床の入口に搬送する入口コンベヤと、を更に含む請求項 11 の装置。

20

【請求項 13】

出口コンベヤ及び入口コンベヤが、触媒床の出口から、床再生装置を通して触媒床の入口へと、閉ループ下に触媒粒子を連続搬送するようになっている請求項 12 の装置。

【請求項 14】

SCR 反応器が、当該 SCR 反応器を貫く煙道ガス通路に関して平行配置した複数の移動床反応器を含み、出口コンベヤが、全ての移動床反応器における触媒床の出口から排出される消費済みの触媒粒子を床再生装置に搬送するようになっており、入口コンベヤが、床再生装置からの再生済みの触媒粒子を、全ての移動床反応器における触媒床の入口に搬送するようになっている請求項 12 の装置。

30

【請求項 15】

出口コンベヤ及び入口コンベヤが、各コンベヤの搬送する触媒粒子に振動を付与するための振動手段を含む請求項 12 の装置。

【請求項 16】

燃焼チャンバが石炭炊き式ボイラであり、燃料が石炭を含む請求項 1 の装置。

【請求項 17】

触媒床通路内に配置した触媒粒子の床を更に含み、触媒粒子が、共通ベースの金属酸化物及び共通ベースの金属塩から成る群から選択した 1 つまたは複数の粒子種を含む請求項 1 の装置。

40

【請求項 18】

触媒粒子が実質的に硫黄耐性の金属触媒を含まない請求項 17 の装置。

【請求項 19】

燃焼チャンバを出る煙道ガス中の NO<sub>x</sub> を除去するための方法であって、

対向する第 1 及び第 2 の各境界部にして、その間部分に実質的に垂直方向の、触媒床を画定する第 1 及び第 2 の境界部を含み、第 1 の境界部がルーバースタックを含み、第 2 の境界部が孔開けプレートを含み、前記ルーバースタックが、孔開けプレートから離間するように傾斜した一連の垂直方向に離間したルーバーを含み、前記ルーバースタック及び孔開けプレートが相互に離間されてその間部分に前記実質的に垂直方向の触媒床通路を確定

50

する前記第 1 及び第 2 の境界部を含む移動床反応器を提供すること、

前記触媒床通路を通して下方に流動する触媒粒子の床にして、前記対向する第 1 及び第 2 の境界部により案内される触媒粒子の床を提供すること、

燃焼チャンバを出る煙道ガスの少なくとも一部分を、前記移動床反応器を貫く通路に沿って、前記垂直方向に離間する各ルーバー間を通り、前記触媒床通路を貫き、次いで、前記孔開けプレートに設けた孔を通して出るように流動させること、

を含む方法。

【請求項 20】

煙道ガス通路に関して燃焼チャンバよりも下流側に、燃焼空気が燃焼チャンバに入る前に当該燃焼空気を煙道ガスとの熱交換を介して予熱するためのエアヒーターを設け、移動床反応器が、前記煙道ガス通路に関してエアヒーターよりも下流側に配置される請求項 19 の方法。

10

【請求項 21】

煙道ガス通路に関して平行配置した複数の移動床反応器を設けることを含む請求項 19 の方法。

【請求項 22】

煙道ガス中に同伴される粒状物を除去するための電気集塵機を燃焼チャンバよりも下流側に配置し、複数の移動床反応器を電気集塵機内に配置する請求項 21 の方法。

【請求項 23】

移動床反応器から排出される消費済みの触媒粒子を、当該消費済みの触媒粒子を再生する再生装置に搬送すること、及び、再生装置で再生された触媒粒子を当該再生装置から触媒床通路内に閉ループ下に搬送すること、を更に含む請求項 19 の方法。

20

【請求項 24】

触媒粒子を、当該触媒粒子が移動床反応器から再生装置に移動される間及び、再生装置から移動床反応器へ移動される間、またはその両方において振動させることを更に含む請求項 23 の方法。

【請求項 25】

燃焼チャンバが石炭炊きボイラであり、燃料が石炭を含む請求項 19 の方法。

【請求項 26】

複数の移動床反応器を、煙道ガス通路に関して平行配置状態でエアヒーターよりも下流側に設けることを含む請求項 20 の方法。

30

【請求項 27】

移動床通路を通して移動し且つ触媒粒子と接触する煙道ガス温度が  $121.1 \sim 176.7$  ( $250 \sim 350$  °F) であり、触媒粒子との接触により煙道ガス中に存在する  $\text{NO}_x$  のすくなくとも 40% が低減される請求項 19 の方法。

【請求項 28】

移動床通路を通して移動し且つ触媒粒子と接触することにより、煙道ガス中に存在する元素 Hg のすくなくとも 40% が高酸化状態化される請求項 27 の方法。

【請求項 29】

触媒粒子が、共通ベースの金属酸化物及び共通ベースの金属塩から成る群から選択した 1 つまたは複数の粒子種を含む請求項 19 の方法。

40

【請求項 30】

触媒粒子が実質的に硫黄耐性の金属触媒を含まない請求項 19 の方法。

【請求項 31】

移動床反応器を移動する煙道ガスの圧力降下が、水ゲージでの 10 cm (4 インチ) より大きくない請求項 19 の方法。

【請求項 32】

触媒粒子が、毎分 30 cm (1 フィート) 未満の直線速度下に移動床通路を通して下方に流動する請求項 19 の方法。

【請求項 33】

50

第 1 及び第 2 の境界部の少なくとも一方が垂直方向から傾斜される請求項 19 の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本件出願は、ここに参照することにより本明細書の一部とする、2007年8月2日付けで提出された米国仮特許出願番号第60/953,608号の優先権を主張するものである。

本発明は、燃焼、例えば、発電プラントでの石炭燃焼により生ずる煙道ガス流れ中の $\text{NO}_x$ の選択触媒還元に関し、詳しくは、低温下での $\text{NO}_x$ の選択触媒還元に関する。

【背景技術】

10

【0002】

SCR、即ち、選択触媒還元は、高温（約287.8～398.9（550～750°F））の燃焼源から生じる $\text{NO}_x$ 制御のために世界中で使用されている。低温（約176.7（350°F））下での $\text{NO}_x$ のSCR/直接分解及び $\text{Hg}^0$ の触媒酸化は比較的新しい分野であり、その商業的実現性を可能にする大きな進展が待ち望まれている。

【0003】

高温SCRは、実用ボイラからの $\text{NO}_x$ 制御用として、日本では1970年代より、ドイツでは1980年代より、米国では1990年代後半より使用されて来ている。SCRでは、 $\text{NO}_x$ をアンモニア（ $\text{NH}_3$ ）及び酸素と反応させて窒素及び水の各分子を形成させる。工業スケールではSCRは主に約260～482.2（500～900°F）の温度範囲で、しかし約287.8～398.9（550～750°F）の範囲で最もしばしば作用する設計とされている。当該用途では触媒として、バナジウム、チタニウム、タングステン、及びそれらの酸化物の如き硫黄耐性金属を使用する。硫黄耐性金属とは、硫酸塩や硫酸ベースの酸性ガスのような硫黄含有種との反応に抵抗（または実際に反応せずに）して金属-硫黄（硫酸塩または亜硫酸塩）塩を形成するものを言う。そうした硫黄耐性金属や選択酸化物は、酸化還元反応を助成し得る一方で尚、硫黄ベースの塩形成耐性を持つ。こうした触媒は耐硫黄被毒性が高いことから一般に好ましいものである。当該分野の他の研究者（Teng他、2001年、Long他、2002年、Chen他、2000年Moreno-Tost他、2004年）等は、SCRでの触媒等級を提示するクロム、マンガ、鉄、コバルト、ニッケル、銅、亜鉛、を含む幾つかの金属及びそれらの酸化物を特定した。これらの触媒は低温（約176.7（350°Fあるいはそれ以下））下でのSCRによる $\text{NO}_x$ 還元上有効ではあるが、硫黄被毒を受ける、つまり硫黄耐性がない。硫黄耐性の無いそうした金属（及びその酸化物）はここでは共通ベースの金属（common base metals）と称する。逆に、従来のSCR用の触媒は硫黄被毒耐性はあるが低温下では低温（約126.7～176.7（260～350°F））時の低反応性のために一般に効果が無い。

20

30

【0004】

ベースメタル化合物を用いて $\text{SO}_x$ 及び $\text{NO}_x$ の双方を制御する方法が研究され、 $\text{SO}_x$ 除去をその対象とするものではあったが、そうした方法が30年間に渡り限定範囲で実施された。これらのシステムは一般に、従来のSCRの如きと同じ温度レジーム（約287.8～398.9（550～750°F））下に作動され、煙道ガスからの $\text{SO}_x$ 除去に際して反応した金属化合物を再生して、硫黄、硫酸、硫酸アンモニウムの如くに分離除去または廃棄し得る様々の硫黄生成物とするための手段を使用する。上述したように、こうしたプロセスは $\text{SO}_2$ 捕集をその主目的としており、 $\text{NO}_x$ はその副次的効果として捕集される。対照的に、本発明は煙道ガス中の $\text{NO}_x$ の還元または破壊のみならず、水銀酸化をその主目的とする。一般的な低温範囲での、ここに開示する新規なSCR構成下に生じる範囲の硫黄捕集は、以下の説明において抵触物として考慮される。

40

【0005】

$\text{NH}_3$ 無しでの $\text{NO}_x$ の触媒による直接破壊については知られていることはきわめて少ない。Yokomichi他（2000年）等は、高温（約298.9～598.9（

50

570 ~ 1110 °F) ) 下で銅交換ゼオライトによりNO<sub>x</sub>を直接分解した結果を発表した。煙道ガス中に酸素が存在し、触媒温度が低下するとこれらの触媒の活性が低下した。

#### 【0006】

Hg<sup>0</sup>を触媒酸化して酸化型(Hg<sup>2+</sup>)とすることが、ウェットスクラバー内でのHg<sup>2+</sup>の溶解性及び制御の容易性から注目されている。Ghorishi(1998年)は、幾つかの共通の金属酸化物触媒における、Hg<sup>0</sup>酸化上の効果を研究した。この研究によれば、煙道ガス中に塩化水素(HCl)が存在する場合、酸化第二銅(CuO)及び酸化第二鉄(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)はHg<sup>0</sup>の酸化を促進させる上で非常に有効であることが示唆された。この研究ではCuOが高い活性を提示した。これら二つの金属のHg<sup>0</sup>酸化活性は、これら二つの酸化物を覆ってHClから塩素ガス(Cl<sub>2</sub>)が触媒的に発生するDeacon反応によるものとする仮説が立てられた。次いでHg<sup>0</sup>は触媒表面の近傍で塩素ガスと反応して酸化される。Ghorishi(1999年)による追跡研究によれば、塩化第一銅(CuCl)の触媒活性がCuOのそれより更に優れていることが分かった。CuClは、煙道ガス中にHClが無い場合でさえHg<sup>0</sup>を酸化させるほどその反応性が高いことが分かった。その後の研究で、Ghorishi他(2005年)等は、2つのステップを含む包括的なDeacon反応スキーム(Nieken及びWatzemberger、1999年)を用いてCuClの優れた活性を説明している。2ステップメカニズムによれば、Deacon反応は塩素処理ステップ(中間硫黄種、CuCl<sub>2</sub>、または恐らくはCuCl、及び気相H<sub>2</sub>Oの放出)と、脱塩素処理ステップ(Cl<sub>2</sub>形成及び本来のCuO触媒の再生)とに分けられる。

塩素処理:  $2\text{HCl} + \text{CuO} \rightarrow \text{CuCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$

脱塩素処理:  $2\text{CuCl}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CuO} + 2\text{Cl}_2$

正味のDeacon反応:  $4\text{HCl} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

#### 【0007】

Ghorishi他ら(2005年)は、塩化銅触媒を用いれば塩素処理ステップが、従って煙道ガス中のHClがもはや不要となるとの仮説を立てた。塩素処理ステップが無ければHg<sup>0</sup>の酸化反応速度が向上し、CuCl触媒の活性が高まることにもなる。CuCl<sub>2</sub>/CuCl触媒を使用する場合、煙道ガス中にHClが無いと触媒は再生されずに消耗されてCuOになる。この場合は塩素処理ステップが重要となり、先に示した塩素化に従い塩素銅触媒材料を再生するHClが必要となり得る。

#### 【0008】

Hg<sup>0</sup>酸化触媒の活性に関し、CuCl及びまたはCuCl<sub>2</sub>の硫黄被毒もまた主たる関心事項である。上述した如く、NO<sub>x</sub>還元の意味から、CuClやCuCl<sub>2</sub>のようなある遷移金属化合物は硫黄被毒を受け易く、硫黄被毒を受けると金属硫酸塩が生成され、触媒の有益材料(メタルハライド)が消尽される。

#### 【先行技術文献】

#### 【特許文献】

#### 【0009】

【特許文献1】米国仮特許出願第60/953,608号明細書

【特許文献2】米国特許第5,167,931号明細書

【特許文献3】米国特許第5,266,288号明細書

#### 【発明の概要】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0010】

従って、硫黄被毒の影響を無くすまたは最小化するために、これらの金属酸化物触媒を継続的に再生させる(または新たな触媒を継続的に導入する)装置及び方法が望まれる。そうしたシステムでは、発電プラントで運転される低温SCR反応器の如き、低温下のNO<sub>x</sub>還元及びHg酸化用の反応器における、硫黄耐性金属または金属酸化物触媒の使用が可能となる。低温下にSCRを実施することで、ボイラー装置(SCR反応器後付装置を

含む)の設計の幅が広がり、SCR反応器を煙道ガス通路に関してエアヒーター(ボイラに入る燃焼空気を熱交換機を介して排気煙道ガスと熱交換させて予熱する)よりも上流側に配置する必要が無くなる。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明の1様相によれば、除去することが望ましい量のNO<sub>x</sub>を含み得る煙道ガスを運転中に発生する、燃料を燃焼させるための燃焼チャンバと、煙道ガス中のNO<sub>x</sub>の少なくとも一部分を還元させるためのSCR反応器と、を含む装置が提供される。

【0012】

SCR反応器は移動床反応器を有し、当該反応器が、相互に離間してその間部分に実質的に垂直の触媒床通路を画定するところの、対向する、第1及び第2の境界部を含んでいる。煙道ガスは、移動床を通過する通路を追従して移動床反応器を貫いて移動する。

【0013】

詳しくは、本発明の他の様相によれば、SCR反応器は移動床反応器を有し、当該反応器が、対向する第1及び第2の各ルーバースタックを含み、各ルーバースタックは、垂直方向に離間した一連の第1又は第2の各ルーバーを夫々有する。第1及び第2の各ルーバースタックの第1及び第2の各ルーバーは相互に離間するように傾斜され、第1及び第2の各ルーバースタックは相互に離間され、かくして各ルーバースタック間に実質的に垂直の触媒床通路を画定する。移動床反応器を貫いて移動する煙道ガスは、垂直方向に離間された各第1ルーバー間の通路を追従し、移動床通路を貫き、次いで、垂直方向に離間された各第2ルーバー間を通して排出される。

【0014】

あるいは、対向する第1及び第2の各境界部は、第1境界部が、移動床反応器の上流側に隣り合って配置した第1のルーバースタックを含み得、第2境界部が、当該反応器の下流側に隣り合って配置した孔開けプレートを含み得る。第1のルーバースタックと孔開けプレートとの間には触媒床通路が画定される。

【0015】

更には、対向する第1及び第2の各境界部は、第1及び第2の孔開けプレートと、当該第1及び第2の孔開けプレート間に画定される触媒床通路とを夫々含み得る。

【0016】

本発明の更に他の様相によれば、燃焼チャンバを出る煙道ガス中のNO<sub>x</sub>除去方法が提供される。当該方法には、実質的に垂直な触媒床通路をその間部分に画定する、第1及び第2の各境界部を有する移動床反応器を提供することが含まれる。第1及び第2の各境界部は対向するルーバースタックを含み得、各ルーバースタックは垂直方向に離間された、一連の第1ルーバー又は第2ルーバーを含み、第1及び第2の各ルーバースタックの第1ルーバー及び第2ルーバーは相互に離間するように傾斜され、第1及び第2の各ルーバースタックは相互に離間され、かくして、その間部分には実質的に垂直な触媒床通路が画定され、触媒粒子層が当該触媒床通路を通して下流方向に流動し、次いで第1及び第2の各ルーバースタックによって案内される。また、燃焼チャンバを出る煙道ガスの少なくとも一部が、移動床反応器を通る通路を流動し、当該通路において、前記煙道ガスの一部は垂直方向に離間された各第1ルーバー間を通り、触媒床通路を貫き、次いで、垂直方向に離間された第2の各ルーバー間を通して排出される。あるいは、第1及び第2の対向する各境界部が、反応器の上流側に隣り合って配置した第1のルーバースタックと、前記反応器の下流側に隣り合って配置した孔開けプレートとを夫々含み得、または、第1及び第2の孔開けプレートを夫々含み得る。第1のルーバースタックと孔開けプレートとの間、または、第1及び第2の各孔開けプレート間に触媒床通路が画定される。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】図1は、発電プラントに見られる如き従来のボイラ装置の概略図である。

【図2】図2は、ここに開示する低温SCR反応器を、煙道ガス通路に関連するエアヒー

10

20

30

40

50

ターよりも下流側の電気集塵機内に配置したボイラ装置の概略図である。

【図 3】図 3 は、ここに開示する低温 S C R 反応器を電気集塵機よりも下流側に配置したボイラ装置の更に他の実施例の概略図である。

【図 4】図 4 は、ここに開示する如き S C R 反応器で使用する、または当該 S C R 反応器としての移動床反応器の端部断面図である。

【図 4 A】図 4 A は、図 4 の移動床反応器の第 1 及び第 2 の各ルーバースタックの、ハウジングを除去した状態で示す斜視図である。

【図 4 B】図 4 B は、図 4 の移動床反応器の、孔開けプレートを下流側位置でルーバー構成で代替させた他の実施例の斜視図である。

【図 4 C】図 4 C は、図 4 B の孔開けプレートの一部の拡大図である。

10

【図 4 D】図 4 D は、入口のルーバー、出口の孔開けプレート、又はそれらの両方が、移動床反応器を通しての固形物の下方流れを助長させるべく、垂直位置から若干傾斜させた状況を示す、図 4 B の実施例の端面方向から見た例示図である。

【図 4 E】図 4 E は、入口のルーバー、出口の孔開けプレート、又はそれらの両方が、移動床反応器を通しての固形物の下方流れを助長させるべく、垂直位置から若干傾斜させた状況を示す、図 4 B の実施例の端面方向から見た例示図である。

【図 4 F】図 4 F は、入口のルーバー、出口の孔開けプレート、又はそれらの両方が、移動床反応器を通しての固形物の下方流れを助長させるべく、垂直位置から若干傾斜させた状況を示す、図 4 B の実施例の端面方向から見た例示図である。

【図 4 G】図 4 G は、図 4 B の移動床反応器の他の実施例の端部方向断面図である。

20

【図 4 H】図 4 H は、上流及び下流の各側においてルーバー構成を穴開けプレートで代替させた、S C R で使用するためのまたは S C R として使用する移動床反応器の別態様の実施例の端部側断面図である。

【図 5】図 5 は、アコーディオン型とされ且つ S C R 反応器を通る煙道ガス通路に関して平行構成とした、ここに開示する複数の移動床反応器を含む S C R 反応器の平面図である。

【図 5 A】図 5 A は、垂直型とされ且つ S C R 反応器を通る煙道ガス通路に関して平行構成とした、ここに開示する複数の移動床反応器を含む S C R 反応器の平面図である。

【図 6】図 6 は、第 1 バンクに関する下流側に一連の第 2 バンクを配置し、各バンクが、平行且つアコーディオン状に構成した複数の移動床反応器を含む、ここに開示する如き移動床反応器の第 1 及び第 2 の各バンクの平面例示図である。

30

【図 7】図 7 は、触媒再生装置の 1 実施例の概略図である。

【図 8】図 8 は、本発明に従う、移動床反応器及び触媒再生システムの主要コンポーネントを示す概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

ここで、5 ~ 25 (または 5 から 25) の如き範囲を示す場合は、好ましくは少なくとも 5 と、それとは別に且つ無関係に、好ましくは 25 より大きくないことを意味するものとする。またここで、全ての数字範囲は、各終点を表すのに加え、当該範囲の全ての中間値を開示すべきであり且つ意図されるものとする。例えば、範囲 5 ~ 25 は、その間の全ての値、例えば 7、9、12、13、9、17、25 等をも表すことを意図するものとする。

40

【0019】

本発明の 1 特徴によれば、低温下に有効であるがしかし経時的に化学的不活性化し易い (例えば、硫黄被毒による) 触媒を使用して、約 121 . 1 ~ 176 . 7 (250 ~ 350 ° F) の如き低温範囲下に窒素酸化物を触媒還元させるために使用し得る手段が提供される。前記温度範囲は、現代の化石燃料炊き発電プラントから排出される煙道ガスの、エアヒーターと、煙道ガス脱硫装置との間の領域、即ち、エアヒーターの、煙道ガス流れ方向での下流側における典型的な温度範囲である。好ましい実施例では、そうした触媒を、元素水銀を酸化して、同じ温度範囲でのその取り扱いが容易化されまたは安全に除去し

50



得る高酸化状態（例えば、 $Hg^{2+}$ ）とするためにも使用できる。ある実施例ではこれらの反応の各々に対して別の触媒を使用し得、その場合、同じ反応器内で、例えば、その他の点では従来式のボイラ装置における低温SCR反応器である如き同一反応器内で、組み合わせ触媒が使用されまたは使用され得る。あるいは同一金属または同一の金属酸化物触媒を使用しての $NO_x$ 還元及び $Hg$ 酸化が共に実施され得る。

#### 【0020】

全図を通して同じ参照番号は同じまたは機能的に類似する各要素を表すものとする図面を参照するに、特に図1には発電プラントにおける代表的なボイラ装置が例示され、ボイラ出口とエアヒーターとの間で煙道ガス流れとインラインの従来位置に、従来式の選択触媒還元（SCR）反応器を含んでいる。つまり、従来、SCR反応器はボイラ3とエアヒーター8との間に配置されるが、これは、従来から使用されるバナジウムまたはタングステンベースの硫黄耐性触媒の触媒作用を適正化するに十分な高温下に触媒を確実に機能させるためである。今日使用される大抵のSCR触媒の最低使用温度は約 $287.8$ （約 $550^\circ F$ ）である。定格出力時にエコノマイザ4から排出される煙道ガス5の温度は約 $343.3 \sim 371.1$ （ $650 \sim 700^\circ F$ ）近傍となる。しかし、低出力時はエコノマイザを出る煙道ガス温度はこうした硫黄還元触媒の有効使用温度を容易に下回るようになる。従って、SCR反応器に入るガス温度を、硫黄還元触媒を確実に有効温度とする必要温度範囲内のものとするべく、エコノマイザの周囲に高温煙道ガス6の幾分かを抜き出す（バイパスさせる）。こうした従来の特徴的構成は図1にも例示される。当該構成は出力を低下させるのみならず、バイパス通路を組み込む必要上、既存ボイラ装置へのSCR後付けが著しく複雑化される。

#### 【0021】

1988年の窒素酸化物（ $NO_x$ ）の州/連邦実施計画要求（ $NO_x$  SIP CALL）により、米国内の既存の石炭炊き発電プラントの多くにSCRが組み込まれた。事実上全てのケースで、後付けに関わる設計及び施工は困難であった。ここで後付けとは、既存設備の改修及びまたは既存ボイラへの新規装置追加のプロセスを言うものとする。そうした困難性は、ボイラはその全体がエアヒーターに直結されること及び、ボイラの圧力部品を頻繁に交換する必要があるという事実から生じた。

#### 【0022】

SCR反応器を横断しての $NO_x$ 還元効率には以下の式により一般に表す。

#### 【数1】

$$eff = 1 - e^{-ka_p\tau} \quad (1)$$

ここで、 $k$  = 反応速度定数、 $a_p$  = 触媒の比表面積、即ち、反応器の単位容積あたりの面積、 $\tau$  = 滞留時間、を表す。

#### 【0023】

反応速度定数は触媒の活性及び反応器温度に基づく。反応性の温度依存はアレニウスの法則に基づく。

#### 【数2】

$$k = Ae^{-E_a/RT} \quad (2)$$

ここで、

$E_a$  = 活性エネルギー、 $j/mol$

10

20

30

40

50

R = ガス定数、 $\text{j} / \text{mol} \cdot \text{K}$

A = 比例定数

T = 反応器温度  $^{\circ}\text{K}$

とする。

#### 【0024】

従来の硫黄耐性SCR触媒の活性エネルギーはおよそ46,000 j / モルである。反応速度定数の、約315.6 (600 $^{\circ}\text{F}$  (588 $^{\circ}\text{K}$ )) 及び約148.9 (300 $^{\circ}\text{F}$  (422 $^{\circ}\text{K}$ )) 間の変化は以下の式により計算される。

#### 【数3】

10

$$\ln \left[ \frac{k_2}{k_1} \right] = \frac{E}{R} \left[ \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right] = \frac{46,000}{8.314472} \left[ \frac{1}{588} - \frac{1}{422} \right] = -3.701 \quad (3)$$

$$\frac{k_2}{k_1} = e^{-3.701} = 0.0247 \quad (4)$$

#### 【0025】

計算によると、従来のSCR触媒は約315.6 (600 $^{\circ}\text{F}$ ) におけるよりも約148.9 (300 $^{\circ}\text{F}$ ) における方が約2.5%だけ有効である。従って、約315.6 (600 $^{\circ}\text{F}$ ) では90%であるSCR触媒の有効性は約148.9 (300 $^{\circ}\text{F}$ ) では僅か2.25%となる。かくして、約148.9 (300 $^{\circ}\text{F}$ ) の温度下にNO<sub>x</sub>を制御するには2つの基本的方策、即ち、貴金属プラチナまたはパラジウムの如き反応性のより高い触媒を使用するか、または、生成物ap (式1参照) 量を著しく増大させる必要がある。前者はよりコスト高の触媒を必要とし、後者の場合は触媒容量を増やせば良い。ここでは後者に従うものとする。以下に開示する各実施例では、SCR反応器の容積の有意部分に触媒を充填し得、その間、煙道ガスが触媒粒子を通過し且つ有効に接触し、且つ好ましくは、SCR反応器内の触媒床を横断しての圧力降下レベルが、代表的なSCRで使用する従来型のモノリス触媒におけるそれと実質的に等しいまたはそれ以下に維持される。追加的特徴として、これらの触媒を連続的に抜き出して連続的に再利用する再生手段が含まれる。これにより、経時的な硫黄被毒を受け易いものであっても、実質的にずっと低コストのSCR触媒材料を使用可能となる (例えば、共通ベースの金属化合物)。この特徴は特に、上述した生成物ap 量増大のための触媒材料の大量使用を考慮すれば望ましいものである。共通ベースの金属化合物には主に、クロム、マンガン、鉄、コバルト、ニッケル、銅、亜鉛、スズの化合物が含まれる。

20

30

#### 【0026】

要約すれば、望ましい実施例において、反応器 (例えばSCR反応器) には以下の2つの特徴、即ち、(1) 触媒床を通る煙道ガスの流れ抵抗が妥当な限界内、好ましくは、水圧降下約10 cm (約4インチ) またはそれ以下に維持され得る状態下での、煙道ガスと最大可能量の触媒との接触が容易化され、(2) 触媒床外で触媒が再活性化され、次いで再活性化された触媒を触媒床に再導入し得るよう、触媒を連続ベースで抜き出し得る、という2つの特徴がある。触媒はいろいろの方法、例えば、金属硫酸塩を相当する酸化物に熱的または化学的に変換させて触媒から硫黄生成物を除去することで再生され得る。

40

#### 【0027】

大半のSCRテクノロジーは、今後10年~20年間は既存の石炭炊き発電プラント用途で使用され、またそうしたプラントでは大抵、電気集塵機 (ESP) を利用して煙道ガス中の同伴微粒子 (例えばフライアッシュ) を除去していることから、1オプションとしては、既存のESP10の一部を使用して低温型SCR15を格納することが望ましい。当該状況は図2に例示される。仮に発電プラントが電気集塵機 (ESP) 10以降に煙道

50

ガス脱硫システム（FGD）13を備える場合、SCRはESPの最終フィールドに置換させる。SCRから生じるダストはFGDシステムで捕捉されるに十分な粗さを有すべきである。ユニットにFGDシステム13が無い場合はSCR15はESP10の最終前のフィールドに置換させ、最終フィールドはSCR15内に生じたダストを収集するために使用し得る。図3には低温型SCR15の分離使用状況が例示される。例示実施例ではSCR15はESP10よりも下流側で且つFGD13の手前に配置されている。当該配置は、ESPの粒子除去性能が不十分な場合に好適であり得る。

#### 【0028】

低温型SCR15の特定の利益及び使用可能な配置を説明したが、以下にそれらの特定実施例を説明する。1実施例において、SCR15が移動床反応器移動床反応器の設計形態を有している。この実施例ではSCR15は1つまたは複数の移動床反応器30を含み、触媒移動床が、当該触媒移動床を貫いて流動する煙道ガスと接触し、NO<sub>x</sub>（随意的な且つ好ましくはアンモニアとの反応を介しての）の還元と、好ましくは煙道ガス中のHgの酸化とを有効に促進させる。触媒は、反応器30を移動するに従い、煙道ガス中に含まれ得るSO<sub>x</sub>と接触及び反応して硫黄被毒され、徐々に劣化または不活性化され得る。かくして、触媒材料は、SCRから排出されるに際して、SCR用の層入口位置に再導入されるに先立ち、再活性化処理されて再生され得、硫黄被毒により受けた影響を消失させ得る。

#### 【0029】

図4に例示するタイプの反応器設計形態はSCRの移動床反応器30として使用され得る。図4には移動床反応器30の端部方向断面図が示される。図4の実施例ではボイラからの煙道ガスは、図で左側の、上流側32に相当する側部から移動床反応器30に入り、第1（上流側）のルーバースタック40及び第2（下流側）のルーバースタック50とを通過し、図で右側の、移動床反応器30よりも下流側34で移動床反応器30を出る。第1及び第2の各ルーバースタック40及び50は、反応器ハウジング36内に格納及び保持され得る。反応器ハウジング36は、上流側32及び下流側34が煙道ガスを通過させるように夫々開放または実質的に開放されていることが好ましい。あるいは前記上流側32及び下流側34は、煙道ガス流れを収受するための開口または長孔を有する単一または複数の孔開けプレートであり得、またはそうした孔開けプレートを含み得る。かくして、以下の説明では、ここで説明する如く単数あるいは複数の移動床反応器30を通して触媒粒子を維持及び搬送するために使用する構造を、境界部または複数の境界部と参照する場合がある。

#### 【0030】

尚図4を参照するに、第1のルーバースタック40が、垂直方向に離間された複数の第1ルーバースタック42を含み、各第1ルーバースタックは移動床反応器の上流側32から反対側、即ち下流側34に向けて傾斜角度が付けられる。第1ルーバースタック42は相互に平行であることが好ましい。下流側の第2のルーバースタック50は、同様に垂直方向に離間した複数の第2ルーバースタック52を含むが、当該第2ルーバースタックは、隣り合う上流側の第1のルーバースタック40からSCRの移動床反応器30よりも下流側34に向けて傾斜角度が付けられる。好ましい実施例では、第2ルーバースタック52はやはり相互に平行である。図4Aには上流側の第1のルーバースタック40及び下流側の第2のルーバースタック50の斜視図が、ハウジング36を取り除いた状況で示される。第1及び第2の各ルーバースタック42及び52は、移動床反応器30の上流側32から入り、それよりも下流側34に出て行く煙道ガス流れを収受する垂直方向間隔を有する。第1及び第2の各ルーバースタック42及び52は、その各端部をハウジング36の横断方向または端部壁に取り付けることで支持される。随意的には、隣り合う各ルーバースタック間に、各ルーバースタックを支持し且つその対向する各端部壁間の伸延長さに沿った適宜間隔を維持するスペーサ（図示せず）を設け得る。

#### 【0031】

上述した説明及び図4から理解されるように、本実施例における移動床反応器30は第1及び第2の対向する各ルーバースタック40及び50を含み、各ルーバースタックは、

垂直方向に離間され且つ好ましくは平行の、移動床反応器の対向する各端部間に伸延させた第1または第2の一連の各ルーバー42及び52を有し、第1及び第2の各ルーバー42及び52は相互に離間するように傾斜付けされている。第1及び第2の各ルーバー42及び52は更に、煙道ガス流れ方向において相互に離間され、かくして実質的に垂直な移動床通路60を第1及び第2の各ルーバースタック40及び50間に画定する。移動床通路60は、移動床反応器30の頂部に位置付けた入口62から送給され得る触媒粒子の移動床を収受する。第1及び第2の各ルーバー42及び52が、相互に離間する方向に傾斜付けされ、且つ各ルーバー間の移動床通路60から離間されることから、当該触媒床通路を垂直方向下方に移動する触媒粒子は移動床反応器の上流側32または下流側34の何れかに向けて横断方向に容易に排出されることがない。移動床通路60内の触媒粒子は、そうではなく、ハウジング36の底部位置で出口64に向けて下方に案内される。次いで、触媒粒子は、SCRの近傍または遠方に配置し得る別個の再生装置に送られ得る。必ずしもそうである必要はないが、第1及び第2の各ルーバースタック40及び50は相互に鏡像を構成する。つまりは各ルーバー42及び52を、それらの間を垂直方向に通る仮想中央平面から見た場合は逆方向となるが、同一角度で配置させ得る。あるいは各ルーバー42及び52は、前記仮想中央平面に関して非同等角度を有し得る。更に他の実施例では、対向するルーバースタックにおける各ルーバー42をルーバー52よりも多くまたは少なくし、各ルーバー同士の間隔を、対向するルーバースタックにおける各ルーバーのそれよりも広くまたは狭くさせ得る。

10

20

30

40

50

#### 【0032】

触媒材料は、移動床反応器内で移動床通路60を通して送られ、排出装置66（図8参照）を介して出口64から排出され、出口コンベヤを介して触媒再生用の他のプロセス処理装置またはユニットオペレーションに送られることが好ましい。再生された触媒粒子は入口コンベヤを介して入口62に好ましく戻され、連続する閉ループ内で再利用される。本実施例では触媒粒子の搬送メカニズム、及び触媒粒子再生法は重要ではなく、消費（移動床反応器30から排出される時点の）された触媒粒子を再生させるための搬送装置用に入手し得る空間や適宜のケミストリーを含む適宜の考慮事項に基づき選択され得る。ここで、“出口コンベヤ”及び“入口コンベヤ”とは、2点間または2つのステーション間で触媒粒子を送るための任意の好適な、または従来装置またはそれらを含み得るものとする。そうした装置は当業者にはよく知られている。例えば、消費済みの触媒粒子をコンベヤベルト（図示せず／好ましくはサイドシールドを有する）で出口64から再生装置及び当該装置に連続的に送り、当該装置で再生反応を実行した後、入口62に戻すことが考えられる。上記参照した出口コンベヤ及び入口コンベヤは、出口64から再生装置を通り入口62に戻る、非分離型の1つの連続コンベヤを含み得る。その場合、出口コンベヤとは、出口64と再生装置との間のコンベヤ部分に対して参照され、入口コンベヤとは、再生装置と入口62との間のコンベヤ部分に対して参照される。本明細書において、共通ベースの金属酸化物塩触媒、例えばCuClの硫黄被毒の場合における適宜の触媒再生ケミストリーが記載される。

#### 【0033】

ある実施例において、振触媒材料を移動床反応器と再生装置との間を搬送する動コンベヤまたは振動エレベーターを組み込むことが望ましい場合がある。その場合、振動により、搬送装置を横断する際の粒子損耗及びそれによる劣化が低減または最小化され得る。斯界に既知の振動コンベヤ及び振動エレベーター装置を当該目的で使用できる。随意的には、振動コンベヤ及び振動エレベーター装置を、加熱要素あるいはその他の、触媒粒子に熱エネルギーを付加する装置と組み合わせ得、かくして、再生装置へのまたはそこから移動する際の触媒粒子再生に寄与させ得る。あるいは、斯界に既知の如き空気コンベヤを使用して再生装置及び移動床反応器との間で触媒粒子を搬送させ得る。また、移動床反応器の底部またはベース部から層材料を収集し、収集した層材料を再生装置に搬送させるべくコンベヤ装置に送るホッパ（図示せず）を含み得る。

#### 【0034】

あるいは、各コンベヤあるいはその他の、ペレット除去／搬送装置を、ホッパ無しで反応器のベース部に接面取り付けし得（スクリーフィーダを使用する場合の如く）、または従来設計形態を有するかまたは、斯界に既知のその他形式の材料排出流れ速度制御装置（例えば、振動フィーダ、ダブルダンプ弁、ロックホッパ、回転ベーンフィーダ／エアロック等）に適合する移行設計形態の特殊ホッパを有し得る。特定形態は、ここに説明する単数あるいは複数の移動床反応器を後付けしてSCRを提供させる装置であって、入手可能な空間に導入したユニットオペレーション及びそれらの配置等の如き考慮事項を含む装置に依存する。適宜の搬送装置の選択もまた、特定の層材料特性（ペレットvs球vsその他）に依存する。更には、移動床反応器30から触媒を除去するために使用する特定の排出装置66は、単数あるいは複数の移動床反応器30を下方に通過する粒状物の質量流れプロファイル、即ち、全ての粒状物が層を動作下に貫く質量流れプロファイルを実現するよう選択する必要がある。例えば、移動床反応器30を通して流動する中央コア流れ部分が生じ、他の粒状物が本来静止状態に維持されるのは望ましくない。なぜなら、その場合は被処理煙道ガスが同一活性の触媒粒子に対して一様に露呈されず、また引き続く再生用に単数あるいは複数の移動床反応器30からの全ての触媒粒子が一様に除去されないからである。

10

#### 【0035】

粒子特性を測定（剪断試験等により）し、測定した特性を使用して、任意のホッパ及びまたはスクリーフィーダ等を適宜設計形態とする。当該設計形態のホッパ及びまたはスクリーフィーダ等は、単数あるいは複数の移動床反応器30を通る粒子の質量流れプロファイルを提供する排出装置66の一部を構成し得る。本発明に従う移動床反応器及び触媒再生システムの主要コンポーネントを示す概略流れダイアグラムが図8に例示され、ここに開示する如き移動床反応器の1つ以上と組み合わせ使用し得る再生装置用の配管及び機器の実施例を含んでいる。図8に示すように、再生装置は、再生及び使用可能な触媒粒子からダストや粒状物を分離させるためのサイクロン式レシーバ82を含み得る。再生可能な触媒粒子は随意的には、当該サイクロン式レシーバ82から、二次的な細粒除去を提供する二次的な細粒仕分け装置84に送られ得る。サイクロン式レシーバ82及び仕分け装置84双方からの細粒を合流させて触媒再生装置86に搬送させ得る。仕分け装置84内で分離されたアッシュ粒子は廃棄処理装置に配送され得、再利用に適した触媒粒子は計量装置88を介してリサイクル施設に配送され、新規の触媒ペレット製造に再利用され得る。

20

30

#### 【0036】

本実施例では、閉ループシステムから除去した触媒粒子の正確な量を決定するスケールが使用され得る。これは、例えば、閉ループシステムに所定割合で新規触媒を導入するに際し、新規触媒の追加量が触媒除去量に相当することが保証されることが望ましい場合に有益であり得る。触媒再生装置86で再生された新規の触媒は、好適な計量装置92を介して触媒補充源90から補充される新規の触媒と共に、移動床反応器30の単数あるいは複数の入口に向けて図示される如く戻される。先に記載した如く、任意装置間の触媒粒子搬送装置は、必要に応じて、斯界に既知のその他の搬送メカニズムを伴うまたはそれらを伴わない、ベルト駆動式、空気式、バケットエレベーター、スクリーコンベヤ、またはそれらの組み合わせであり得る。

40

#### 【0037】

かくして移動床反応器30は、ボイラからの煙道ガスが上流側32に接近するような形態を有する。煙道ガスは移動床反応器に入り、垂直方向に離間する各第1ルーバー42間を移動し、移動床通路60を通過し、垂直方向に離間する各第2ルーバー52間を通して下流側34に出る（図4及び図4Aの各矢印参照）。運転中、移動床通路60は煙道ガス中のNOx及び随意的には水銀が、もし有ればその他の必要なまたは望ましい反応物質の存在下に、触媒と接触して夫々触媒還元または触媒酸化されるよう、触媒粒子で充填される。例えば、アンモニアもまた、従来手段（例えば、SCRに入る前に煙道ガスに送られる噴霧またはエアロゾルミスト）を介して移動床反応器内に送られる。

50

## 【 0 0 3 8 】

図 4 B ~ 図 4 H には移動床反応器 3 0 の別の実施例が示され、孔開けプレートが入口側または上流側 3 2 と、出口側または下流側 3 4 との何れかまたは両方の位置でルーバー構造に代替されている。図 4 B から図 4 G には複数の孔 5 3 を有する孔開けプレート 5 1 を下流側のルーバー 5 2 に代替させた状況が例示される。孔 5 3 は、移動床通路 6 0 内に触媒粒子を維持するに十分小さく且つ、孔 5 3 の数及び間隔により決定されるところの孔開けプレート 5 1 の多孔性が、S C R の移動床反応器 3 0 を出る際の煙道ガスの圧力降下を最小化するに十分大きいことが有益である。孔開けプレートは、その出口側における開口率が ~ 2 5 % であり、孔の直径は触媒床材料またはペレットの直径の ~ 1 / 2 であることから、ルーバー構造に代替させ得る。例示した実施例では触媒粒子は円筒状でありその平均粒径は 3 mm であり、L / D 比は約 1 から約 4 までである。何れにせよ、孔開けプレート 5 1 の孔 5 3 の直径は、各孔の面積が触媒粒子の平均粒径のほぼ 2 5 % であるようなものである。移動床通路 6 0 を通る固形物の下方流れを助長するため、入口側の第 1 ルーバー 4 2 は図 4 D に示すように垂直方向から若干傾斜させ得る。あるいは図 4 E に示すように、孔開けプレート 5 1 よりも下流側を垂直方向から若干傾斜させ得、または図 4 F に示すように、入口側の第 1 ルーバー 4 2 と下流側の孔開けプレート 5 1 の両方を垂直方向から若干傾斜させ得る。“垂直方向から若干傾斜させ”とは、第 1 ルーバー 4 2 または孔開けプレート 5 1 の構成が、移動床通路 6 0 の中心から、当該移動床通路 6 0 を通る触媒粒子の流れ方向に相当する下流側の方向に若干離れるように角度付けされることを意味するものとする。これにより、移動床通路 6 0 を通る触媒粒子の流れが助成されると共に、当該流れへの粒状物同伴傾向が低減されると考えられる。例えば米国特許第 5 , 1 6 7 , 9 3 1 号及び同 5 , 2 6 6 , 2 8 8 号を参照されたい。図 4 G には、ハウジング 3 6 内における、入口側のルーバー及び出口側の孔開けプレートの構成が示される。

## 【 0 0 3 9 】

入口側の第 1 ルーバー 4 2 は、移動床反応器 3 0 に入る煙道ガスにより運ばれるフライアッシュによる詰まりの恐れが低下されることから好ましいが、詰まりを生ずる恐れが少ない場合及びまたは粒状物収集装置を移動床反応器 3 0 の上流側に使用する場合は、上流側の孔開けプレート 4 1 及び下流側の孔開けプレート 5 1 を共に使用し、触媒粒子を移動床通路 6 0 を通して搬送させ得る。当該実施例は図 4 H に示される。やはり先に説明したように、孔開けプレート 4 1 を垂直方向から若干傾斜させて、触媒粒子が移動床通路 6 0 を通過し易くさせ得る。

## 【 0 0 4 0 】

上述した移動床反応器 3 0 はその対向する各端部間で実質的に横断方向に延在し、第 1 ルーバー 4 2 及び第 2 ルーバー 5 2 (または孔開けプレート 4 1、5 1、または第 1 ルーバー及び孔開けプレート 5 1 の組み合わせ) が前記各端部間を好ましく伸延する。従って、運転中は、移動床通路 6 0 内に配置され且つ当該移動床通路内を移動する触媒粒子は、実質的に平坦で且つ垂直方向に伸延する粒子層を形成し、当該粒子層が、対向する第 1 及び第 2 の各のルーバースタック 4 0 及び 5 0、または孔開けプレート 4 1 及び 5 1、または第 1 ルーバー 4 2 及び孔開けプレート 5 1 の組み合わせ、の各間部分内を通して全体に下方に移動する。触媒床はガス流れ方向における厚さを有し、当該厚さは、特定実施例に依存するが、第 1 及び第 2 の各のルーバー 4 2 及び 5 2、または孔開けプレート 4 1 及び 5 1、または第 1 ルーバー 4 2 及び孔開けプレート 5 1 の、各間部分間の同一方向での距離に近似する。移動床反応器 3 0 を下流側に向かう触媒粒子の直線速度は、以下に詳しく説明する固定層のそれに近似するような比較的遅いものであることが好ましい。

## 【 0 0 4 1 】

図 5 及び図 5 A を参照するに、S C R が、上述した如き移動床反応器 3 0 を複数備える状況が例示され、各移動床反応器 3 0 は所望の N O x 還元 (及び H g 酸化) を提供するべく構成されている。S C R は、当該 S C R を通る煙道ガス流れ方向に関して平行に配置した複数の移動床反応器 3 0 を含むことが好ましい。図 5 及び図 5 A にはそうした構成の 2 つが夫々例示される。詳しくは、図 5 A には実現可能な構成の 1 つの平面図が示され、

幾つかの移動床反応器 30 が S C R 70 の対向する各端部壁 72 及び 74 の間部分内でアコーディオン形態下に配置されている。図 5 に矢印で示すように、煙道ガスは S C R 70 を通して表層流状況下に S C R 方向に接近し（図 5 では垂直方向）、移動床反応器 30 を貫く横断方向通路（表層流れ方向に関しての）を流動した後、S C R 70 を出る。“表層流れ方向”とは、煙道ガス通路に沿って S C R を通り、煙道ガス通路に沿って当該 S C R の入口及び出口間を通る、煙道ガス流れの全体的なまたは総体的方向を言うものとする。図示したアコーディオン形態において、各移動床反応器 30 の近位端は隣り合う 1 つの移動床反応器 30 の、他方（または場合によっては端部壁 72、74）ではなく近位端と接触する。かくして煙道ガスは、隣り合う移動床反応器 30 の非接触間部分の空間を介して流入し得、移動床反応器 30 を貫いて横断方向に再配行された後、S C R 70 よりも下流側の、隣り合う移動床反応器間の交互する開口部を介して流出する。図 5 A には他の実施例が例示され、S C R 内で移動床反応器 30 が垂直形態下に相互に平行配置され、各端部壁 72 及び 74 間で表層流方向に伸延されている。本実施例では煙道ガスは、隣り合う全ての移動床反応器対間の開口部が一連の第 1 パネル 75 で閉鎖されるため当該開口部からは流入できない。一連の第 2 パネル 76 が、S C R 70 よりも下流側端部位置の交互する各開口部を閉鎖する。

10

#### 【0042】

移動床はそれ自体が優れた粒状物捕集装置であり、一般に、従来の E S P の第 4 または最終フィールドの粒状物捕捉能力を持っている。なぜなら E S P の最終フィールドにおける捕集物の殆どは、先行する各フィールドからのラッピング飛沫同伴であるからである。しかしながら、E S P が 4 つのフィールド全てを使用しないと満足に動作しない場合は、フィールドの 1 つを S C R として犠牲にするのはリスクが大き過ぎる。その場合は図 3 に示す構成が好ましい。

20

#### 【0043】

一般に、S C R での N O x 還元または N O x の直接的破壊用に最適化されたある触媒と、水銀酸化用に最適化された他の触媒 / 反応体との混合物が同じ移動床内で使用される。この形態では 2 つの触媒は以下に説明する同じ再生ステップを経る。2 つの移動床反応器または移動床反応器 30 の各バンク 78 及び 79 を S C R 70 内で直列配置した別態様が図 6 に例示される。本実施例では移動床反応器 30 の各バンクは、各バンク 78 及び 79 内で循環する異なる触媒 / 反応体が、別個の反応を用いる別個の再生ステップに従って処理され得るよう、別個のホッパと、粒子コンベヤと、再生システムとを使用し得る。本実施例は、例えば、バンク 78 内の触媒により実施され得る N o x 還元と、バンク 79 内の触媒により実施され得る水銀酸化のための別個の触媒及び別個の再生システムを用いることが望ましい場合に採用され得る。

30

#### 【0044】

従来型の S C R を横断しての圧力降下は水ゲージで約 10 c m ( 4 インチ ) ( ~ 1 k P a ) である。パワートレインでの約 2 . 54 c m ( 1 インチ ) の圧力降下は、一般に発電プラントのサイクル効率における約 0 . 05 % の損失に匹敵すると推定される。そのため、従来の S C R は代表的には発電サイクル効率を約 0 . 2 % 低下させる。発電プラントのオペレーターや発電ユーティリティでは当該損失を重要視している。従って、水ゲージでの約 10 c m ( 4 インチ ) の圧力降下は、ここで議論する 1 つ以上の移動床反応器 30 を含む新規構造を含む新型 S C R における設計上の許容上限と考えることが望ましい。そのためには、圧力降下を有意に増大させることなく、式 1 における生成物  $a_p$  の量を著しく増大させる必要がある。

40

#### 【0045】

低い圧力降下、高い  $a_p$  量、触媒の連続的再生及び再利用、の各条件は、図 4 及び図 5 に示され且つ上述した、移動床反応器 30 内で移動触媒床を使用することで全てが満たされる。ここに例示する移動床には、粒状固形物の、実質的に垂直な平面にして、先に説明した対向する第 1 ルーバー 42 及び第 2 ルーバー 52 間の距離により略画定される厚みを有する平面を含む。粒子層は重力下に比較的遅い速度で、好ましくは毎分約 30 c m (

50

1 フィート) 未満、好ましくは毎分約 30 cm (1 フィート) より大きい、例えば、毎分約 20 cm (8 インチ)、毎分約 15 cm (6 インチ)、毎分約 10 cm (4 インチ)、または毎分約 5 cm (2 インチ)、の速度で下方に移動し得る。移動床は各移動床反応器 30 の中心位置で、角度付けした多数のルーバーの、主には、先に説明した第 1 ルーバー 42 及び第 2 ルーバー 52 により支持される。流体力学の観点上、煙道ガスは、移動床がここで説明するような著しく低い直線速度で移動する場合にはあたかも固定層である如き移動床を通過する。従って、緩速で移動する層を通しての圧力降下を、固定層を通しての圧力降下を説明する以下の一連の式を使用して説明できる。

【0046】

【数 4】

10

$$N_{Eu} = \left( \frac{1000}{7.5 N_{Re}} + 2.33 \right) \frac{L}{D_{eq}}$$

$$N_{Eu} = \frac{\Delta P}{\rho_f v_m^2 / 2g_c}$$

20

$$v_s = v_m \epsilon$$

$$D_{eq} = \frac{2}{3} \left( \frac{\epsilon}{1 - \epsilon} \right) \frac{\overline{D}_{32}}{\phi}$$

30

$$N_{Re} = \frac{\rho_f v_m D_{eq}}{\mu_f}$$

ここで、 $N_{Eu}$  = オイラー数、 $N_{Re}$  = レイノルズ数、 $D_{eq}$  = 等価直径、 $\overline{D}_{32}$  = ザウター平均粒径、 $\phi$  = 形状因子、 $v_m$  = 平均流速、 $v_s$  = 空塔速度、 $\epsilon$  = 孔隙率、 $\mu_f$  = 流体粘度、 $\rho_f$  = 流体密度とする。

40

【0047】

これらの式中で容易に制御し得る変数は、通路長  $L$ 、 $\overline{D}_{32}$  で表す触媒サイズ、空塔速度である。触媒の流体特性及び孔隙率は容易に操作し得る変数ではない。比表面積は以下の式において  $\overline{D}_{32}$  と関連する。



【数 5】

$$S_p = \frac{6}{\phi \rho_p \bar{D}_{32}}$$

ここで  $\rho_p$  は粒子密度とする。

【0048】

10

滞留時間は単に  $\tau = L / V_m$  と表せる。式 1 の  $a_p$  を最大化するには現行の空間制約の範囲内で移動床厚（ガス流れ方向での深さ）を最大化し、移動床におけるガスの通過速度を最小化すると共に、ザウター平均粒径を、水ゲージでの約 10 cm（4 インチ）であるところの所望の最大圧力降下に見合うように移動床反応器 30 を設計すべきであることが明らかである。

図 5 の実施例によれば、SCR 用の、煙道ガス流れ面積が最大化され、かくして、移動床におけるガス速度が最小化された移動床反応器 30 構成が提供される。図 5 に示すように、移動床反応器 30 は、アコーディオン形態下に配置される。例示実施例では、移動床反応器 30 は、瀝青炭炊きの 100 メガワットボイラからの煙道ガスを処理する寸法形状の電気集塵機の最終フィールド内で、アコーディオン形態下に嵌装及び配置され得るディメンションを有し得る。本実施例での移動床反応器 30 用の代表的なエンベロープ（エクステリヤ）ディメンションは、例えば、幅約 10 m（34 フィート）、高さ約 12 m（39 フィート）、深さ（流れ方向での）約 6 m（20 フィート）である。第 1 ルーバー 42 及び第 2 ルーバー 52 は、その隣り合う各縁部間に約 25.4 cm（10 インチ）の間隔、床公称厚さ（ガス流れ方向での）約 25.4 cm（10 インチ）、を提供し、また高さ約 12 m（39 フィート）、幅約 6 m（20 フィート）を提供する、相当するディメンションを有し得る。

20

【0049】

上述したように、硫黄被毒を受け易い共通ベースの金属ハロゲン化物または金属酸化物の如き共通ベースの金属触媒を用いて、例えば、約 176.7（350 °F）以下の如き低温下に適切な NO<sub>x</sub> 還元を可能とするために、被毒触媒を再生状態に戻す再生システムを使用し得る。図 7 には上述した移動床反応器と組み合わせて、好ましくは閉ループ触媒循環システムにおいて使用可能な再生システムの 1 実施例が示される。移動床反応器 30 の出口 64 から抜き出された触媒が、移動床または流動層形態化に運転され得る再生用反応器 80 に送給され得る。触媒被毒は主に煙道ガス中の SO<sub>x</sub>、からの硫酸化反応、例えば、 $\text{CuO} + \text{SO}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{CuSO}_4$  によって起きる。この硫黄被毒反応は約 398.9（750 °F）の温度下に測定可能な速度において進行する。ここで開示する移動床反応器 30 は約 148.9（約 300 °F）の温度下に作動される。つまり、煙道ガス流れ方向においてエアヒーターよりも好ましくは下流側にある。かくして、硫黄被毒の速度及び程度は小さく、再生用反応器 80 を比較的小さいデサルフェーション負荷用に寸法形状付けし得る。好ましい実施例では、高温、例えば約 448.9（840 °F）の天然ガス（メタン、CH<sub>4</sub>）を注入して、硫酸化された触媒が再生される。この反応は、 $\text{CuSO}_4 + \frac{1}{2} \text{CH}_4 \rightarrow \text{Cu} + \text{SO}_2 + \frac{1}{2} \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ 、に従い進行する。Cu はその後、O<sub>2</sub> の存在下に酸化され、活性の “SCR - of - NO<sub>x</sub>” 状態に戻る。硫酸塩再生システムからの排気物は主に空気と、少量の SO<sub>2</sub> 及び CO<sub>2</sub> とから成る。図 7 に示すように、この排気物の流れは、移動床反応器 30 または SCR 70 を清掃するための、代表的には下流側に配置されるスクラパー内に搬送され得る。

30

40

【0050】

移動床反応器 30 において、Hg<sup>0</sup> 酸化触媒（CuCl / CuCl<sub>2</sub> または CuBr / CuBr<sub>2</sub>）の一部が、 $\text{Hg}^0 + \text{CuX}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{HgX}_2 + \text{CuO}$ 、に従い、CuO に不

50

可逆的に変換される。ここで、 $X$ は $Cl$ または $Br$ を表す。天然ガスによる触媒の脱硫／再生の後、ハロゲン( $X_2$ )またはハロゲン化水素( $HX$ )を $Hg^0$ 酸化触媒と接触させてその活性種を再生させる(図7参照)。 $Hg^0$ 酸化触媒の再生は約 $110 \sim 148.9$ ( $230 \sim 300^\circ F$ )の範囲の温度下に開始される。高塩素瀝青炭を燃焼させるにはハロゲン化処理が不要となり得る。その場合、 $Hg^0$ 酸化触媒を煙道ガス中のハロゲン化水素によりその場で連続的にハロゲン化させ得る。触媒再生には、ガス、蒸気、流体、固体、またはそれらの組み合わせの如き洗浄物質を使用して触媒を再活性化させることも含まれ得る。また、図示しないが、その範囲とすべき所定温度範囲が要求される場合に、単数あるいは複数の移動床反応器30の上流側をガス予熱することが望ましい場合がある。あるいは、そうしたガス余熱を使用することで、単数あるいは複数の移動床反応器30を煙道ガス脱硫装置13よりも下流側位置に再配置させ得る。そうした再配置位置で煙道ガス14を洗浄してフライアッシュや大抵の硫黄酸化物及びその他汚染種を除去するが、洗浄後の煙道ガスは低温触媒の適正触媒活性に関して過低温のため、ガス余熱して所望温度とする必要がある。

#### 【0051】

ここに開示する移動床反応器30によれば、 $NO_x$ 還元用に $SCR$ 70に組み込んだ場合に数多くの利益が提供される。そうした利益には、低温下での $NO_x$ 還元及び水銀酸化の同時実行が可能になり、より安価な触媒が使用可能となり、従来の $SCR$ におけるよりも後付けが容易となり、既存の $ESP$ 内に単数あるいは複数の移動床反応器30を配置可能となり発電プラントのサイクル効率上の影響が小さく、フライアッシュの影響が小さく、エアヒーター表面への重硫酸アンモニウム付着が排除され、性能上の負荷動揺の影響が小さい、ことが含まれる。

#### 【0052】

詳しくは、従来の硫黄耐性金属による $SCR$ 触媒のコストは、発電プラントの1メガワット容量当たり1万ドルのオーダーである。従来の $SCR$ 触媒に匹敵するが、しかしエアヒーター出口温度(例えば約 $121.1 \sim 176.7$ ( $250 \sim 350^\circ F$ ))下に必要 $a_p$ 量を実現するに十分な銅酸化物触媒の1メガワット当たりのコストは約2000ドルである。鉄酸化物触媒はそれよりも尚、幾分安価である。エアヒーター出口温度下に $SCR$ 用の従来のモノリス金属触媒を使用するには、1メガワット当たりのコストが5万ドルを超えるプラチナのような貴金属触媒が必要となる。

移動床の場合、触媒を混合させることで、 $NO_x$ 還元及び水銀酸化を共に容易に達成し得る。これにより、発電プラントの特定ニーズに応じた $NO_x$ 還元及び水銀酸化の特定条件に触媒を適応させ得る。

#### 【0053】

既存の発電プラント内に $SCR$ を後付けするための1メガワット当たり5～6万ドルのコストの1/3は、ボイラエコノマイザとエアヒーターとの間の入手可能な限定スペース内への $SCR$ 嵌装が困難であることによるものである。発電プラント全体の設計及び建設上、 $SCR$ の組み込み位置は地上約30m(100フィート)以上になる。この場合は $SCR$ 組み込みを容易化するためにボイラを長期間停止させる必要が生じる。この期間中は発電不可能なため、発電プラントオペレーターは当該組み込み期間中の売上げが無くなる。対照的に、エアヒーターを出る煙道ガスにおける一般的な低温下に有効に $NO_x$ 還元(及び元素水銀酸化)を実施し得る $SCR$ は地上レベルで組み込み可能であり、比較的短期間の発電停止期間中に集塵機( $ESP$ )とスタック(または $FGD$ システム)との間でパワートレイン内に簡単に割り込ませ得る。これにより、従来設備における、エアヒーターの上流側の、当該エアヒーターとエコノマイザとの間の空間的制約に関する問題が排除される。 $ESP$ の空きフィールドを利用して、ここに説明する移動床反応器30を格納し、本質的に低温型 $SCR$ に変換させる場合、 $ESP$ で使用する最初のフィールドを取り外し、内部電装品(電極及び集塵プレート)を $ESP$ から吊り出し、新規の移動床反応器30を持ち上げ且つ然るべく設置し、これら全ての作業を地上レベルで実施する。ボイラが、多数の $ESP$ を含む多数の煙道ガストレインをその後端部に備える場合、組み込み作業継

10

20

30

40

50

続中にユニットが低負荷状態下に発電を継続し得るよう、各ESPを一度に1つ嵌装させる。

#### 【0054】

従来のSCRは少なくとも2つの意味で発電プラントにマイナスの影響を与える。その1つは、先に言及した如き圧力降下である。ここに開示する移動床反応器30では、圧力降下は、移動床を横断する煙道ガス流れを強制的に一樣化させるのでNO<sub>x</sub>還元上有益であるという主たる理由のため、圧力降下に関する改善は提供されない。従来のSCR後付け法における他の大きなエネルギーペナルティは、エコノマイザの周囲にバイパスされる煙道ガスが、SCR入口位置での、特に負荷変動または触媒の経時変化に際しての温度制御手段を提供することである。この流れにおける熱エネルギーの一部は蒸気サイクルで失われる。損失エネルギーの幾分か（しかし全てではない）はエアヒーターにより回収される。例えば、SCR入口位置での煙道ガス温度が約37.8（100°F）上昇すると、エアヒーターを出る煙道ガス温度は約10（50°F）上昇する。この例ではボイラ効率はおおよそ0.5%低下する。

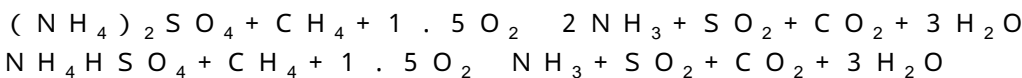
10

#### 【0055】

SCR反応器の上流側にアンモニアを注入して、先に言及した如くNO及びNO<sub>2</sub>との反応のための還元剤を提供させ得る。従来のSCRの高い運転温度下に生じる所望されざる副反応には、硫酸アンモニウムエアロゾル及び重硫酸アンモニウムエアロゾルを形成する、アンモニア、水蒸気、三酸化硫黄間の反応が含まれる。硫酸アンモニウムエアロゾルは発電プラント運転上重要ではない固体エアロゾルを形成するが、重硫酸アンモニウム（NH<sub>4</sub>HSO<sub>4</sub>）は融点が約147.2（297°F）である。重硫酸アンモニウムエアロゾルは、強酸塩で且つ弱塩基性であるために酸性且つ液状体であり、エアヒーター表面上に付着し易く、付着部分にフライアッシュが集積されると運転上の問題や腐食が長引く問題が生じる。対照的に、下流側（煙道ガス流れ方向での）に組み込んだ低温型SCRのそれを含む、エアヒーターよりも下流側の大抵の表面の融点は、重硫酸アンモニウムのそれに近いまたはそれ以下である。従って、重硫酸アンモニウムの表面付着は、ここに開示する低温型SCRでは重要な問題とはならない。移動床反応器30の場合、硫酸アンモニウムまたは重硫酸アンモニウムが触媒表面上に付着したとしても、天然ガスを使用しての、定期的、連続的な触媒再生により、そうした付着物を連続ベースで除去または分解する、以下の反応に従うメカニズムを提供する。

20

30



#### 【0056】

上述した如く、既存のESP内でエアヒーターよりも下流側への一連の移動床反応器30またはバンクを組み込むことで、後付け環境下での移動床SCR実装コストが最小化され得る。しかしながら、スタンドアロン型の移動床反応器30またはそのバンクを煙道ガス流れとインラインとして配置することで、エアヒーターまたはESPの任意よりも下流側地点に、ここに開示した各実施例に従うSCRを提供させ得る。

1つまたは複数の移動床反応器を実装してSCR内で移動触媒床と煙道ガスとを接触させることで、煙道ガス中にも存在し得るSO<sub>x</sub>化合物による移動被毒を受け易いにも拘わらず、もっと多くの且つ安価な共通ベースの金属触媒を使用してNO<sub>x</sub>及びHgを低減させ得る。これは、触媒床中に新規な触媒が連続的に導入され得るからである。消費された触媒、例えば、硫黄被毒により劣化した触媒粒子もまた触媒床から連続的に除去され得、廃棄され得または再生されて触媒床中に再導入（後者が好ましい）され得る。これらの共通ベースの金属触媒の多くが、NO<sub>x</sub>還元の際にその他の硫黄耐性金属酸化物相当物よりも活性化エネルギーが小さいことから、これらの共通ベースの金属触媒を移動床反応器内で用いるSCRでは、煙道ガスをNO<sub>x</sub>還元容易化のための如く高温化する必要がないことから、エアヒーターよりも下流側に配置し得る。

40

#### 【0057】

これにより、SCRをもはやエアヒーターの上流側に配置する必要がなくなり、エアヒ

50

ーターの上流側に配置した場合に生じる、そうでなければ流入燃焼空気の余熱に使用し得た熱エネルギーの損失が無いことから、発電用ボイラ装置の効率が改善される。更には、エコマイザの周囲にバイパスラインを配置して $\text{NO}_x$ 還元における硫黄耐性金属触媒用の適正な煙道ガス温度を保証する必要性は完全に排除される。これにより、伝統的なSCR後付け形態における別の効率損失源が排除される。ここに開示する移動床反応器で使用する触媒粒子としては、高価な硫黄耐性金属を実質的に有さないものであることが好ましい。つまり、そうした硫黄耐性金属は、仮に存在するとしても、不可避不純物としてかあるいはそうでなければ $\text{CuCl}$ または $\text{CuCl}_2$ の如き、好ましい共通ベースの金属または金属酸化物触媒化合物の従来の供給源中に通常含まれる少量において存在するに過ぎない。ここに開示する移動床反応器で共通ベースのメタル触媒を使用する場合、煙道ガス中の $\text{NO}_x$ の少なくとも40%、より好ましくは少なくとも50、60、70、80、90、または95%が、約121.1~176.7 (250~350°F)の範囲の温度下に、当該移動床反応器内の触媒粒子と接触(例えば、同様に存在するアンモニア還元剤との触媒反応を介して)することにより減少される。好ましい実施例では、同じく煙道ガス中の全ての元素水銀の、少なくとも40%、より好ましくは少なくとも50、60、70、80、90、または95%が、 $\text{NO}_x$ 還元及びHg酸化用に有効な別個の触媒種を含み得る触媒粒子と接触して酸化されて高酸化状態化される。上述したように、そうした別個の触媒種は混合により複合触媒混合物を形成し得、またはSCRが、一方が $\text{NO}_x$ 還元触媒と、他方がHg酸化触媒と直列配置した2つの別個の移動床反応器のバンクを含み得る。

10

20

#### 【0058】

以上、本発明を実施例を参照して説明したが、本発明の中で種々の変更をなし得ることを理解されたい。例えば、ここでは主に石炭炊きボイラに関して説明したが、ここに説明する移動床SCRテクノロジーは、 $\text{NO}_x$ 及びその他の、廃木材、バイオマス燃料、一般廃棄物及びゴミのようなその他燃料炊き式のものを含む任意のその他形式の既存ボイラまたは燃焼チャンバからの煙道ガス中のその他の排出物(例えばHg)の制御または低減にたいして適用させ得る。他の例として、共通ベースの金属酸化物または、銅ベースのもの以外の塩化合物もまた、上述した移動床反応器内で使用し得る。以上の全ての説明は付随する請求の範囲に含まれる本発明の精神及び範囲内において考慮されるべきである。

30

#### 【符号の説明】

#### 【0059】

- 3 ボイラ
- 4 エコマイザ
- 5、14 煙道ガス
- 6 高温煙道ガス
- 8 エアヒーター
- 13 FGDシステム
- 13 煙道ガス脱硫装置
- 30 移動床反応器
- 32 上流側
- 34 下流側
- 36 反応器ハウジング
- 40 第1のルーバースタック
- 41、51 孔開けプレート
- 42 第1ルーバー
- 50 第2のルーバースタック
- 52 第2ルーバー
- 53 孔
- 60 移動床通路
- 62 入口

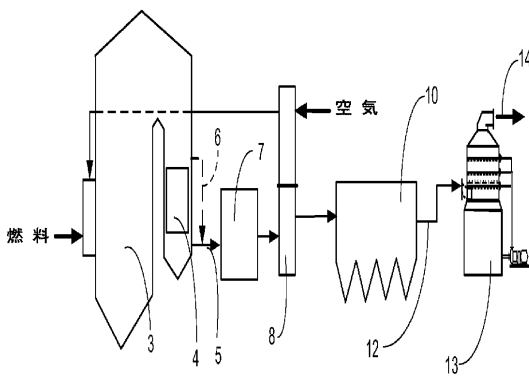
40

50

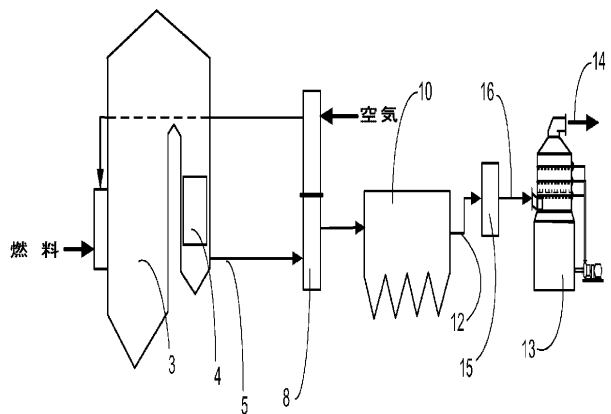
- 6 4 出口
- 6 6 排出装置
- 7 2 端部壁
- 7 5 第 1 パネル
- 7 6 第 2 パネル
- 7 8、7 9 バンク
- 8 0 再生用反応器
- 8 2 サイクロン式レシーバ
- 8 4 仕分け装置
- 8 6 触媒再生装置
- 8 8 計量装置
- 9 0 触媒補充源
- 9 2 計量装置

10

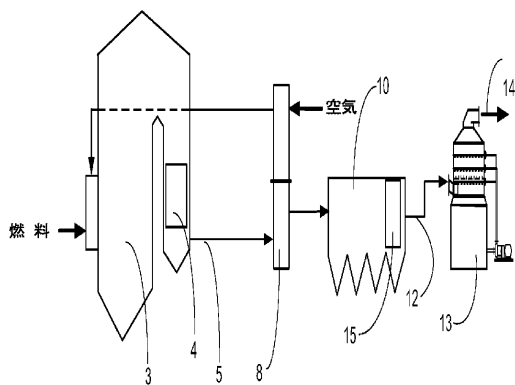
【 図 1 】



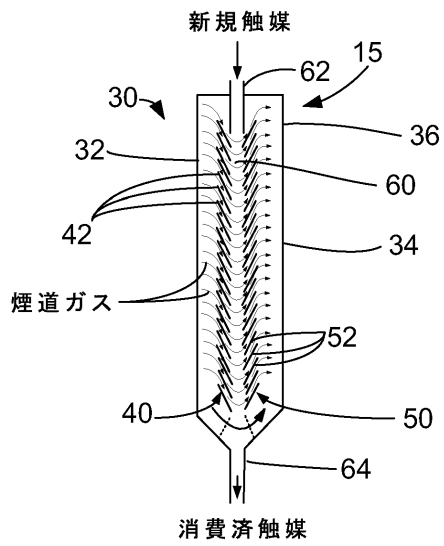
【 図 3 】



【 図 2 】



【 図 4 】



【 図 4 A 】

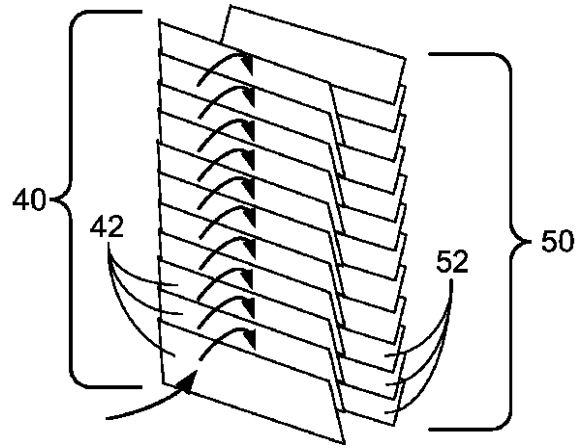


FIG. 4A

【 図 4 B 】

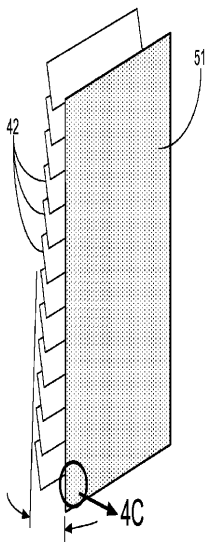


FIG. 4B

【 図 4 C 】

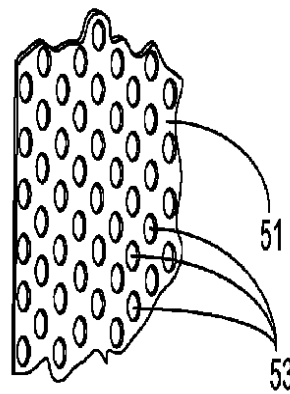
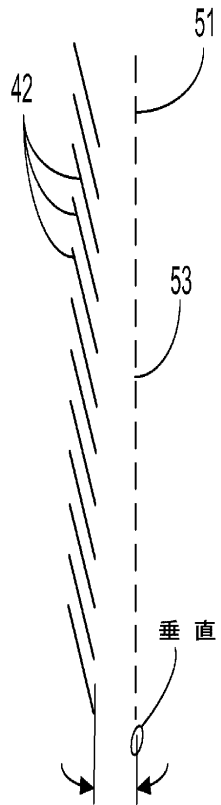
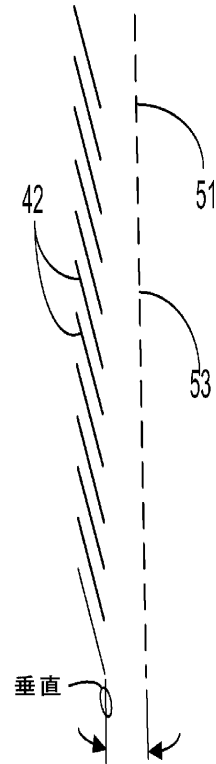


FIG. 4C

【図 4 D】



【図 4 E】



【図 4 F】

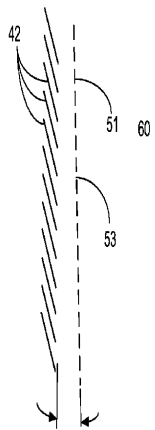
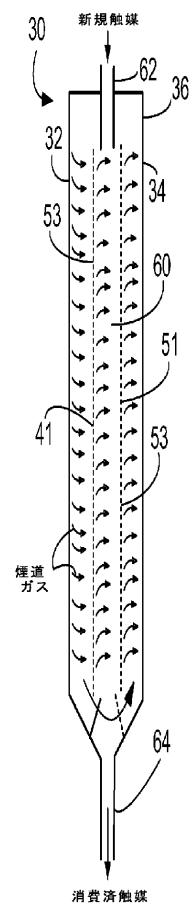


FIG. 4F

【図 4 G】



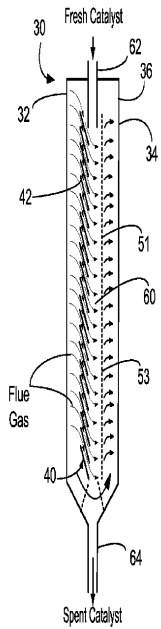
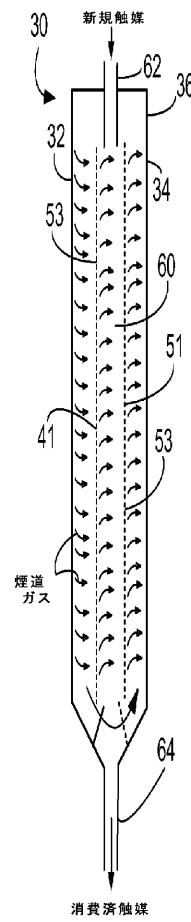
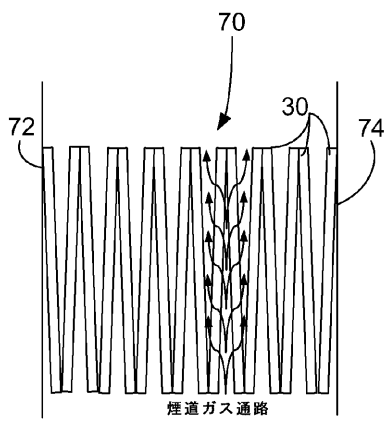


FIG. 4G

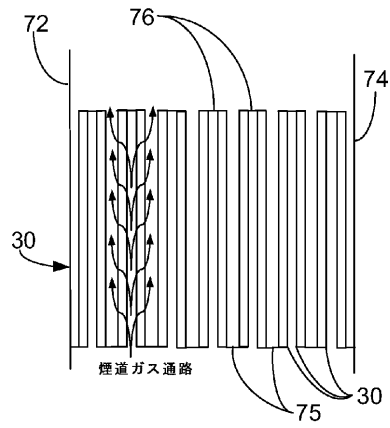
【図 4 H】



【図 5】



【図 5 A】



【図 6】

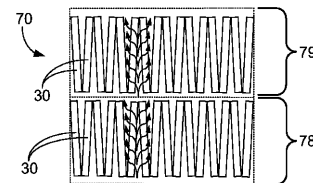
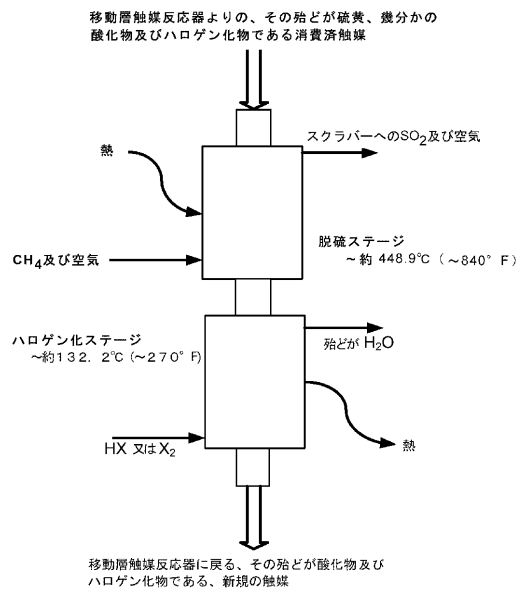


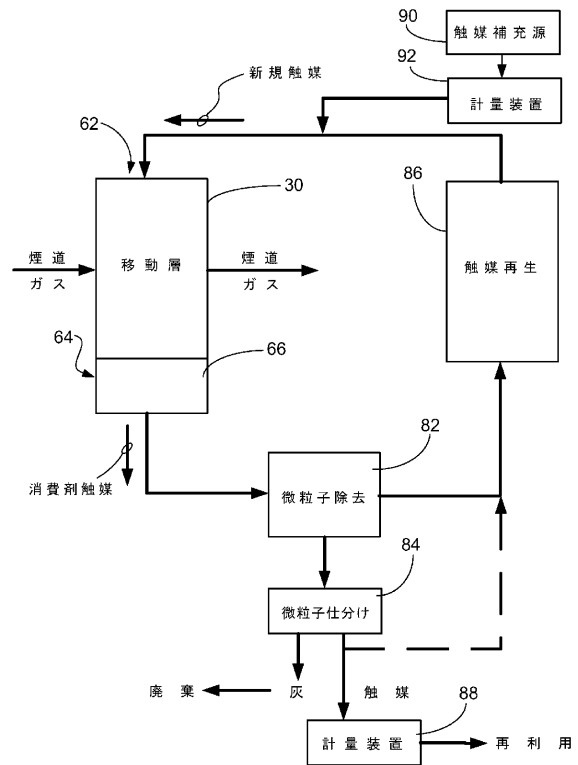
FIG. 6



【 図 7 】



【 図 8 】



## 【 国際調査報告 】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/US 08/72103

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC(8) - B01D 53/34; B01J 8/12; C01B 21/02 (2008.04)  
USPC - 423/239.1

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC(8) - B01D 53/34; B01J 8/12; C01B 21/02 (2008.04)  
USPC - 423/239.1

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
IPC(8) - B01D 53/34; B01J 8/12; C01B 21/02 (2008.04)  
USPC - 423/239.1 (text search)

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)  
PubWEST(USPT, PGPB, EPAB, JPAB); EBSCOHost, ECO; Google, Google Scholar.  
Search Terms: moving bed, selective catalytic reduction, regeneration, louver, slat, perforated plate, reduction, SCR, low temperature.

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 5,413,699 A (CHOU) 09 May 1995 (09.05.1995), col 3, ln 27-30; col 3, ln 40-42; col 4, ln 10-15; col 4, ln 25-col 6, ln 3-7; col 6, ln 10-12; col 6, ln 20-22 and figure 3.	1-33
Y	US 5,344,616 A (BRUGGENDICK) 06 September 1994 (06.09.1994), col 1, ln 45-45; col 1, ln 51-52; col 2, ln 21-23; col 4, ln 15-18; col 4, ln 42; col 4, ln 53-54; col 4, ln 67-68; col 5, ln 1-2; col 6, ln 19; figures 1 and 3.	1-33
Y	US 2007/0149394 A1 (FAN et al.) 28 June 2007 (28.06.2007), para [0013], [0026]-[0028], [0051], [0053], [0054]; figure 2.	8-10, 16-18, 20, 22, 25-30
Y	US 6,322,613 B1 (WOJTOWICZ et al.) 27 November 2001 (27.11.2001), col 5, ln 1-5; col 5, ln 9; col 5, ln 16; figure 2.	12-15, 23-24
Y	US 4,960,447 (BRUGGENDICK et al.) 02 October 1990 (02.10.1990), col 1, ln 13-15; col 1, ln 18-20 and figure.	33

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

## \* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

12 October 2008 (12.10.2008)

Date of mailing of the international search report

04 NOV 2008

Name and mailing address of the ISA/US

Mall Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450  
Facsimile No. 571-273-3201

Authorized officer:

Lee W. Young

PCT Helpdesk: 571-272-4300  
PCT OSP: 571-272-7774

## フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

(72)発明者 ウィリアム・ダウンズ

アメリカ合衆国 4 4 6 0 1 オハイオ州アライアンス、シューベルト・アベニュー 8 6 4 5

(72)発明者 セイード・ビー・ゴリシ

アメリカ合衆国 4 4 6 8 5 オハイオ州ユニオンタウン、コルビー・ストリート・エヌダブリュ 3 9 6 4

(72)発明者 ラルフ・ティ・ベイリー

アメリカ合衆国 4 4 6 8 5 オハイオ州ユニオンタウン、エヌダブリュ、メドウ・レーン・アベニュー 1 1 6 7 2

(72)発明者 ケヴィン・ジェイ・ロジャース

アメリカ合衆国 4 4 2 8 1 オハイオ州ワズワース、クレストウッド・アベニュー 2 7 7

Fターム(参考) 4D048 AA06 AA16 AB01 AB02 AC04 BA41Y BB01 CA07 CB01 CC33

CC52 CD05 CD08 DA03 DA06 DA07 DA20