

(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2018-522200

(P2018-522200A)

(43) 公表日 平成30年8月9日(2018.8.9)

(51) Int.Cl.

F23D 14/24

(2006.01)

F 1

F 2 3 D 14/24

テーマコード(参考)

A 3 K O 1 9

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2018-504730 (P2018-504730)  
 (86) (22) 出願日 平成28年7月19日 (2016.7.19)  
 (85) 翻訳文提出日 平成30年3月22日 (2018.3.22)  
 (86) 國際出願番号 PCT/US2016/042895  
 (87) 國際公開番号 WO2017/023530  
 (87) 國際公開日 平成29年2月9日 (2017.2.9)  
 (31) 優先権主張番号 62/199,546  
 (32) 優先日 平成27年7月31日 (2015.7.31)  
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(71) 出願人 505163578  
 ヌヴェラ・フェュエル・セルズ, エルエルシ  
 ー  
 アメリカ合衆国マサチューセッツ州018  
 21, ビルリカ, コンコルド・ロード 1  
 29, ビルディング 1  
 (74) 代理人 100140109  
 弁理士 小野 新次郎  
 (74) 代理人 100118902  
 弁理士 山本 修  
 (74) 代理人 100106208  
 弁理士 宮前 徹  
 (74) 代理人 100120112  
 弁理士 中西 基晴

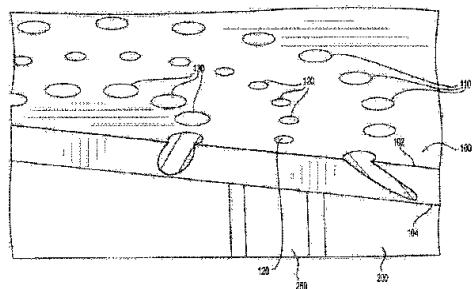
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 NO<sub>x</sub> 放出が低減されたバーナーアセンブリ

## (57) 【要約】

本開示は、熱源を生成用のバーナーアセンブリに関する。バーナーアセンブリは、第1の表面及び第2の表面を有する燃焼プレートを含んでよい。燃焼プレートは、第1の円状に配列された第1の表面から第2の表面に延在する第1の複数の穴および第2の円状に配列された第1の表面から第2の表面に延在する第2の複数の穴を含んでもよい。第1の円及び第2の円は同心円に配列してもよい。バーナーアセンブリは更に穴の少なくとも1つが燃焼プレートの面から第1の鋭角で延在する縦軸を有するように設計されてもよい。バーナーアセンブリは更に穴の少なくとも1つが燃焼プレートの面の1つの同心円の接線から第2の鋭角で延在する縦軸を有するように設計されてもよい。

【選択図】図3



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

第1の表面および第2の表面を有する燃焼プレートであり、

第1の円状に配列された、第1の表面から第2の表面に延在する第1の複数の穴と、

第2の円状に配列された、第1の表面から第2の表面に延在する第2の複数の穴とを含み、

第1の円および第2の円は同心円であり、

該穴の少なくとも1つは、該燃焼プレートの面から鋭角で延在する縦軸を有する燃焼プレート、

を有する、バーナーアセンブリ。

10

**【請求項 2】**

第1の複数の穴の少なくとも1つが、前記燃焼プレートの面から第1の鋭角で延在する縦軸を有する、請求項1に記載のバーナーアセンブリ。

**【請求項 3】**

第2の複数の穴の少なくとも1つが、前記燃焼プレートの面から第2の鋭角で延在する縦軸を有する、請求項2に記載のバーナーアセンブリ。

**【請求項 4】**

第1の複数の穴の少なくとも1つが、前記燃焼プレートの面の前記同心円のうちの1つの接線から第3の鋭角で延在する縦軸を有する、請求項3に記載のバーナーアセンブリ。

**【請求項 5】**

第2の複数の穴の少なくとも1つが、前記燃焼プレートの面の前記同心円のうちの1つの接線から第3の鋭角で延在する縦軸を有する、請求項3に記載のバーナーアセンブリ。

20

**【請求項 6】**

第1の複数の穴の少なくとも1つが、前記燃焼プレートの面の前記同心円のうちの1つの接線から第2の鋭角で延在する縦軸を有する、請求項2に記載のバーナーアセンブリ。

**【請求項 7】**

第2の複数の穴の少なくとも1つが、前記燃焼プレートの面から第3の鋭角で延在する縦軸を有する、請求項6に記載のバーナーアセンブリ。

**【請求項 8】**

第2の複数の穴の少なくとも1つが、前記燃焼プレートの面の前記同心円のうちの1つの接線から第3の鋭角で延在する縦軸を有する、請求項6に記載のバーナーアセンブリ。

30

**【請求項 9】**

第3の円状に配列された第1の表面から第2の表面に延在する第3の複数の穴をさらに含み、ここで第1の円、第2の円、および第3の円は同心円であり、第3の円は、第1の円と第2の円との間に挟まれている、請求項1に記載のバーナーアセンブリ。

**【請求項 10】**

第3の複数の穴の少なくとも1つが、前記燃焼プレートの面から鋭角で、かつ前記燃焼プレートの面の前記同心円のうちの1つの接線から鋭角で延在する縦軸を有する、請求項9に記載のバーナーアセンブリ。

**【請求項 11】**

第3の複数の穴の少なくとも1つが、前記燃焼プレートの面から第1の鋭角で、かつ前記燃焼プレートの面の前記同心円のうちの1つの接線から第2の鋭角で延在する縦軸を有する、請求項9に記載のバーナーアセンブリ。

40

**【請求項 12】**

前記燃焼プレートの第2の表面に取り付けられ、第1の複数の穴に流体連結された端部を有する、第1のチャンバー、および

第1のチャンバーに空気流が供給されるように設計された第1の入口をさらに含む、請求項1に記載のバーナーアセンブリ。

**【請求項 13】**

前記燃焼プレートの第2の表面に取り付けられ、第2の複数の穴に流体連結された端部

50

を有する、第2のチャンバー、および

第2のチャンバーに燃料ガス流が供給されるように設計された第2の入口をさらに含む、請求項1に記載のバーナーアセンブリ。

【請求項14】

前記穴が、第1の複数の穴から排出された空気流と、第2の複数の穴から排出された燃料ガス流との混合を増加させ、前記燃料ガス流の燃焼中に旋回する燃焼炎を生成するように設計されている、請求項1に記載のバーナーアセンブリ。

【請求項15】

前記旋回する燃焼炎の温度が、第1の表面に近接して約20から1900の範囲となりうる、請求項14に記載のバーナーアセンブリ。

10

【請求項16】

前記鋭角が、約15°から約75°の範囲である、請求項1に記載のバーナーアセンブリ。

【請求項17】

バーナーアセンブリから熱源を提供するための方法であって、

燃料ガス流を、燃焼プレートの第1の表面から第2の表面に延在する第1の複数の穴に通すこと、

空気流を、該燃焼プレートの第1の表面から第2の表面に延在する第2の複数の穴に通すこと、および

該穴を通った該燃料ガス流および該空気流を燃焼させること

20

を含み、

ここで第1の複数の穴は、第1の円状に配列されており、第2の複数の穴は、第2の

円状に配列されており、第1の円および第2の円は、同心円であり、

該穴の少なくとも1つは、該燃焼プレートの面から鋭角で延在する縦軸を有する、上記方法。

【請求項18】

前記燃料ガス流および前記空気流を、前記穴に接線速度で通すこと、および燃焼中に旋回する燃焼炎を生成すること

をさらに含む、請求項17に記載の方法。

【請求項19】

前記旋回する燃焼炎の温度を、前記バーナーアセンブリからのNO<sub>x</sub>放出を制限するレベルまたはそれ未満に制御することをさらに含み、前記旋回する燃焼炎の温度が、第1の表面に近接して約20から1900の範囲となりうる、請求項18に記載の方法。

30

【請求項20】

改質器と、

バーナーアセンブリと

を有する水素を生成するための水素発生システムであって、

バーナーアセンブリは、第1の表面および第2の表面を有する燃焼プレートを含み、該燃焼プレートは、

第1の円状に配列された、第1の表面から第2の表面に延在する第1の複数の穴、および

40

第2の円状に配列された、第1の表面から第2の表面に延在する第2の複数の穴を含み、

第1の円および第2の円は同心円であり、

穴の少なくとも1つは、該燃焼プレートの面から鋭角で延在する縦軸を有し、

該バーナーアセンブリは、第1の複数の穴を通った燃料ガス流と第2の複数の穴を通った空気流とを燃焼させて、該改質器に熱源として供給される燃焼排気ガス流を生成するように設計されている、上記方法。

【発明の詳細な説明】

50

## 【技術分野】

## 【0001】

[001]本出願は、参照によりその全体が開示に組み入れられる2015年7月31日付けで出願された米国仮出願第62/199,546号の利益を主張する。

[002]本発明の開示は、NO<sub>x</sub>の形成および/または放出が低減されたバーナーアセンブリおよびバーナーアセンブリを使用する方法に向けられる。

## 【背景技術】

## 【0002】

[003]水蒸気改質は、例えばメタンなどの炭化水素から水素を生産するために広く使用されている方法である。水蒸気改質の基礎的な化学は、炭化水素供給材料と水蒸気との温度駆動式の反応であり、主として水素、水、一酸化炭素、および二酸化炭素の混合物（「合成ガス」）が生成され、これらは時には「改質物」（reformate）と称される。「水蒸気改質器」は主として、2つのモジュール：バーナーアセンブリおよび改質器アセンブリを含む。バーナーアセンブリは、改質器アセンブリに熱エネルギー源を提供し、そこで炭化水素供給材料と水蒸気との間の水蒸気改質反応が起こる。バーナーアセンブリは、一般的に燃料ガスの燃焼によって熱を生成して燃焼排気ガスを生産し、これが放射熱および対流熱伝達を介して改質器アセンブリと相互作用する。

10

## 【0003】

[004]バーナーアセンブリの燃料ガスの燃焼は、高温の発熱反応であり、酸化体（oxidant）、典型的には大気中の空気を必要とする。燃料ガスの燃焼は、空気中に見出される2原子の窒素の高温酸化を介して窒素の熱酸化物（NO<sub>x</sub>）を生産することができ、これは、拡大ゼルドビッチ機構として公知である。NO<sub>x</sub>は、酸化窒素（NO）と二酸化窒素（NO<sub>2</sub>）の両方を包含し、これらは、互いに変換することができる。NO<sub>x</sub>は毒性であり、二酸化炭素やメタンより長い寿命を有する温室効果ガスとして分類される。NO<sub>x</sub>は反応して光化学スモッグや酸性雨を形成することができ、大気中にヒトにとって有毒な対流圏オゾンを形成することもできる。NO<sub>x</sub>はまた、有機化学物質またはオゾンと反応して、様々な毒性生成物や空気中に浮遊する発癌性物質も形成する。様々な国と州が、燃焼バーナー、炉、またはエンジンに関する許容されるNO<sub>x</sub>レベルの厳格な基準を設定している。例えば、カリフォルニア州の南岸大気管理局（Coast Air Quality Management District；SCAQMD）は、規則1146.2に従って、天然ガス燃焼炉のNO<sub>x</sub>放出に対して14ナノグラム/ジュールの制限を設定している。

20

## 【0004】

[005]燃焼中の熱的なNO<sub>x</sub>生成は、高度に温度依存性である。火炎温度は、燃焼中の熱的なNO<sub>x</sub>生成に影響を与える主要な変数である。火炎温度が高い程、燃焼排気ガス中のNO<sub>x</sub>濃度はより高くなり得る。したがって、燃焼炎の温度を低減させることにより、NO<sub>x</sub>の形成および/または放出の低減が起こる可能性がある。NO<sub>x</sub>の形成および/または放出を低減させる方法としては、バーナーアセンブリ中に例えば隔壁の設計を取り入れることによって、燃焼排気ガスを炎に再循環させ、燃料ガスと空気との混合を最適化して、火炎温度を低減させることが挙げられる。しかしながら、このようなバーナーアセンブリは、設計もしくは操作のいずれかが複雑になり過ぎたり、または高額になり過ぎたり、またはラージスケールの工業用水蒸気改質器またはスモールスケールの水蒸気改質器のいずれにとっても不適切になったりする。

30

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0005】

[006]それゆえに、NO<sub>x</sub>の形成および/または放出が低減された熱エネルギー源を提供するための改善されたバーナーアセンブリおよび方法への必要性がある。

40

## 【課題を解決するための手段】

## 【0006】

[007]上述の状況を考慮して、本発明の開示は、NO<sub>x</sub>の形成および/または放出が低

50

減されたバーナーアセンブリおよびバーナーアセンブリを使用する方法に向けられる。

[008]一形態において、本発明の開示は、バーナーアセンブリに向けられる。バーナーアセンブリは、第1の表面および第2の表面を有する燃焼プレートを有していてもよい。燃焼プレートは、第1の円状に配列された、第1の表面から第2の表面に延在する (extending) 第1の複数の穴を含んでいてもよい。燃焼プレートは、第2の円状に配列された、第1の表面から第2の表面に延在する第2の複数の穴をさらに包含していてもよい。第1の円および第2の円は、同心円であってもよく、前記穴のうちの少なくとも1つは、燃焼プレートの面から鋭角で延在する縦軸を有していてもよい。

#### 【0007】

[009]別の形態において、本発明の開示は、バーナーアセンブリから熱源を提供するための方法に向けられる。本方法は、燃料ガス流を、燃焼プレートの第1の表面から第2の表面に延在する第1の複数の穴に通すことを包含していてもよい。本方法はまた、空気流を、燃焼プレートの第1の表面から第2の表面に延在する第2の複数の穴に通すことを包含していてもよい。本方法は、穴を通った燃料ガス流と空気流とを燃焼させることをさらに包含していてもよい。第1の複数の穴は、第1の円状に配列されていてもよい。第2の複数の穴はまた、第2の円状に配列されていてもよい。第1および第2の円は、同心円であってもよく、前記穴のうちの少なくとも1つは、燃焼プレートの面から鋭角で延在する縦軸を有していてもよい。

#### 【0008】

[010]別の形態において、本発明の開示は、水素を生成するための水素発生システムに向けられる。本システムは、改質器アセンブリと、バーナーアセンブリとを有していてもよい。バーナーアセンブリは、第1の表面および第2の表面を有する燃焼プレートを包含していてもよい。燃焼プレートは、第1の円状に配列された、第1の表面から第2の表面に延在する第1の複数の穴を包含していてもよい。燃焼プレートは、第2の円状に配列された、第1の表面から第2の表面に延在する第2の複数の穴をさらに包含していてもよい。第1の円および第2の円は、同心円であってもよく、前記穴のうちの少なくとも1つは、燃焼プレートの面から鋭角で延在する縦軸を有していてもよい。バーナーアセンブリは、第1の複数の穴を通った燃料ガス流と第2の複数の穴を通った空気流とを燃焼させて、改質器アセンブリに熱源として供給される燃焼排気ガス流を生成するように設計されていてもよい。

#### 【0009】

[011]前述の一般的な説明と以下の詳細な説明はいずれも単に典型的で説明的なものにすぎず、特許請求された本発明の開示を限定しないことが理解されるべきである。

[012]添付の図面は、本明細書に取り入れられ本明細書の一部を構成しており、本発明の開示の数々の実施態様を例示し、その記載と共に本発明の開示の原理を説明する役割を果たす。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0010】

【図1】[013]図1は、例示的な実施態様に係るバーナーアセンブリの部分断面図である。

【図2】[014]図2は、例示的な実施態様に係るバーナーアセンブリの概略図である。

【図3】[015]図3は、例示的な実施態様に係るバーナーアセンブリの拡大部分断面図である。

【図4】[016]図4は、例示的な実施態様に係るバーナーアセンブリの例示的な穴の幾何学的な図解である。

【図5】[017]図5は、例示的な実施態様に係るバーナーアセンブリの例示的な穴の概略図である。

【図6】[018]図6は、例示的な実施態様に係るバーナーアセンブリの燃料ガス流および空気流の例示的な速度の概略図である。

【図7】[019]図7は、通常のバーナーアセンブリと例示的な実施態様に係るバーナーア

10

20

30

40

50

センブリとを比較する概略図である。

【図8】[020]図8は、例示的な実施態様に係る水素発生器の概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

[021]本開示は、NO<sub>x</sub>の形成および／または放出が低減されたバーナーアセンブリの例示的な実施態様を参照しながら本明細書に記載されるが、本開示のシステムおよび方法は、様々な種類のバーナーアセンブリ用途で採用することができることが理解される。当業界において通常の技術を有し本明細書で示された教示を利用する者は、全て本開示の範囲内に含まれる追加の改変、適用、実施態様、および等価体の置換を認識するだろう。したがって本開示は、前述のまたは以下の記載によって限定されると考えられるべきではない。

10

【0012】

[022]本開示の他の特徴および利点ならびに可能性のある使用は、以下に示す添付の図面を参照した本開示の説明から、当業者には明らかになるだろう。

[023]図1は、例示的な実施態様に係るバーナーアセンブリ10の部分断面図を描写する。バーナーアセンブリ10は、とりわけ、燃焼プレート100、空気ガスチャンバー200、および燃料ガスチャンバー250を包含し得る。燃焼プレート100は、上面102、下面104、および上面102と下面104との間の予め決定された厚さを有してもよい。燃焼プレート100は、上面102から下面104に延在する、複数の穴110、120、および／または130をさらに有してもよい。一部の実施態様において、燃焼プレート100は、円形、橢円形、長方形、または他の幾何学的形状であってもよい。

20

【0013】

[024]空気ガスチャンバー200は、中空の円柱であってもよく、このような円柱は、一方の端部が燃焼プレート100の下面104に取り外し可能にまたは取り外せないように取り付けられており、他方の端部が底部プレート210に取り外し可能にまたは取り外せないように取り付けられている。空気入口220は、空気ガスチャンバー200に取り付けられていてもよく、さらに、空気流を供給して、燃焼反応のための酸化体を提供するように設計されていてもよい。燃料ガスチャンバー250は、環状の中空管であってもよく、このような中空管は、一方の端部が燃焼プレート100の下面104に取り外し可能にまたは取り外せないように取り付けられており、他方の端部が底部プレート260に取り外し可能にまたは取り外せないように取り付けられている。燃料ガス入口270は、燃料ガスチャンバー250に取り付けられていてもよく、さらに、燃料ガス流を供給して、燃焼反応のための燃料を提供するように設計されていてもよい。一部の実施態様において、空気チャンバー200中に、燃料ガスチャンバー250が封入されていてもよく、さらに、燃料ガス入口270は、例えば底部プレート210を通じて空気ガスチャンバー200を貫通し、燃料ガスチャンバー250に到達してそこに取り付けられてもよい。他の実施態様において、空気チャンバー200は、中空の円柱形の燃料ガスチャンバー250中に封入された環状の中空管であってもよく、さらに、空気入口220は、例えば底部プレート260を通じて燃料ガスチャンバー250を貫通し、空気チャンバー200に到達してそこに取り付けられてもよい。

30

【0014】

[025]図1で示されるように、燃焼プレート100の複数の穴110、120、および130は、異なる半径を有する同心円状に配列されていてもよい。例えば、第1の複数の穴110は、第1の半径を有する第1の円状に配列されていてもよく、第2の複数の穴120は、第2の半径を有する第2の円状に配列されていてもよく、第3の複数の穴130は、第3の半径を有する第3の円状に配列されていてもよい。一部の実施態様において、第2の円を第1の円と第3の円との間に挟むことができるよう、第2の円の半径は、第1の円の半径より小さく、第3の円の半径より大きくてよい。一部の実施態様において、第1の複数の穴110は、空気チャンバー200に流体連結されていてもよく、第2の

40

50

複数の穴 120 は、燃料ガスチャンバー 250 に流体連結されていてもよく、第 3 の複数の穴 130 は、空気チャンバー 200 または燃料ガスチャンバー 250 に流体連結されていてもよい。

【0015】

[026]一部の実施態様において、異なる半径を有する追加の円状に配列された追加の穴が、燃焼プレート 100 中に形成されていてもよい。例えば、第 1 の円の半径より大きいまたは第 3 の円の半径より小さい半径を有する円状に配列された燃焼プレート 100 の追加の穴が、空気チャンバー 200 に流体連結されていてもよい。別の例において、第 1 の円の半径より小さい、または第 3 の円の半径より大きい半径を有する円状に配列された燃焼プレート 100 の追加の穴が、燃料ガスチャンバー 250 に流体連結されていてもよい。以下記載において、本開示の例示的な実施態様を示す目的のために、穴 110、120、および 130 を使用する。

10

【0016】

[027]一部の実施態様において、燃料ガスおよび空気の燃焼は、燃焼プレート 100 の上面 102 の近傍で起こり得る。例えば、燃料ガス流は、燃料ガス入口 270 を介して燃料ガスチャンバー 250 に供給されてもよく、空気流は、空気入口 220 を介して空気チャンバー 200 に供給されてもよい。空気流は、第 1 および / または第 3 の複数の穴 110 および 130 を通じて排出されてもよく、燃料ガス流は、予め決定された速度で第 2 の複数の穴 120 を通じて排出されてもよい。燃料ガス流および空気流は、穴を通じて排出された後に混合されてもよく、例えば点火によって燃焼するように設計されていてもよい。一部の実施態様において、バーナーアセンブリ 10 は、燃焼チャンバー 280 をさらに包含していてもよい。図 2 で示されるように、燃焼チャンバー 280 は、円柱管であってもよく、その一方の端部が、燃焼プレート 100 の上面 102 に取り外し可能にまたは取り外せないように取り付けられていてもよい。一部の実施態様において、燃料ガスおよび空気の燃焼は、燃焼チャンバー 280 中で燃焼炎を生じ、燃焼チャンバー 280 の他方の端部から排出される燃焼排気ガス 290 を生成することができる。一部の実施態様において、燃焼チャンバー 280 は、燃焼排気ガス 290 のための通路を提供するように設計された別の燃焼チャンバー 285 に連結されていてもよい。

20

【0017】

[028]燃焼炎の温度は、燃焼排気ガス 290 における熱的な  $NO_x$  の形成および / または放出に影響を与えることができ、および / または決定することができる。本明細書で論じられるように、燃焼炎の温度が高い程、燃焼中により多くの熱的な  $NO_x$  が形成される可能性があり、より高い  $NO_x$  濃度が燃焼排気ガス 290 中に生じる可能性がある。燃焼炎の温度を低減させることで、 $NO_x$  形成を制限する、抑制する、および / または最小化することができる。燃焼炎の温度を低減させるための 1 つの方法は、燃焼中、燃料ガス流と空気流との混合を増加させることであり、それにより  $NO_x$  形成が低減される。加えて、燃焼中、燃料ガス流と空気流との十分なおよび / または完全な混合を引き起こすことは、燃焼炎の温度を最小化することができ、したがって  $NO_x$  形成を抑制および / または最小化することができる。例示的な実施態様によれば、燃料ガス流および空気流の混合を増加させるための 1 つの方法は、選択された穴 110、120、および 130 を傾斜させた燃焼プレート 100 の使用を包含していてもよい。穴を傾斜させると、燃料ガス流および空気流の接線速度が生じることから、燃焼中、燃料ガス流と空気流との混合を増加させたり、または燃料ガス流と空気流との十分なおよび / もしくは完全な混合をもたらすことができる。

30

【0018】

[029]一部の実施態様において、例えば、燃焼プレート 100 の穴 110、120、および 130 の少なくとも 1 つは、燃焼プレート 100 の面から傾斜するように設計されていてもよい。例えば、図 3 で示されるように、燃焼プレート 100 は、上面 102 から下面 104 に延在する予め決定された厚さを有していてもよい。穴 110、120、および 130 の少なくとも 1 つは、上面 102 から下面 104 への燃焼プレート 100 の厚さに

40

50

わたり延在していてもよく、燃焼プレート100の面から傾斜していてもよい。本明細書で開示されたように、穴110、120、および130のうちのあらゆる数の選択された穴が、燃焼プレート100の面から傾斜していてもよい。例えば、第1の数の穴110が傾斜していてもよく、第2の数の穴120が傾斜していてもよく、および／または第3の数の穴130が傾斜していてもよい。本開示の例示の目的で、穴110、120、および／または130から選択される複数の選択された穴が、燃焼プレート100の面から傾斜している。一部の実施態様において、傾斜させた穴は、斜円柱の形態であってもよい。例えば、図4は、複数の傾斜させた穴の中でも例示的な穴の傾斜の幾何学的な図解である。

#### 【0019】

[030]図4で示されるように、例示的な穴300は、燃焼プレート100の上面102における例示的な穴300の上の端部301の第1の中心302から、燃焼プレート100の下面104における例示的な穴300の下の端部303の第2の中心304に延在する縦軸330を有していてもよい。例示的な実施態様において、縦軸330は、燃焼プレート100の面から、または3次元空間において燃焼プレート100の面に平行なあらゆる面から、第1の角度 $\alpha$ で傾斜していてもよい。例えば、複数の例示的な穴300を配列させ、例示的な穴300の上の端部301の第1の中心302を通過する同心円310と、同心円310の半径350とが、上面102において燃焼プレート100の第1の面を画定することができる。燃焼プレート100の第2の面は、下面104における例示的な穴300の下の端部303の第2の中心304を通過する第1の面に平行な面として画定することができる。縦軸330は、燃焼プレート100の第1の面もしくは第2の面のいずれかから、または燃焼プレート100の面に平行な面から傾斜していてもよい。一部の実施態様において、例示的な穴300または縦軸330は、第1の角度 $\alpha$ が鋭角、すなわち約90°未満である場合、燃焼プレート100の面へと内方向に傾斜していると記載される場合もあり、および／または、第1の角度 $\alpha$ の補角が鋭角である場合、燃焼プレート100の面から外方向に傾斜していると記載される場合もある。一部の実施態様において、例示的な穴300の縦軸330に沿った区間は、第1の角度 $\alpha$ で傾斜していてもよく、例示的な穴300の残りは、垂直であってもよい。

#### 【0020】

[031]一部の実施態様において、縦軸330は、同心円の1つの接線から第2の角度 $\beta$ で傾斜していてもよい。例えば、図4で示されるように、燃焼プレート100の第1の面における同心円310の接線320は、例示的な穴300の下の端部303の第2の中心304を通過する第1の面に平行な第2の面上に射影340を有していてもよい。縦軸330はまた、第2の面上に射影335を有していてもよく、これは、第2の面上の接線320の射影340から第2の角度 $\beta$ を形成する。一部の実施態様において、第2の角度 $\beta$ は、第1の面上で同心円310の接線320から傾斜した縦軸330の第2の角度を説明するのに使用することができる。一部の実施態様において、接線320に平行な他の同心円の接線は同じ方向で並べることができるために、第2の角度 $\beta$ は、接線320に平行な接線のいずれかに対する縦軸330の傾斜を説明するのに使用することができる。図5は、例示的な実施態様に係る縦軸330の傾斜を例示する。図5の概略図は、燃焼プレート100の面の下面104から見た穴110、120、および130の例示的な配列を描写する。例示的な穴300は、穴110の1つとして示される。実線で描かれた円は、燃焼プレート100の下面104における穴の下の端部303を例示し、点線で描かれた円は、燃焼プレート100の上面102における穴の上の端部301を例示する。図5で示されるように、例示的な穴300または例示的な穴300の縦軸330は、燃焼プレート100の面上に穴110を配列させた同心円310の接線320から傾斜していてもよい。一部の実施態様において、例示的な穴300は、燃焼プレート100の面において同心円310の半径350の周りに第3の角度 $\gamma$ で傾斜していると記載される場合もある。第2の角度 $\beta$ と第3の角度 $\gamma$ とは、余角であり、合計90°になる角度であってもよい。一部の実施態様において、例示的な穴300の縦軸330に沿った区間は、第2の角度 $\beta$ または第3の角度 $\gamma$ で傾斜していてもよく、例示的な穴300の残りは、垂直であってもよ

10

20

30

40

50

いし、または第1の角度 でのみ傾斜していてもよい。

【0021】

[032] 例示的な実施態様において、第1の角度 および / または第2の角度 で傾斜するように設計された選択された穴は、燃料ガス流および / または空気流のための経路を形成することができ、燃料ガス流または空気流を接線速度 (tangential velocity) で排出させて、燃料ガス流と空気流との混合を増加させたり、および / または燃料ガス流と空気流との十分な混合をもたらすことができる。一部の実施態様において、空気流のための経路を提供する穴110は、燃焼プレート100の面から第1の角度 で傾斜していてもよいし、および / または穴110を配列させた同心円の接線から第2の角度 で傾斜していてもよい。このような穴110の配置は、空気流を接線速度のセットで燃焼チャンバー280に排出させ、それを穴120から排出された燃料ガス流と混合し、燃焼させることを可能にする。一部の実施態様において、燃料ガス流のための経路を提供する穴120は、燃焼プレート100の面から第1の角度 で傾斜していてもよいし、および / または第2の角度 で穴120を配列させた同心円の接線から傾斜していてもよい。このような穴120の配置は、燃料ガス流を接線速度のセットで燃焼チャンバー280に排出させ、それを穴110から排出された空気流と混合し、燃焼させることを可能にする。一部の実施態様において、空気流のための経路を提供する穴110は、燃焼プレート100の面へと第1の角度 で内方向に傾斜していてもよく、空気流のための追加の経路を提供する穴130は、燃焼プレート100の面から別の第1の角度 で内方向にまたは外方向に傾斜していてもよい。このような穴110および穴130の配置は、空気流を、第1のセットの接線速度で穴110を通じて、および第2のセットの接線速度で穴130を通じて、燃焼チャンバー280に排出させることができる。第2のセットの接線速度の方向および / または大きさは、第1のセットの接線速度の方向および / または大きさと異なっていてもよい。一部の実施態様において、第1のセットおよび第2のセットの接線速度の両方が、空気流を、穴120から排出された燃料ガス流に方向付け、空気流を燃料ガス流と混合し、燃焼させることができる。

【0022】

[033] 例示的な実施態様において、バーナーアセンブリ10の燃焼プレート100は、燃焼チャンバー280中で燃料ガス流と空気流との混合を増加させ、燃料ガスおよび空気の燃焼中に旋回する燃焼炎を生成するように設計されていてもよい。例えば、図6で示されるように、燃料ガス流および / または空気流の接線速度の例示的な方向は、矢印として示される。この接線速度の方向は、傾斜させた穴を通じて排出された燃料ガス流と空気流との即時反応を導入することによって混合を増加させることができる。例えば、垂直の穴を通じて空気流および燃料ガス流が排出されるバーナーアセンブリと比較して、バーナーアセンブリ10は、燃料ガス流と空気流との混合を増加させ、バーナーアセンブリ10によって生成した旋回する燃焼炎のピーク温度を約30 ~ 200 低減させることができる。本明細書で説明されるように、一部の実施態様において、バーナーアセンブリ10の燃焼プレート100は、燃料ガス流と空気流との十分なおよび / または完全な混合を可能にし、燃焼中に旋回する燃焼炎の形成を可能にするように設計されていてもよい。したがって、旋回する燃焼炎の温度を低減することにより、燃焼中のNO<sub>x</sub>の形成および / もしくは放出、または燃焼チャンバー280から排出される燃焼排気ガス290中のNO<sub>x</sub>濃度を制限または抑制することができる。

【0023】

[034] 一部の実施態様において、穴120から排出された燃料ガス流の接線速度、ならびに穴110および / または穴130から排出された空気流の接線速度は、制御および / または調節することができる。一部の実施態様において、燃料ガス流および / または空気流の接線速度を制御または調節することによって、燃料ガス流および空気流の流速のバランスをとる、燃焼中の燃料ガスおよび空気の化学量論を最適化する、燃料ガス流と空気流との混合を最適化する、および / または燃焼効率を最適化して燃焼炎の温度を低減することが可能になる。一部の実施態様において、燃料ガス流および / または空気流の接線速度

10

20

30

40

50

を制御または調節することは、燃焼中のNO<sub>x</sub>形成、したがってバーナーアセンブリ10の燃焼チャンバー280からのNO<sub>x</sub>放出を、低減または最小化することができる。一部の実施態様において、穴120から排出された燃料ガス流の接線速度、ならびに穴110および/または穴130から排出された空気流の接線速度は、燃焼開始時における初期の乱流を低減することによって、燃焼中にNO<sub>x</sub>形成を低減することができる。

#### 【0024】

[035] 例示的な実施態様において、燃焼プレート100のいずれの選択された穴110、120、および130またはその組合せならびに追加の穴は、燃焼プレート100の面において、燃焼プレート100の面から第1の角度で、および/または同心円の1つの接線から第2の角度で延在するように設計されていてもよい。一部の実施態様において、穴110のうち選択された穴は、第1の角度および/または第2の角度で傾斜してもよい。一部の実施態様において、穴120のうち選択された穴は、第1の角度および/または第2の角度で傾斜してもよい。一部の実施態様において、穴130のうち選択された穴は、第1の角度および/または第2の角度で傾斜してもよい。一部の実施態様において、穴110および穴130のうち選択された穴は、第1の角度および/または第2の角度で傾斜してもよい。一部の実施態様において、選択された穴110および穴120は、第1の角度および/または第2の角度で傾斜してもよい。一部の実施態様において、選択された穴120および穴130は、第1の角度および/または第2の角度で傾斜してもよい。一部の実施態様において、選択された穴110、120、および130は、第1の角度および/または第2の角度で傾斜してもよい。一部の実施態様において、穴110および穴130は、異なる第1の角度および/または異なる第2の角度で傾斜するように設計されていてもよい。一部の実施態様において、穴120および穴130は、異なる第1の角度および/または異なる第2の角度で傾斜するように設計されていてもよい。一部の実施態様において、穴110、120、および130は、異なる第1の角度および/または異なる第2の角度で傾斜するように設計されていてもよい。

10

20

30

40

50

#### 【0025】

[036] 一部の実施態様において、いずれの選択された穴110、120、および130のが、燃焼プレート100の面から第1の角度で傾斜するように設計されていてもよい。一部の実施態様において、第1の角度またはその補角は、鋭角であってもよい。一部の実施態様において、第1の角度またはその補角は、約0°から約15°、約0°から約30°、約0°から約45°、約0°から約60°、約0°から約75°、約0°から約90°、約15°から約30°、約15°から約45°、約15°から約60°、約15°から約75°、約15°から約90°、約30°から約45°、約30°から約60°、約30°から約75°、約30°から約90°、約45°から約60°、約45°から約75°、約45°から約90°、約75°から約90°、約90°から約105°、約90°から約135°、約90°から約165°、約105°から約135°、約105°から約165°、約135°から約165°、約165°から約180°、または約180°から約180°、約105°から約180°、約135°から約180°、または約165°から約180°の範囲であってもよい。例示的な実施態様において、第1の角度またはその補角は、約0°、90°、および/または180°にならないように設計されていてもよい。一部の実施態様において、いずれの選択された穴110、120、および130の第1の角度が鋭角になるように、すなわち約90°未満になるように設計されている場合、選択された穴は、燃焼プレート100の面へと1の角度で内方向に傾斜していると記載される場合もある。一部の実施態様において、いずれの選択された穴110、120、および130の第1の角度の補角が鋭角になるように設計されている場合、選択された穴は、燃焼プレート100の面から第1の角度で外側に傾斜していると記載される場合もある。

## 【0026】

[037]一部の実施態様において、いずれの選択された穴110、120、および130は、同心円の1つの接線から第2の角度で傾斜しているか、または燃焼プレート100の面において半径350の周りに第3の角度'で傾斜していると記載される場合もある。一部の実施態様において、第2の角度および第3の角度'は、互いに余角であり、合計90°になる角度であってもよい。一部の実施態様において、第2の角度または第3の角度'は、鋭角であってもよい。例示的な実施態様において、第2の角度または第3の角度'は、約0°から約15°、約0°から約30°、約0°から約45°、約0°から約60°、約0°から約75°、約0°から約90°、約15°から約30°、約15°から約45°、約15°から約60°、約15°から約75°、約15°から約90°、約30°から約45°、約30°から約60°、約30°から約75°、約30°から約90°、約75°から約90°の範囲であってもよい。例示的な実施態様において、第2の角度または第3の角度'は、約0°および/または90°にならないように設計されていてもよい。一部の実施態様において、同心円の1つに配列された穴110、120、または130の数は、3から300個の範囲であってもよい。一部の実施態様において、追加の同心円の1つに配列された追加の穴の数は、3から300個の範囲であってもよい。一部の実施態様において、同心円の1つに配列された穴は、円の周長に沿って均一に分布していてもよい。

10

## 【0027】

20

[038]一部の実施態様において、いずれの選択された穴110、120、および130またはその組合せの第1の角度および/または第2の角度は、調整することができる。例えば、選択された穴は、第1の角度および/または第2の角度を個々にまたは組み合わせて調整するために可動性のおよび/または回転可能な調整可能な装備を備えていてもよい。それぞれの調整可能な装備は、装備の動きおよび/または回転を調整するように設計されたモーターを有していてもよい。一部の実施態様において、それぞれの調整可能な装備は、非一時的メモリデバイスに格納されたプログラム可能な命令のセットに従って作動可能な制御器またはプロセッサーに作動可能に連結されるように設計されていてもよい。一部の実施態様において、調整可能な装備は、制御器またはプロセッサーの命令のもとで、選択された穴を、個々にまたは組み合わせて、開いたり、または閉じたりできる。一部の実施態様において、いずれの選択された穴110、120、および130または組合せの第1の角度および/または第2の角度を個々にまたは集合的に調整して、旋回する燃焼炎を安定化させる、燃料ガス流と空気流との混合を最適化する、旋回する燃焼炎の温度を低減する、および/または燃焼中の最適なNO<sub>x</sub>低減もしくは抑制を達成することができる。

30

## 【0028】

[039]例示的な実施態様において、燃焼プレート100の厚さは、例えば、約2mmから約40mm、約4mmから約35mm、約6mmから約30mm、約8mmから約25mm、約10mmから約20mm、約12mmから約15mmの範囲であってもよい。一部の実施態様において、燃焼プレートの直径は、約10mmから約2000mm、約100mmから約1500mm、約200mmから約1000mm、約300mmから約900mm、約400mmから約800mm、約500mmから約700mmの範囲であってもよい。一部の実施態様において、穴110の直径は、約0.2mmから約100mm、約0.5mmから約50mm、約1mmから約25mm、約2mmから約12mm、約4mmから約10mm、約6mmから約10mm、約10mmから約25mm、約12mmから約8mmの範囲であってもよい。一部の実施態様において、穴120の直径は、約0.2mmから約100mm、約0.5mmから約50mm、約1mmから約25mm、約2mmから約12mm、約4mmから約10mm、約6mmから約8mmの範囲であってもよい。一部の実施態様において、穴130の直径は、約0.2mmから約100mm、約0.5mmから約50mm、約1mmから約25mm、約2mmから約12mm、約4mmから約10mm、約6mmから約8mmの範囲であつ

40

50

てもよい。一部の実施態様において、穴 110、120、および／または 130 のうちの選択された穴の断面積は、縦軸に沿って下面 104 から上面 102 に減少していくてもよく、それにより燃料ガス流および／または空気流を排出させるためのノズルが生成される。一部の実施態様において、バーナーアセンブリ 10 は、金属、金属合金、および無機材料、例えばガラス、磁器、セラミック、炭化ケイ素、ならびにこれらの組合せなどから選択される少なくとも 1 つの材料で作製されていてもよい。一部の実施態様において、バーナーアセンブリ 10 は、鋳造、射出成形、または例えば 3D 印刷などの積層造形加工技術によって作製されていてもよい。一部の実施態様において、穴 110、120、および 130 の数、角度、配列、および／または配置は、コンピューター支援の設計ツールによって、設計、モデリング、および最適化が可能である。一部の実施態様において、バーナーアセンブリ 10 は、空気ガスチャンバー 200 および燃料ガスチャンバー 250 を燃焼プレート 100 に溶接またはボルト締めすることによって製作されていてもよい。

10

## 【0029】

[040]一部の実施態様において、燃焼プレート 100 の上面 104 の近くの旋回する燃焼炎の温度は、約 20 から約 1900 の範囲であってもよい。一部の実施態様において、旋回する燃焼炎の温度は、上面 104 から離れた旋回する燃焼炎の距離に依存する場合がある。例えば、燃焼チャンバー 280 中の旋回する燃焼炎の温度は、上面 104 から離れて約 0 cm から約 1 cm の範囲の距離で、約 20 から約 1400 の範囲であってもよいし、上面 104 から離れて約 1 cm から約 15 cm の範囲の距離で、約 20 から約 1900 の範囲であってもよい。一部の実施態様において、1 つまたはそれより多くの温度センサーを、温度センサーの位置の近傍で旋回する燃焼炎の温度を検出するために、燃焼チャンバー 280 および／または追加の燃焼チャンバー 285 の壁の近傍に設置し、分布させてもよい。一部の実施態様において、温度センサーは、1 つまたはそれより多くのフィードバックシグナルを生成し、それを制御器に送るように設計されていてもよく、ここで制御器は、予め決定された閾値温度に到達するまで、燃料ガス流および空気流の流速を制御したり、および／または穴 110、120、および／または 130 のサイズ、角度、開放および／または閉鎖を制御したりするように設計されている。

20

## 【0030】

[041]一部の実施態様において、燃焼排気ガス 290 中の NO<sub>x</sub> 濃度は、上面 104 からの距離に依存する可能性がある。例えば、一部の実施態様において、燃焼排気ガス 290 中の NO<sub>x</sub> 濃度は、上面 104 から約 0 cm から約 20 cm の範囲の距離で約 0 ppm から約 30 ppm の範囲であってもよく、上面 104 から約 30 cm から約 50 cm の範囲の距離で約 0 ppm から約 15 ppm の範囲であってもよい。一部の実施態様において、燃焼排気ガス 290 中の NO<sub>x</sub> 濃度は、燃焼プレート 100 の上面 104 から距離が離れるにつれて、より低くなっていてもよい。例えば、燃焼排気ガス 290 中の NO<sub>x</sub> 濃度は、上面 104 から約 50 cm から約 100 cm の範囲の距離で約 0 ppm から約 7 ppm の範囲であってもよい。一部の実施態様において、1 つまたはそれより多くの NO<sub>x</sub> センサーを、燃焼チャンバー 280 および／または追加の燃焼チャンバー 285 の出口の近傍に設置及び分布させて、NO<sub>x</sub> センサーの近傍で燃焼排気ガス 290 中の NO<sub>x</sub> 濃度を検出することもできる。一部の実施態様において、NO<sub>x</sub> センサーは、1 つまたはそれより多くのフィードバックシグナルを生成し、それを制御器に送るように設計されていてもよく、ここで制御器は、予め決定された閾値レベルを満たすまで燃焼排気ガス 290 中の NO<sub>x</sub> 濃度を低減するために、燃料ガス流および空気流の流速を制御したり、および／または穴 110、120、および／または 130 のサイズ、角度、開放および／または閉鎖を制御したりするように設計されている。一部の実施態様において、燃焼排気ガス 290 中の NO<sub>x</sub> 濃度は、様々な大気質基準、例えば国家環境大気質基準 (National Ambient Air Quality Standard ; NAAQS)、カリフォルニア州環境保護庁大気資源委員会 (California Environmental Protection Agency Air Resources Board ; CARB)、および南岸大気管理局 (SCAQMD) の規制などに準拠していてもよい。

30

40

## 【0031】

50

[042]一部の実施態様において、第1のバルブは、燃料チャンバー250に取り付けられた入口270への燃料ガス流の流速を制御するように設計されていてもよい、第2のバルブは、空気チャンバー200に取り付けられた入口220への空気流の流速を制御するように設計されていてもよい。第1および第2のバルブを制御して、穴120から排出される燃料ガス流ならびに穴110および／または130から排出される空気流の流速を調節することができ、そうすることにより、燃焼中の燃料ガス流および空気流の混合および相対的な供給量もしくは化学量論を調整する、増加させる、および／または最適化して、旋回する燃焼炎の温度を低減することによりNO<sub>x</sub>形成を制限または最小化することができる。一部の実施態様において、入口270への燃料ガス流および入口220への空気流の流速は、温度センサーおよび／またはNO<sub>x</sub>センサーからのフィードバックシグナルに基づいて調節することができる。一部の実施態様において、接線速度と、それによる穴120から排出された燃料ガス流と穴110および／または穴130から排出された空気ガス流との混合は、温度センサーおよび／またはNO<sub>x</sub>センサーからのフィードバックシグナルに基づいて調節することができる。

10

## 【0032】

[043]バーナーアセンブリ10を、燃料ガス流および空気流の燃焼反応を模擬するようにモデリングした。穴110を、燃焼プレート100の面へと約60°の第1の角度で内方向に傾斜するように設計し、穴130を、燃焼プレート100の面に向かって約25°の第1の角度で内方向に傾斜するように設計した。穴110および130のそれぞれを、穴110または穴130を配列させた同心円の接線から約50°の第2の角度で傾斜するように設計した。穴120を、上面102から下面104まで垂直に延在するように設計した。さらに、上面102から下面104まで垂直に延在するように設計された穴110、120、および130を有する通常のバーナーアセンブリもモデリングして、これをバーナーアセンブリ10と比較し、バーナーアセンブリ10の利点を実証した。図7で示されるように、傾斜させた穴110および130を有するバーナーアセンブリ10は、垂直の穴を有する通常のバーナーアセンブリより低温で旋回する燃焼炎を生成することができ、このようにして、傾斜させた穴110および130を有するバーナーアセンブリ10は、燃焼中により少ないNO<sub>x</sub>を形成することができ、燃焼チャンバー280から排出される燃焼排気ガス290中に、垂直の穴を有する通常のバーナーアセンブリより低い濃度のNO<sub>x</sub>を放出することができる。図7のシミュレーション結果から、本発明の開示に係るバーナーアセンブリ10は、燃料ガス流および空気流の排出のための垂直の穴を有する通常のバーナーアセンブリと比較して、NO<sub>x</sub>の形成および／または放出をより低くできることが実証される。

20

## 【0033】

[044]一部の実施態様において、バーナーアセンブリ10は、熱または熱エネルギーを水素発生器における水蒸気改質器に提供するように設計されていてもよい。図8で示されるように、水素発生器600は、バーナーアセンブリ10および水蒸気改質器610を含んでいてもよい。バーナーアセンブリ10には、例えば入口220を介して空気流を供給することができ、例えば入口270を介して燃料ガス流を供給することができる。バーナーアセンブリ10中で燃料ガス流と空気流とが燃焼して、熱または熱エネルギーを運ぶ燃焼排気ガス290を生成することができる。水蒸気改質器610は、バーナーゾーン620、熱交換境界630、および改質ゾーン640を含んでいてもよい。燃焼排気ガス290は、バーナーゾーン620に供給されてもよく、燃焼排気ガス290によって運ばれた熱または熱エネルギーは、熱交換境界630を介して、放射熱および／または対流熱伝達により改質ゾーン640に移動させてもよい。改質ゾーン640には、炭化水素供給材料流および水蒸気を供給してもよく、これらが水蒸気改質反応を受けると、水素改質物または「合成ガス」を生産することができる。一部の実施態様において、水蒸気改質器610には、1つまたはそれより多くのバーナーアセンブリ10が使用されてもよい。

30

40

## 【0034】

[045]例示的な実施態様に係るバーナーアセンブリ10を使用して熱源を提供する方法

50

は、上述したように、穴 110 および / または穴 130 に空気流を通すこと、および穴 120 に燃料ガス流を通すことを含んでいてもよい。一部の実施態様において、本方法は、燃焼プレート 100 の上面 102 の近傍で、穴を通った燃料ガス流および空気流を燃焼させることを含んでいてもよい。一部の実施態様において、本方法は、穴 120 を通じて、接線速度で燃料ガス流を排出させること、および穴 110 および / または 130 を通じて、接線速度で空気流を排出させることをさらに含んでいてもよい。一部の実施態様において、本方法は、燃料ガス流および空気流の混合を増加させるおよび / または最適化すること、したがって旋回する燃焼炎の温度を、閾値レベルまたはそれ未満に低減および / または制御することをさらに含んでいてもよい。一部の実施態様において、本方法は、旋回する燃焼炎の温度を低減および / または制御することによって、バーナーアセンブリ 10 からの  $NO_x$  の形成および / または放出を制限または抑制することをさらに含んでいてもよい。

10

### 【0035】

[046] 開示されたシステムおよび方法に様々な改変およびバリエーションを施すことができることは、当業者には明らかであろう。当業者には、開示されたシステムおよび方法の詳細と実施の考察から、他の実施態様が明らかであろう。明細書および実施例は単なる例示とみなされ、真の範囲は、以下の特許請求の範囲およびそれらと等価なものによって示されることが意図されている。

### 【符号の説明】

#### 【0036】

20

10	バーナーアセンブリ
100	燃焼プレート
102	上面
104	下面
110、120、130	穴
200	空気ガスチャンバー
210	底部プレート
220	空気入口
250	燃料ガスチャンバー
260	底部プレート
270	燃料ガス入口
280	燃焼チャンバー
285	燃焼チャンバー
290	燃焼排気ガス
300	穴
301	上の端部
302	第 1 の中心
303	下の端部
304	第 2 の中心
310	同心円
320	接線
330	縦軸
335	射影
340	射影
350	半径
600	水素発生器
610	水蒸気改質器
620	バーナーゾーン
630	熱交換境界
640	改質ゾーン

30

40

50

【図 1】

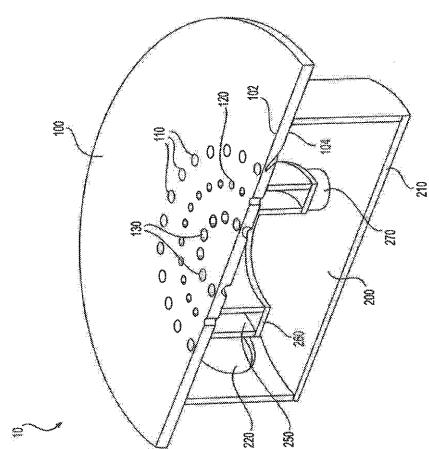
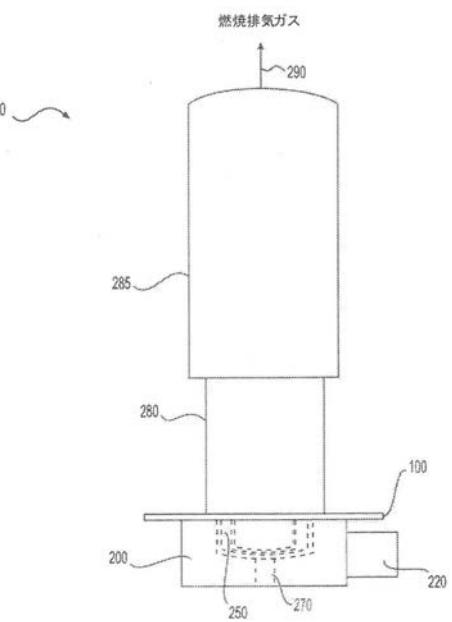


FIG. 1

【図 2】



【 囧 3 】

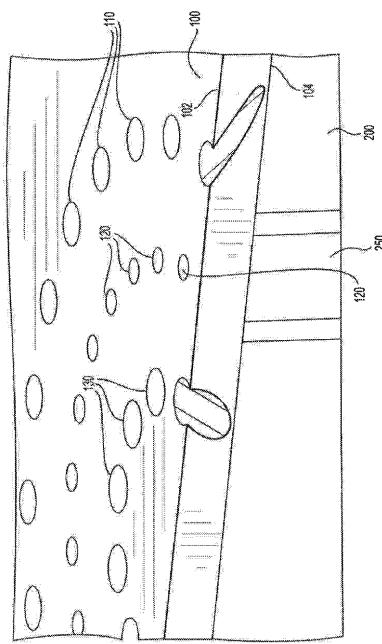


FIG. 3

【 図 4 】

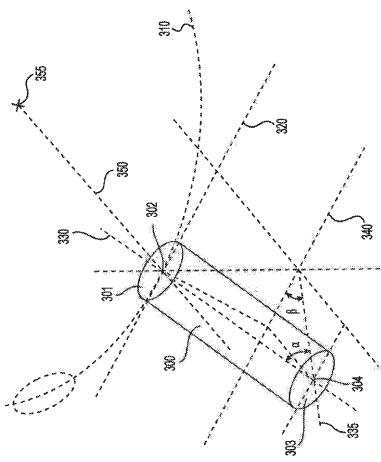


FIG. 4

【図5】

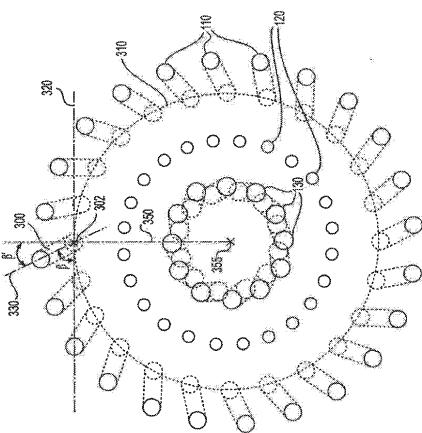


FIG. 5

【 図 6 】

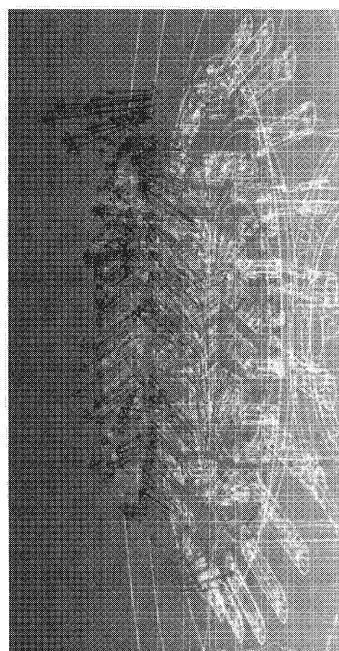
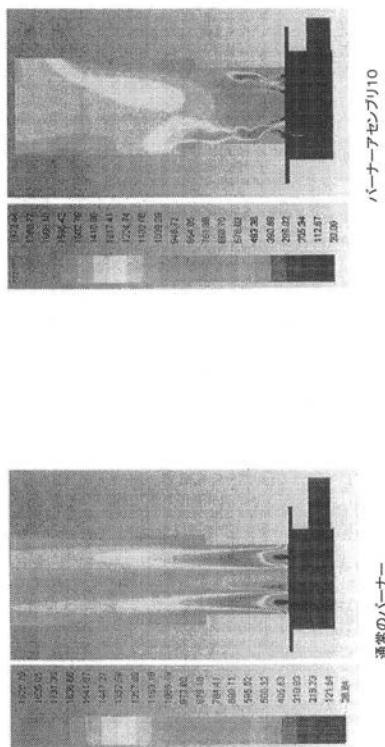
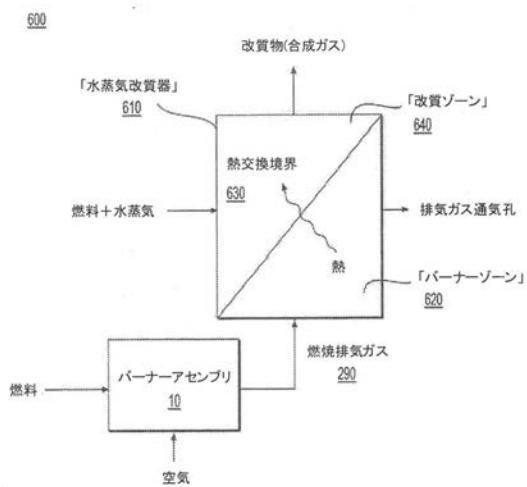


FIG. 6

【図7】



【図8】



## 【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No PCT/US2016/042895															
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> INV. F23M5/00 F23M20/00 B01J8/04 ADD.																	
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC																	
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) F23M B01J F23R																	
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched																	
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data																	
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left; padding: 2px;">Category*</th> <th style="text-align: left; padding: 2px;">Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th style="text-align: left; padding: 2px;">Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center; padding: 2px;">X</td> <td style="padding: 2px;">EP 2 236 936 A2 (HITACHI LTD [JP]) 6 October 2010 (2010-10-06) paragraph [0011] - paragraph [0054]; figures 1-8 -----</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">1-20</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 2px;">X</td> <td style="padding: 2px;">ES 2 433 121 A1 (ABENGOA HIDROGENO S A [ES]) 9 December 2013 (2013-12-09) page 2, line 37 - page 8, line 47; figures 1-4 -----</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">1-20</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 2px;">X</td> <td style="padding: 2px;">JP 2012 098027 A (HITACHI LTD) 24 May 2012 (2012-05-24) abstract; figures 1-20 -----</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">1-20</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 2px;">X</td> <td style="padding: 2px;">JP 2013 242114 A (HITACHI LTD) 5 December 2013 (2013-12-05) abstract; figures 1-17 -----</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">1-19</td> </tr> </tbody> </table>			Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	X	EP 2 236 936 A2 (HITACHI LTD [JP]) 6 October 2010 (2010-10-06) paragraph [0011] - paragraph [0054]; figures 1-8 -----	1-20	X	ES 2 433 121 A1 (ABENGOA HIDROGENO S A [ES]) 9 December 2013 (2013-12-09) page 2, line 37 - page 8, line 47; figures 1-4 -----	1-20	X	JP 2012 098027 A (HITACHI LTD) 24 May 2012 (2012-05-24) abstract; figures 1-20 -----	1-20	X	JP 2013 242114 A (HITACHI LTD) 5 December 2013 (2013-12-05) abstract; figures 1-17 -----	1-19
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.															
X	EP 2 236 936 A2 (HITACHI LTD [JP]) 6 October 2010 (2010-10-06) paragraph [0011] - paragraph [0054]; figures 1-8 -----	1-20															
X	ES 2 433 121 A1 (ABENGOA HIDROGENO S A [ES]) 9 December 2013 (2013-12-09) page 2, line 37 - page 8, line 47; figures 1-4 -----	1-20															
X	JP 2012 098027 A (HITACHI LTD) 24 May 2012 (2012-05-24) abstract; figures 1-20 -----	1-20															
X	JP 2013 242114 A (HITACHI LTD) 5 December 2013 (2013-12-05) abstract; figures 1-17 -----	1-19															
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.		<input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.															
* 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  31 October 2016		Date of mailing of the international search report  07/11/2016															
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer  Munteh, Louis															

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No  
PCT/US2016/042895

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date
EP 2236936	A2 06-10-2010	CN 101858595 A		13-10-2010
		EP 2236936 A2		06-10-2010
		HK 1148806 A1		25-10-2013
		JP 5508100 B2		28-05-2014
		JP 2010256003 A		11-11-2010
		US 2010251725 A1		07-10-2010
ES 2433121	A1 09-12-2013	NONE		
JP 2012098027	A 24-05-2012	JP 5331909 B2		30-10-2013
		JP 2012098027 A		24-05-2012
JP 2013242114	A 05-12-2013	JP 5926118 B2		25-05-2016
		JP 2013242114 A		05-12-2013

---

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,MK,MT,NL,NO,PL,PT,R0,RS,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,D0,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IR,IS,JP,KE,KG,KN,KP,KR,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LU,LY,MA,MD,ME,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RU,RW,SA,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SM,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US

(74)代理人 100112634

弁理士 松山 美奈子

(74)代理人 100141265

弁理士 小笠原 有紀

(72)発明者 リー,チーフィヤン

アメリカ合衆国マサチューセッツ州02038, フランクリン, ミーティングハウス・レーン 9

(72)発明者 ベフナム, モフセン

アメリカ合衆国マサチューセッツ州01609, ウスター, ウィリアム・ストリート 28

(72)発明者 ガフリ, ポール

アメリカ合衆国マサチューセッツ州02145, サマービル, アダムス・ストリート 15, ユニット 3

(72)発明者 マクギンティー, ジョーダン

アメリカ合衆国マサチューセッツ州01752, マールボロー, カリナン・ドライブ 83

F ターム(参考) 3K019 AA06 BA01 BB02 BD07