

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2019年3月28日(28.03.2019)



(10) 国際公開番号

WO 2019/058563 A1

(51) 国際特許分類:

F23C 1/12 (2006.01) *F23D 17/00* (2006.01)
F23C 5/08 (2006.01) *F23K 5/00* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/034586

(22) 国際出願日: 2017年9月25日(25.09.2017)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人: 中国電力株式会社 (THE CHUGOKU ELECTRIC POWER CO., INC.) [JP/JP]; 〒7308701 広島県広島市中区小町4番33号 Hiroshima (JP).

(72) 発明者: 谷川 博昭 (TANIGAWA Hiroaki); 〒7308701 広島県広島市中区小町4番33号 中国電力株式会社内 Hiroshima (JP). 和田 泰孝 (WADA Yasutaka); 〒7308701 広島県広島市中区小町4番33号 中国電力株式会社内 Hiroshima (JP). 大内 優 (OOUCHI Yuu); 〒7308701 広島県広島市中区小町4番33号

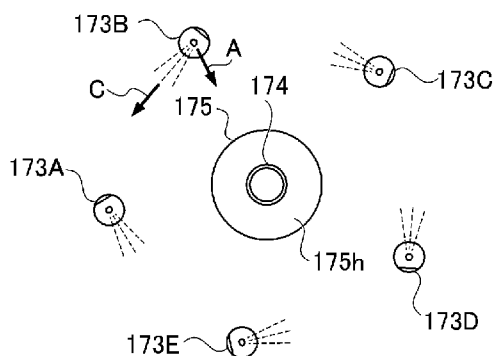
中国電力株式会社内 Hiroshima (JP). 谷口 直彦 (TANIGUCHI Naohiko); 〒7308701 広島県広島市中区小町4番33号 中国電力株式会社内 Hiroshima (JP). 田中 輝夫 (TANAKA Teruo); 〒7308701 広島県広島市中区小町4番33号 中国電力株式会社内 Hiroshima (JP).

(74) 代理人: 正林 真之, 外 (SHOBAYASHI Masayuki et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内1-7-12 サピアタワー Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): 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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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,

(54) Title: COMBUSTION APPARATUS AND COMBUSTION METHOD

(54) 発明の名称: 燃烧装置及び燃烧方法



(57) Abstract: Provided are a combustion apparatus and a combustion method with which it is possible to suppress, as much as possible, generation of nitrogen oxides and incomplete combustion of ammonia. This combustion apparatus 6A is able to co-combust pulverized coal and ammonia within a furnace. The combustion apparatus 6A is provided with a first nozzle 175 and one or more second nozzles 173B. The first nozzle 175 has a first jet orifice 175h through which pulverized coal is jetted out toward the interior of the furnace. The second nozzles 173B are disposed around the first nozzle 175. Each of the second nozzles 173B has a second jet orifice 173h through which ammonia is jetted out toward the interior of the furnace. The second jet orifices 173h of the second nozzles 173B are each opened in such a manner as to cause combustion flames of ammonia to be jetted in a direction tangential to a virtual circle centered on a central axis aligned with the jetting direction of combustion flame of the pulverized coal, and in such a manner as to be slanted toward the jetting direction side of the combustion flame of the pulverized coal.

SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (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, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 窒素酸化物の発生とアンモニアの不完全燃焼を極力、抑制できる燃焼装置及び燃焼方法を提供する。燃焼装置6Aは、微粉炭とアンモニアを火炉の内部で混焼できる。燃焼装置6Aは、第1ノズル175と一つ以上の第2ノズル173Bを備える。第1ノズル175は、火炉の内部に向かって微粉炭を噴射する第1噴射口175hを有する。第2ノズル173Bは、第1ノズル175の周囲に配置されている、第2ノズル173Bは、火炉の内部に向かってアンモニアを噴射する第2噴射口173hを有する。第2ノズル173Bの第2噴射口173hは、アンモニアの燃焼火炎が微粉炭の燃焼火炎の噴射方向を中心軸とする仮想円の接線方向に沿うように、かつ、微粉炭の燃焼火炎の噴射方向側に傾斜して開口している。

明 細 書

発明の名称： 燃焼装置及び燃焼方法

技術分野

[0001] 本発明は、燃焼装置及び燃焼方法に関する。特に、火力発電所などの発電設備などに好適な燃焼装置の構造及び燃焼方法に関する。

背景技術

[0002] 火力発電所などは、発電設備としてボイラを設置している。ボイラは、石炭・天然ガス・軽油・重油などの化石燃料をバーナで燃焼させた熱を利用して、高温高圧の蒸気を発生させている。しかし、これらの化石燃料を燃焼させると、二酸化炭素が発生するため、地球温暖化の原因になっている。このため、近年、カーボンクレジット（排出枠）といった形で二酸化炭素を抑制する動きがある。

[0003] 例えば、L N G（液化天然ガス）は、二酸化炭素の排出量がL P G（液化石油ガス）より少ない。このため、L N Gを火力発電所の燃料として使用している。L N Gなどのガス燃料は、輸送の際に便宜上、液化が必要である。又、L N Gの場合、液化するためにマイナス162度程度の低温状態にする必要があるため、液化が容易ではなく、低温貯蔵の設備のコストも増加するという問題がある。

[0004] このようなことから、二酸化炭素を発生しない燃料として、アンモニアガスの利用が提案されている（例えば、特許文献1参照）。アンモニアは、マイナス33度程度で液化するので、例えば、液化にマイナス162度程度必要なL N Gと比べて液化が容易であり、設備のコストも安価で済むという利点がある。

[0005] 又、天然ガスとB O G（b o i l o f f g a s）の混合ガスと微粉炭とをボイラの内部で混焼可能な同軸バーナを有する多重燃料焚き燃焼装置が開示されている（例えば、特許文献2参照）。

[0006] 特許文献2による同軸バーナは、微粉炭の火炎をボイラの内部に噴射する

内管と、この内管の周囲を囲い、天然ガスとB O Gの混合ガスの火炎を微粉炭の火炎の噴射方向と同軸方向に噴射する外管で構成している。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特開2016-183840号公報

特許文献2：特開2007-17030号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] しかし、アンモニアを燃焼させると、アンモニア成分中に含まれる窒素分が酸素と結び付き、窒素酸化物となる懸念がある。

[0009] 又、アンモニアは燃焼速度が小さく、具体的には、例えばプロパンガスの燃焼速度が40cm/sであるところ、アンモニアの燃焼速度は、8cm/sに過ぎない（このため、アンモニアを燃焼させた場合の火炎は長くなる）。

[0010] したがって、アンモニアを他の燃料と混焼させる場合、例えば、特許文献2の図3及び図4に開示したように、同軸バーナを用いて、水平に同軸で噴射して燃焼させると、他の燃料の火炎に対して、アンモニアの火炎が遅延することで、燃焼空間の大小や形状によっては、アンモニアが不完全燃焼してしまう可能性がある。

[0011] このようなことから、窒素酸化物の発生とアンモニアの不完全燃焼を極力、抑制できる燃焼装置及び燃焼方法が求められている。そして、以上のことが本発明の課題といってよい。

[0012] 本発明は、このような課題に鑑みてなされたものであり、窒素酸化物の発生とアンモニアの不完全燃焼を極力、抑制できる燃焼装置及び燃焼方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0013] 本発明者らは、微粉炭とアンモニアを火炉の内部で混焼する燃焼装置であ

って、アンモニアを燃焼させた火炎が微粉炭の燃焼火炎の噴射方向を中心軸とする仮想円の接線方向に沿うように、微粉炭の燃焼火炎の噴射方向側に傾斜して噴射することで、窒素酸化物の発生とアンモニアの不完全燃焼を極力、抑制できると考え、これに基づいて、以下のような新たな燃焼装置及び燃焼方法を発明するに至った。

[0014] (1) 本発明による燃焼装置は、微粉炭とアンモニアを火炉の内部で混焼させる燃焼装置であって、前記火炉の内部に向かって微粉炭を噴射する第1噴射口を有する第1ノズルと、前記第1ノズルの周囲に配置され、前記火炉の内部に向かってアンモニアを噴射する第2噴射口を有する一つ以上の第2ノズルと、を備え、前記第2ノズルの第2噴射口は、アンモニアの燃焼火炎が微粉炭の燃焼火炎の噴射方向を中心軸とする仮想円の接線方向に沿うように、かつ、微粉炭の燃焼火炎の噴射方向側に傾斜して開口している。

[0015] (2) 本発明による燃焼装置は、アンモニアを前記第2ノズルに向けて輸送するアンモニアガス供給配管と、前記第1ノズルを中心部に配置し、前記アンモニアガス供給配管からアンモニアガスが分配される第1ガスリングと、を備え、前記第2ノズルは、前記第1ノズルの周囲に配置された複数の第2ノズルからなり、これらの前記第2ノズルは、前記第1ガスリングからアンモニアガスが供給されていてもよい。

[0016] (3) 本発明による燃焼装置は、アンモニアを前記第2ノズルに向けて輸送するアンモニアガス供給配管と、ガス燃料が輸送されるガス燃料配管と、前記第1ノズルを中心部に配置し、前記ガス燃料配管からガス燃料が分配される第2ガスリングと、前記第1ノズルの周囲に配置した単一の前記第2ノズルと、前記第1ノズルの周囲に配置し、前記火炉の内部に向かってガス燃料を噴射する一つ以上の第3ノズルと、前記第2ガスリングと前記第2ノズル及び前記第3ノズルを接続するバーナノズルと、を備え、前記第2ノズルを接続したバーナノズルは、当該バーナノズルの流路を開閉自在なガス燃料配管遮断弁を有し、前記アンモニアガス供給配管は、前記ガス燃料配管遮断弁を閉じた状態で、前記第2噴射口からアンモニアを噴射可能に、前記第2

ノズルに接続したバーナノズルに直結していてもよい。

- [0017] (4) 本発明による燃焼方法は、(1) から (3) のいずれかに記載の燃焼装置に用いられ、微粉炭とアンモニアを火炉の内部で混焼させる燃焼方法であって、前記第 1 ノズルから燃焼可能に噴射される微粉炭に対して、前記第 2 ノズルから燃焼可能に噴射されるアンモニアの混焼率が、0.8%以上である。

発明の効果

- [0018] 本発明による燃焼装置は、微粉炭とアンモニアを火炉の内部で混焼する燃焼装置であって、アンモニアを燃焼させた火炎が微粉炭を燃焼させた燃焼火炎の噴射方向を中心軸とする仮想円の接線方向に沿うように、かつ、微粉炭の燃焼火炎の噴射方向側に傾斜して噴射するので、アンモニアの燃焼時間を確保でき、アンモニアの不完全燃焼を極力、抑制できる。
- [0019] 本発明による燃焼方法は、第 1 ノズルから燃焼可能に噴射される微粉炭に対して、第 2 ノズルから燃焼可能に噴射されるアンモニアの混焼率を 0.8%以上とすることで、窒素酸化物の発生を極力、抑制できる。

図面の簡単な説明

- [0020] [図1]本発明による燃焼装置を備えた火力発電設備の一実施形態による構成を示す機能ブロック図である。
- [図2]本発明の第 1 実施形態による燃焼装置の構成を示す斜視図である。
- [図3]第 1 実施形態による燃焼装置に備わる第 1 ガスリングを拡大した正面図である。
- [図4]第 1 実施形態による燃焼装置に備わる第 1 ノズルを拡大した縦断面図である。
- [図5]第 1 実施形態による燃焼装置に備わる第 1 ノズルの先端部を拡大した縦断面図である。
- [図6]図 5 の X 矢視図である。
- [図7]第 1 実施形態による燃焼装置に備わる複数の第 2 ノズルの配置図であり、複数の第 2 ノズルを火炉側から観た状態図である。

[図8]本発明の第2実施形態による燃焼装置の構成を示す斜視図である。

[図9]第2実施形態による燃焼装置に備わる第2ガスリングを拡大した正面図である。

[図10]本発明の第3実施形態による燃焼装置の構成を示す斜視図である。

[図11]第3実施形態による燃焼装置に備わる第3ガスリングを拡大した正面図である。

[図12]第3実施形態による燃焼装置に備わる第2ノズル及び第4ノズルの配置図であり、第2ノズル及び第4ノズルを火炉側から観た状態図である。

[図13]第3実施形態による燃焼装置を用いて、燃焼試験したときに用いたアンモニア燃焼量の計時変化を示すグラフである。

[図14]第3実施形態による燃焼装置を用いて、燃焼試験したときに用いた石炭使用量の計時変化を示す図であり、図14(a)は、単位時間当たりの石炭使用量の計時変化を示すグラフ、図14(b)は、単位時間当たりの石炭使用量の計時変化を示す表、図14(c)は、発電設備の平均出力の計時変化を示す表である。

[図15]第3実施形態による燃焼装置を用いて、燃焼装置の出口のアンモニア濃度を計測した計測点を示す図である。

[図16]第3実施形態による燃焼装置を用いて、燃焼装置の出口の NO_x 値の計時変化を示す図であり、図16(a)は、 NO_x 値の計時変化を示すグラフ、図16(b)は、 NO_x 値の計時変化を示す表、図16(c)は、発電設備の平均出力の計時変化を示す表である。

[図17]第3実施形態による燃焼装置を用いて、燃焼装置から排出される排気ガス中の CO_2 含有量の計時変化を示す図であり、図17(a)は、単位時間当たりのアンモニア注入量と CO_2 含有量の計時変化を示すグラフ、図17(b)は、単位時間当たりのアンモニア注入量と CO_2 含有量の計時変化を示す表である。

発明を実施するための形態

[0021] 以下、図面を参照して本発明を実施するための形態を説明する。

〔火力発電設備の構成〕

最初に、本発明による燃焼装置を備えた火力発電設備の一実施形態による構成を説明する。図１は、本発明による燃焼装置を備えた火力発電設備の一実施形態による構成を示す機能ブロック図である。

[0022] 図１を参照すると、一実施形態の火力発電設備１は、アンモニアガスを燃焼可能なシステムであるが、微粉炭、油、天然ガス、又は、ＢＯＧなどのアンモニアガス以外も燃焼可能である。

[0023] 図１を参照すると、火力発電設備１は、アンモニアガス供給設備２とアンモニアガス燃料用配管設備３を備えている。又、火力発電設備１は、ボイラ（火炉）６、脱硝設備９０、及び、ガス燃料供給部７０を備えている。ガス燃料供給部７０は、ガス燃料配管１７０を介して、アンモニアガス以外のガス燃料をボイラ６に供給できる。更に、火力発電設備１は、制御部７を備えている。制御部７は、これら装置の全体を制御している。

[0024] （アンモニアガス供給設備の構成）

次に、実施形態によるアンモニアガス供給設備２の構成を説明する。図１を参照すると、アンモニアガス供給設備２は、貯蔵タンク１０と気化器２０を備えている。又、アンモニアガス供給設備２は、アキュムレータ３０とアンモニアガス吸収部８０を備えている。なお、アンモニアガス吸収部８０は、実態として、水を貯蔵した貯水槽である。アンモニアガス吸収部８０は、アンモニアガス供給設備２に設けたブロー弁８１から排出されたアンモニアガスを水に吸収できる。

[0025] （貯蔵タンクの構成）

次に、実施形態による貯蔵タンク１０の構成を説明する。図１を参照すると、貯蔵タンク１０は、加圧されて液化された液体アンモニアを貯蔵している。貯蔵タンク１０は、配管１１０を介して、気化器２０に接続している。配管１１０は、気化器２０に至る途中が二方向に分岐している。分岐された一方の配管１１０aには、気化器起動弁１１及び気化器２０内の圧力を制御する気化器圧力調整弁１２が上流側から順次配置されている。分岐された他

方の配管 110b には、気化器バイパス弁 13 が配置されている。

[0026] (気化器の構成)

次に、実施形態による気化器 20 の構成を説明する。図 1 を参照すると、気化器 20 は、貯蔵タンク 10 から供給される液体アンモニアを加熱して気化させている。気化器 20 の内部の液体アンモニアは、温水中に浸漬されたコイル状配管内を通して昇温されて気化されることで、アンモニアガスを生成できる。気化器 20 の下流側は、配管 120 を介して、アキュムレータ 30 に接続している。

[0027] 図 1 を参照すると、配管 120 は、アキュムレータ 30 に至る途中が二方向に分岐している。分岐された一方の配管 120a には、アキュムレータ起動弁 21、アキュムレータ 30 内の圧力を制御するアキュムレータ圧力調整弁 22 が上流側から順次配置している。分岐された他方の配管 120b には、アキュムレータバイパス弁 23 を配置している。

[0028] (アキュムレータの構成)

次に、実施形態によるアキュムレータ 30 の構成を説明する。図 1 を参照すると、アキュムレータ 30 は、アンモニアガスを蓄積し、圧力を安定させる装置である。アキュムレータ 30 の下流側からは配管 130 が延びている。配管 130 は、二方向に分岐している。分岐された一方の配管 132 は、ヘッダー 40 に接続している。分岐された他方の配管 131 は、アンモニアガス燃料用配管設備 3 に接続している。

[0029] (ヘッダーの構成)

次に、実施形態によるヘッダー 40 の構成を説明する。図 1 を参照すると、ヘッダー 40 は、その下流側に配管 140 を接続している。配管 140 は、複数の脱硝配管 141・142・143 に分岐している。これらの脱硝配管 141・142・143 は、脱硝遮断弁 41・42・43 を介して、脱硝設備 90 に接続している。

[0030] (脱硝設備の構成)

次に、実施形態による脱硝設備 90 の構成を説明する。図 1 を参照すると

、脱硝設備 90 は、三つの脱硝装置 91・92・93 で構成している。脱硝配管 141・142・143 は、三つの脱硝装置 91・92・93 にそれぞれ接続している。脱硝配管 141・142・143 には、燃焼装置 6 から燃焼で生じた排ガスが送り込まれ、141・142・143 の内の脱硝遮断弁 41・42・43 が開いている配管から流入されたアンモニアガスを還元剤として、排ガス中の窒素酸化物を無害な窒素ガスと水とに転換できる。

[0031] (アンモニアガス燃料用配管設備の構成)

次に、実施形態によるアンモニアガス燃料用配管設備 3 の構成を説明する。図 1 を参照すると、アキュムレータ 30 から延びる配管 130 から分岐した配管 131 は、アンモニアガス燃料用配管設備 3 に接続している。配管 131 の上流側は、遮断弁 31 を設けている。遮断弁 31 の下流側は、パージ弁 36 を介して、パージ配管 133 を接続している。パージ配管 133 の末端部には、パージ用ガス供給部 37 を接続している。パージ用ガス供給部 37 は、窒素ガスなどのパージガスをアンモニアガス燃料用配管設備 3 に流入できる。

[0032] 図 1 を参照すると、配管 131 におけるパージ配管 133 が接続されている接続部よりも下流側は、二方向に分岐している。分岐された一方の配管 131a には、圧力調整弁 32 を配置している。分岐された他方の配管 131b には、遮断弁 33 を配置している。配管 131a と配管 131b とは、下流側で再度合流している。合流した配管 131 は、遮断弁 34 を介して流量計 50 に接続している。

[0033] 図 1 を参照すると、流量計 50 は、配管 131 を流れるガスの流量を測定している。流量計 50 の下流側からは、配管 150 が延びている。配管 150 は、その途中が二方向に分岐している。分岐された一方の配管 150a には、流量調整弁 51 を配置している。分岐された他方の配管 150b には、遮断弁 52 を配置している。配管 150a と配管 150b とは、下流側で再度合流している。

[0034] 図 1 を参照すると、合流した配管 150 の下流側は、第 2 接続部 56 で二

方向に分岐している。分岐された一方の配管は、アンモニアガス流出配管 151a であり、アンモニア流出遮断弁 55 を介して、アンモニアガス供給設備 2 のアンモニアガス吸収部 80 に接続している。アンモニアガス吸収部 80 は、上述のように貯水槽であり、アンモニアガスを水に溶解できる。

[0035] 図 1 を参照すると、分岐された他方のアンモニアガス供給配管 151b には、バーナ弁 53 を配置している。配管 150 におけるバーナ弁 53 の下流側には、冷却空気が流入される冷却配管 160 が冷却空気弁 61 を介して、接続されている。なお、アンモニアガス流出配管 151a は、バーナ弁 53 の下流で分岐していてもよい。

[0036] 図 1 を参照すると、アンモニアガス供給配管 151b の下流側は、遮断弁 54 を介して、ガス燃料供給部 70 から、ボイラ 6 のバーナ 62A まで延びるガス燃料配管 170 の第 1 接続部 72 に接続している。

[0037] (ガス燃料供給部の構成)

次に、実施形態によるガス燃料供給部 70 の構成を説明する。図 1 を参照すると、ガス燃料供給部 70 には、LNG (液化天然ガス) を貯蔵している。LNG を液化して貯蔵する場合に、外部からの自然入熱などにより LNG が気化して、BOG ガス (boil off gas) が発生する。本実施形態では、ガス燃料配管 170 は、この BOG を燃料として後述するバーナに輸送する配管である。

[0038] 図 1 を参照すると、ガス燃料配管 170 は、第 1 接続部 72 の下流側において、燃焼装置 6 のバーナに接続している。ガス燃料配管 170 における第 1 接続部 72 の上流側には、ガス燃料配管遮断弁 71 を配置している。

[0039] 図 1 を参照して、遮断弁 54 を閉じると共に、ガス燃料配管遮断弁 71 を開くことで、BOG をバーナ 62A に供給できる。遮断弁 54 を開くと共に、ガス燃料配管遮断弁 71 を閉じることで、アンモニアをバーナに供給できる。

[0040] (ボイラの構成)

次に、ボイラ 6 の構成を説明する。図 1 を参照すると、ボイラ 6 は、複数

のバーナを縦横に配列している。実施形態では、四段のバーナ 6 2 A ・ 6 2 B ・ 6 2 C ・ 6 2 D を高さ方向に配列している。又、これらのバーナは、水平方向に四列に配置している。

[0041] 図 1 を参照すると、四段のバーナ 6 2 A ・ 6 2 B ・ 6 2 C ・ 6 2 D には、石炭貯蔵部 7 5 から燃料としての石炭（微粉炭）が供給されている。最上段の 4 つのバーナ 6 2 A には、ガス燃料又はアンモニアを供給できる。

[0042] 図 1 を参照して、本発明による燃焼装置は、実体として、ボイラ 6 の最上段に配置される四つのバーナ 6 2 A である。そして、最上段の 4 つのバーナ 6 2 A の全て又は一部にアンモニアを供給することで、実施形態が異なっている。以下、第 1 実施形態による燃焼装置を燃焼装置 6 A とし、第 2 実施形態による燃焼装置を燃焼装置 6 B とし、第 3 実施形態による燃焼装置を燃焼装置 6 C として、これらの燃焼装置の構成及び作用を説明する。

[0043] [第 1 実施形態]
(燃焼装置の構成)

次に、第 1 実施形態による燃焼装置の構成を説明する。なお、第 1 実施形態による燃焼装置は、図 1 に開示したガス燃料供給部 7 0 を備えていない。

[0044] 図 2 は、本発明の第 1 実施形態による燃焼装置の構成を示す斜視図である。図 3 は、第 1 実施形態による燃焼装置に備わるガスリングを拡大した正面図である。

[0045] 図 4 は、第 1 実施形態による燃焼装置に備わる第 1 ノズルを拡大した縦断面図である。図 5 は、第 1 実施形態による燃焼装置に備わる第 1 ノズルの先端部を拡大した縦断面図である。図 6 は、図 5 の X 矢視図である。

[0046] 図 7 は、第 1 実施形態による燃焼装置に備わる複数の第 2 ノズルの配置図であり、複数の第 2 ノズルを火炉側から見た状態図である。

[0047] 図 2 又は図 3 を参照すると、第 1 実施形態による燃焼装置 6 A は、円弧状の第 1 ガスリング 1 7 1 を備えている。第 1 ガスリング 1 7 1 は、円筒状のパイプ部材を円弧状に形成している。第 1 ガスリング 1 7 1 は、その一部が中断している。第 1 ガスリング 1 7 1 は、その両端部を閉塞している。第 1

ガスリング１７１は、アンモニアガス供給配管１５１ｂからアンモニアガスが供給されている。

[0048] 図３又は図４を参照すると、第１ガスリング１７１は、長尺の第１ノズル１７５を中心部に配置している。第１ノズル１７５の周囲には、五つの長尺の第２ノズル１７３Ａ・１７３Ｂ・１７３Ｃ・１７３Ｄ・１７３Ｅを配置している。なお、これらの第２ノズル１７３Ａ・１７３Ｂ・１７３Ｃ・１７３Ｄ・１７３Ｅは、同じものであるので、第２ノズル１７３Ｂを代表して説明することがある。

[0049] 図３又は図４を参照すると、第１ガスリング１７１は、中心部に向かって、五つのバーナノズル１７２Ａ・１７２Ｂ・１７２Ｃ・１７２Ｄ・１７２Ｅを突出している。これらのバーナノズル１７２Ａ・１７２Ｂ・１７２Ｃ・１７２Ｄ・１７２Ｅは、第２ノズル１７３Ａ・１７３Ｂ・１７３Ｃ・１７３Ｄ・１７３Ｅに接続している。

[0050] 図３又は図４を参照して、第１ガスリング１７１にアンモニアガスを供給すると、これらの第２ノズル１７３Ａ・１７３Ｂ・１７３Ｃ・１７３Ｄ・１７３Ｅの先端部に設けた第２噴射口１７３ｈからアンモニアガスを噴射できる（図５又は図６参照）。

[0051] このように、第１実施形態による燃焼装置６Ａは、ボイラ６の最上段に配置された四つの第１ガスリング１７１にアンモニアガスを供給し、第１ガスリング１７１に接続した五つの第２ノズル１７３Ａ・１７３Ｂ・１７３Ｃ・１７３Ｄ・１７３Ｅからアンモニアガスを噴射できる。つまり、火炉の内部に向かって、一つの第２ノズル１７３Ｂからアンモニアガスを噴射できる。

[0052] 図３を参照すると、バーナノズル１７２Ａ・１７２Ｂ・１７２Ｃ・１７２Ｄ・１７２Ｅには、ガス燃料配管遮断弁７１Ｂをそれぞれ設けている。ガス燃料配管遮断弁７１Ｂを開くことで、第２噴射口１７３ｈからアンモニアガスを噴射できる（図５又は図６参照）。ガス燃料配管遮断弁７１Ｂを閉じることで、第２噴射口１７３ｈからアンモニアガスの噴射を停止できる。

[0053] 図４を参照すると、第１ノズル１７５は、第１噴射口１７５ｈを先端部に

開口している。第1噴射口175hは、燃焼装置6Aの火炉の内部に向かって水平方向に微粉炭を噴射できる。又、第1ノズル175は、重軽油バーナ174を内部に保持している。重軽油バーナ174は、燃焼装置6Aの火炉の内部に向かって霧状の重油又は軽油を噴射できる。この重油又は軽油を点火することで、第1ノズル175から噴射した微粉炭を燃焼できる。又、第2噴射口173hから噴射したアンモニアガスを混燃できる。

[0054] 図5を参照すると、第2ノズル173Bは、その軸方向が第1ノズル175と略平行に配置される。第2ノズル173Bの第2噴射口173hは、第2ノズル173Bの内径に比べて、その内径を小さく形成している。これにより、第2ノズル173Bに流れるアンモニアガスを加速して、第2噴射口173hからアンモニアガスを噴射できる。

[0055] 又、図5又は図6を参照すると、第2噴射口173hは、第2ノズル173Bの内部に流通するアンモニアガスの流通方向C0（つまり、第1ノズル175から噴射される微粉炭の噴射方向に略平行な方向）に対して、アンモニアガスの噴射方向Cを屈曲して噴射している。

[0056] より詳細には、図5参照すると、第2噴射口173hは、微粉炭の燃焼火炎の噴射方向を中心軸とする仮想円の接線方向Bに沿うように開口している。これにより、第2噴射口173hから噴射されるアンモニアガスは、微粉炭の燃焼火炎の噴射方向を中心軸とする仮想円の接線方向Bに沿うように噴射される。

尚、本明細書において、「接線方向Bに沿うように」とは、接線方向Bに対して実際にアンモニアガスが噴射される噴射方向C（図6に示す角度 θ ）が、 ± 30 度程度の範囲に収まる状態を表す。

尚、図6及び図7に示す矢印Aは、第2噴射口173hから第1噴射口175hの中心に向かう方向を示す。

[0057] 又、図5を参照すると、アンモニアガスの噴射方向Cは、接線方向Bに対して微粉炭の燃焼火炎の噴射方向側に所定の角度 α で傾斜している。言い換えれば、アンモニアガスの噴射方向Cは、図6に示すように第2ノズル17

3 Bを正面視した場合において接線方向Bに沿うように、かつ、図6における紙面の手前側に所定の角度 α に傾斜している。

アンモニアガスの噴射方向Cの、微粉炭の燃焼火炎の噴射方向側への傾斜角度 α を持たせることが好ましい。

[0058] 図7参照すると、燃焼装置6 Aは、アンモニアを燃焼させた火炎が微粉炭を燃焼させた燃焼火炎の噴射方向を中心軸とする仮想円の接線方向Bに沿うように、かつ、微粉炭の燃焼火炎の噴射方向側に傾斜して噴射するので、アンモニアの燃焼時間を確保でき、アンモニアの不完全燃焼を極力、抑制できる。

[0059] (燃焼装置の作用)

次に、第1実施形態による燃焼装置の作用及び効果を説明する。

[0060] 図2から図7を参照すると、第1実施形態による燃焼装置6 Aは、微粉炭とアンモニアを火炉の内部で混焼する燃焼装置6 Aであって、アンモニアを燃焼させた火炎が微粉炭の燃焼火炎の噴射方向を中心軸とする仮想円の接線方向に沿うように、第2ノズル173 A・173 B・173 C・173 D・173 Eからアンモニアを噴射するので、微粉炭の燃焼火炎により、アンモニアの不完全燃焼を極力、抑制できる。

[0061] 図7を参照すると、第2ノズル173 A・173 B・173 C・173 D・173 Eから、微粉炭の燃焼火炎の接線方向に沿うように、アンモニアを噴射するので、微粉炭の燃焼火炎の周囲に旋回流を形成することも可能である。

[0062] 特許文献2の図3及び図4に開示したように、同軸バーナを用いて、水平に同軸で噴射して燃焼させると、他の燃料の火炎に対して、アンモニアの火炎が遅延することで、燃焼空間の大小や形状によっては、アンモニアが不完全燃焼してしまう可能性があった。

[0063] 第1実施形態による燃焼装置6 Aは、アンモニアを燃焼させた火炎が、微粉炭を燃焼させた火炎の周囲を微粉炭の燃焼火炎の噴射方向を中心軸とする仮想円の接線方向に沿うように、かつ、微粉炭の燃焼火炎の噴射方向側に傾

斜してアンモニアを噴射するので、アンモニアの燃焼時間を確保することで、アンモニアの不完全燃焼を極力、抑制できる。なお、第1実施形態による燃焼装置6Aは、窒素酸化物の発生を抑制できるが、その実現性については、第3実施形態で説明する。

[0064] [第2実施形態]

 (燃焼装置の構成)

次に、第2実施形態による燃焼装置の構成を説明する。

[0065] 図8は、本発明の第2実施形態による燃焼装置の構成を示す斜視図である。図9は、第2実施形態による燃焼装置に備わるガスリングを拡大した正面図である。

[0066] なお、第1実施形態で用いた符号と同じ符号を付した構成品は、その作用を同じにするので、説明を省略することがある。

[0067] 図8を参照すると、第2実施形態による燃焼装置6Bは、円弧状の第2ガスリング178を備えている。図9を参照すると、第2ガスリング178は、長尺の第1ノズル175を中心部に配置している。第1ノズル175の周囲には、長尺の第2ノズル173Bを配置している。又、第1ノズル175の周囲には、長尺の第3ノズル178A・178C・178D・178Eを配置している。

[0068] 図9を参照すると、第2ガスリング178は、中心部に向かって、五つのバーナノズル172A・172B・172C・172D・172Eを突出している。バーナノズル172Bは、第2ノズル173Bに接続している。又、バーナノズル172A・172C・172D・172Eは、第3ノズル178A・178C・178D・178Eに接続している。

[0069] 図9を参照すると、バーナノズル172Bには、アンモニアガス供給配管151bからアンモニアガスが供給されている。バーナノズル172Bにアンモニアガスを供給すると、第2ノズル173Bの先端部に設けた第2噴射口173hからアンモニアガスを噴射できる(図5又は図6参照)。そして、微粉炭とアンモニアを火炉の内部で混焼できる。

[0070] このように、第2実施形態による燃焼装置6Bは、ボイラ6の最上段に配置された四つの第2ガスリング178のバーナノズル172Bにアンモニアガスを供給し、バーナノズル172Bに接続した一つの第2ノズル173Bからアンモニアガスを噴射できる。つまり、火炉の内部に向かって、四つの第2ノズル173Bからアンモニアガスを噴射できる。

[0071] 図9を参照すると、バーナノズル172Bにおけるアンモニアガス供給配管151bとの接続部よりも上流側には、ガス燃料配管遮断弁71Bを設けている。

[0072] 図9を参照すると、第2ガスリング178は、ガス燃料配管170を接続している（図1参照）。ガス燃料配管遮断弁71Bを閉じた状態では、バーナノズル172A・172C・172D・172Eを介して、第3ノズル178A・178C・178D・178Eにガス燃料を供給できる。そして、第3ノズル178A・178C・178D・178Eの先端部から、火炉の内部に向かってガス燃料を噴射し、ガス燃料を燃焼できる。

[0073] 図9を参照して、遮断弁54を閉じ、ガス燃料配管遮断弁71Bを開いた状態では、バーナノズル172Bを介して、第2ノズル173Bからガス燃料を噴射することもできる。このように、第2実施形態による燃焼装置6Bは、最上段のバーナ62Aでガス燃料を燃焼することもできる。この場合、最上段のバーナ62Aで微粉炭とガス燃料を火炉の内部で混焼することなく、バーナ62B・62C・62Dで微粉炭を燃焼することが好ましい。

[0074] 図2から図9を参照して、第1ガスリング171と第2ガスリング178は、構造的に同じものであるが、流通する燃焼が異なることから、符号を変えて区別した。同様に、第2ノズル173Bと第3ノズル178A・178C・178D・178Eは、構造的に同じものであるが、流通する燃焼が異なることから、符号を変えて区別した。

[0075] 図3と図9を対比すると、第1実施形態による燃焼装置6Aは、全ての第1ノズル173A・173B・173C・173D・173Eからアンモニアガスを噴射しているのに対し、第2実施形態による燃焼装置6Bは、特定

の第2ノズル173Bからアンモニアガスを噴射できると、いう違いがある。

[0076] 図5から図7を参照すると、第2噴射口173hから噴射されるアンモニアの燃焼火炎が、微粉炭の燃焼火炎の噴射方向を中心軸とする仮想円の接線方向に沿うように、かつ、第1噴射口175hの周囲を所定の傾斜角度 α で開口していることで、アンモニアの燃焼時間を確保でき、アンモニアを完全燃焼できる。

[0077] 図9を参照すると、第2ガスリング178には、ガス燃料配管170に換えて、空気の供給ライン（図示せず）に接続することもできる。この場合、図7を参照して、第2ノズル173A・173B・173C・173D・173Eから、微粉炭の燃焼火炎の接線方向に沿うように、空気を噴射するので、微粉炭の燃焼火炎の周囲に旋回流を形成することも可能である。

[0078] なお、図8を参照すると、ボイラ6の最上段の右端（A）及び右から3番目（C）に配置された第2ガスリング178のバーナノズル173Bから噴射されるアンモニアガスが時計方向Rに旋回するのに対し、ボイラ6の最上段の左端（D）及び左から3番目（B）に配置された第2ガスリング178のバーナノズル178Cから噴射されるアンモニアガスが反時計方向Lに旋回できる。又、これにより、アンモニアガスを偏ることなく、均一に燃焼することが可能になる。

[0079] （燃焼装置の作用）

次に、第2実施形態による燃焼装置の作用及び効果を説明する。

[0080] 図8又は図9を参照すると、第2実施形態による燃焼装置6Bは、アンモニアを燃焼させた火炎が、微粉炭を燃焼させた燃焼火炎の噴射方向を中心軸とする仮想円の接線方向Bに沿うように、かつ、微粉炭の燃焼火炎の噴射方向側に所定角度 α 傾斜して噴射するので、アンモニアの燃焼時間を確保でき、アンモニアの不完全燃焼を極力、抑制できる。

[第3実施形態]

（燃焼装置の構成）

次に、第3実施形態による燃焼装置の構成を説明する。

[0081] 図10は、本発明の第3実施形態による燃焼装置の構成を示す斜視図である。図11は、第3実施形態による燃焼装置に備わる第3ガスリングを拡大した正面図である。図12は、第3実施形態による燃焼装置に備わる第2ノズル及び第4ノズルの配置図であり、第2ノズル及び第4ノズルを火炉側から観た状態図である。

[0082] なお、第1実施形態及び第2実施形態で用いた符号と同じ符号を付した構成部品は、その作用を同じにするので、説明を省略することがある。

[0083] 図10又は図11を参照すると、第3実施形態による燃焼装置6Cは、最上段のバーナ62Aの最も右側に配置している。そして、最上段のバーナ62Aの左側3列には、アンモニアガスが供給されない燃焼装置6Dを配置している。燃焼装置6Cがアンモニアを噴射するに対し、燃焼装置6Dは、ガス燃料のみを噴射できる。燃焼装置6C及び6Dは、第3ガスリング179を備えている。図11を参照すると、第3ガスリング179は、長尺の第1ノズル175を中心部に配置している。

[0084] 図10又は図11を参照すると、燃焼装置6Cは、長尺の第2ノズル173Bを第1ノズル175の周囲に配置している。又、燃焼装置6Cは、長尺の第4ノズル179A・179C・179D・179Eを第1ノズル175の周囲に配置している。燃焼装置6Dは、長尺の第4ノズル179A・179B・179C・179D・179Eを第1ノズル175の周囲に配置している。

[0085] 図11を参照すると、燃焼装置6Dの第3ガスリング179は、中心部に向かって、五つのバーナノズル172A・172B・172C・172D・172Eを突出している。バーナノズル172Bは、第2ノズル173Bに接続している。又、バーナノズル172A・172C・172D・172Eは、第4ノズル179A・179C・179D・179Eに接続している。

[0086] 図11を参照すると、第2ノズル173Bには、アンモニアガス供給配管151bからアンモニアガスが供給されている。第2ノズル173Bにアン

モニアガスを供給すると、第2ノズル173Bの先端部に設けた第2噴射口173hからアンモニアガスを噴射できる（図5又は図6参照）。そして、微粉炭とアンモニアを火炉の内部で混焼できる。

[0087] このように、第3実施形態による燃焼装置6Cは、ボイラ6の最上段の右端に配置された一つの第3ガスリング179のバーナノズル172Bにアンモニアガスを供給し、バーナノズル172Bに接続した一つの第2ノズル173Bからアンモニアガスを噴射できる。

[0088] 図12を参照すると、燃焼装置6Cの第3ガスリング179は、ガス燃料配管170を接続している（図1参照）。ガス燃料配管遮断弁71Bを閉じた状態では、バーナノズル172A・172C・172D・172Eを介して、第4ノズル179A・179C・179D・179Eにガス燃料を供給できる。そして、第4ノズル179A・179C・179D・179Eの先端部から、火炉の内部に向かってガス燃料を噴射し、ガス燃料を燃焼できる。

[0089] 図11を参照すると、バーナノズル172Bにおけるアンモニアガス供給配管151bとの接続部よりも上流側には、ガス燃料配管遮断弁71Bを設けている。

[0090] 図11を参照して、遮断弁54を閉じ、ガス燃料配管遮断弁71Bを開いた状態では、バーナノズル172Bを介して、第2ノズル173Bからガス燃料を噴射することもできる。このように、第3実施形態による燃焼装置6Cは、ガス燃料を燃焼することもできる。この場合、燃焼装置6Cで微粉炭とガス燃料を火炉の内部で混焼することなく、バーナ62A・62B・62C・62Dで微粉炭を燃焼することが好ましい。

[0091] 図2から図11を参照して、第1ガスリング171と第3ガスリング179は、構造的に同じものであるが、流通する燃焼が異なることから、符号を変えて区別した。同様に、第2ノズル173Bと第4ノズル179A・179B・179C・179D・179Eは、構造的に同じものであるが、流通する燃焼が異なることから、符号を変えて区別した。

- [0092] 図 1 1 を参照すると、アンモニアガス供給配管 1 5 1 b には、遮断弁 5 4 を設けている。遮断弁 5 4 の上流において、戻り配管 1 7 6 が分岐している。戻り配管 1 7 6 には、遮断弁 1 7 7 を設けている。戻り配管 1 7 6 は、アンモニアガス供給配管 1 5 1 b から、アンモニアガスをバーナノズル 1 7 2 B に供給しない時に用いる配管であり、供給しない場合、遮断弁 5 4 を閉じ、遮断弁 1 7 7 を開放する。
- [0093] 図 1 1 を参照すると、アンモニアガスをバーナノズル 1 7 2 B に供給する際は、遮断弁 5 4 が開放され、ガス燃料配管遮断弁 7 1 B と遮断弁 1 7 7 が閉じられる。
- [0094] 図 8 及び図 9 と図 1 0 とを対比すると、第 2 実施形態による燃焼装置 6 B は、全ての第 2 ガスリング 1 7 8 の第 2 ノズル 1 7 3 B からアンモニアガスを噴射しているのに対し、第 3 実施形態による燃焼装置 6 C は、特定の第 3 ガスリング 1 7 9 の第 2 ノズル 1 7 3 B からアンモニアガスを噴射しているという違いがある。
- [0095] 図 8 と図 1 0 を対比すると、燃焼装置 6 B と燃焼装置 6 C とは同じものであり、第 2 実施形態は、燃焼装置 6 B を四基配列しているのに対し、第 3 実施形態は、燃焼装置 6 B を一基のみ配列しているという違いがある。
- [0096] 図 5 から図 7 を参照すると、燃焼装置 6 C は、アンモニアを燃焼させた火炎が微粉炭を燃焼させた燃焼火炎の噴射方向を中心軸とする仮想円の接線方向 B に沿うように、かつ、微粉炭の燃焼火炎の噴射方向側に所定角度 α 傾斜して噴射するので、アンモニアの燃焼時間を確保でき、アンモニアの不完全燃焼を極力、抑制できる。
- [0097] 図 1 1 を参照すると、第 3 ガスリング 1 7 9 には、ガス燃料配管 1 7 0 に換えて、空気の供給ライン（図示せず）に接続することもできる。この場合、図 7 を援用すると、第 4 ノズル 1 7 9 A ・ 1 7 9 C ・ 1 7 9 D ・ 1 7 9 E から、微粉炭の燃焼火炎の接線方向に沿うように、空気を噴射するので、微粉炭の燃焼火炎の周囲に旋回流を形成することも可能である。
- [0098] （燃焼装置の作用）

次に、第3実施形態による燃焼装置の作用及び効果を説明する。

[0099] 図10から図12を参照すると、第3実施形態による燃焼装置6Cは、微粉炭とアンモニアを火炉の内部で混焼する燃焼装置6Cであって、アンモニアを燃焼させた火炎が、微粉炭を燃焼させた火炎の周囲を微粉炭の燃焼火炎の噴射方向を中心軸とする仮想円の接線方向に沿うように、かつ、微粉炭の燃焼火炎の噴射方向側に所定角度 α 傾斜してアンモニアを噴射するので、アンモニアの燃焼時間を確保することで、アンモニアの不完全燃焼を極力、抑制できる。

[0100] 図12を参照すると、アンモニアガス供給配管151bに設けた遮断弁54が開放され、バーナノズル172Bに設けたガス燃料配管遮断弁71Bと、戻り配管176に設けた遮断弁177とを閉じることにより、アンモニアガスは、アンモニアガス供給配管151b→第1接続部72→バーナノズル172Bを経由し、第2ノズル173Bに供給される。更に、第1ノズル175から噴射される微粉炭火炎の長さ方向に対して垂直な断面を円に近似した場合、図12の矢印に示すように、第2ノズル173Bの第2噴射口173hは、この円の接線方向にアンモニアを噴射する。

[0101] 図12を参照して、アンモニアが微粉炭火炎の周囲を微粉炭の燃焼火炎の噴射方向を中心軸とする仮想円の接線方向に沿うように、かつ、微粉炭の燃焼火炎の噴射方向側に所定角度 α 傾斜してアンモニアを噴射するので、アンモニアの燃焼距離が長くなることにより、アンモニアの燃焼時間が確保され、アンモニアが完全燃焼されることが可能となる。

[0102] [燃焼試験]

次に、第3実施形態による燃焼装置6Cを用いた、燃焼試験の結果を説明する。図13は、第3実施形態による燃焼装置を用いて、燃焼試験したときに用いたアンモニア燃焼量の計時変化を示すグラフである。

[0103] 図14は、第3実施形態による燃焼装置を用いて、燃焼試験したときに用いた石炭使用量の計時変化を示す図であり、図14(a)は、単位時間当たりの石炭使用量の計時変化を示すグラフ、図14(b)は、単位時間当たり

の石炭使用量の計時変化を示す表、図 1 4 (c) は、発電設備の平均出力の計時変化を示す表である。

[0104] 図 1 5 は、第 3 実施形態による燃焼装置を用いて、燃焼装置の出口のアンモニア濃度を計測した計測点を示す図である。

[0105] 図 1 6 は、第 3 実施形態による燃焼装置を用いて、燃焼装置の出口の NO_x 値の計時変化を示す図であり、図 1 6 (a) は、 NO_x 値の計時変化を示すグラフ、図 1 6 (b) は、 NO_x 値の計時変化を示す表、図 1 6 (c) は、発電設備の平均出力の計時変化を示す表である。

[0106] 図 1 7 は、第 3 実施形態による燃焼装置を用いて、燃焼装置から排出される排気ガス中の CO_2 含有量の計時変化を示す図であり、図 1 7 (a) は、単位時間当たりのアンモニア注入量と CO_2 含有量の計時変化を示すグラフ、図 1 7 (b) は、単位時間当たりのアンモニア注入量と CO_2 含有量の計時変化を示す表である。

[0107] 図 1 で開示した火力発電設備 1 において、以下のアンモニア混焼による燃焼試験を行った。

[0108] 図 1 3 に示すように試験期間は 7 日間とし、1 日目の 13 時から 17 時まで、2 日目～6 日目の 10 時から 17 時まで、及び 7 日目の 10 時から 13 時までにおいて、最大 450 kg/h のアンモニア（なお、これは気化器 20 の最大流量であり、石炭 400 kg に相当する）を使用した。

[0109] より詳細には、1 日目の 13 時～15 時においては 100 kg/h のアンモニアを燃焼し、1 日目の 15 時～16 時においては 200 kg/h のアンモニアを燃焼し、1 日目の 16 時～17 時においては 400 kg/h のアンモニアを燃焼し、2 日目以降は 450 kg/h のアンモニアを燃焼した。

[0110] 又、基本的には、ボイラを 155 MW の負荷で運転したため、アンモニアの混焼率は約 0.6% (1 MW 相当) であったが、5 日目のみにおいては、ボイラを 120 MW の負荷で運転したため、アンモニアの混焼率は約 0.8% であった。なお、排ガス量超過がない範囲でアンモニアを燃焼した。

[0111] 又、燃焼に用いた液体アンモニアは、純度 99.98% 、水分 0.016

％、油分が1.0ppm未満であり、アンモニアと混焼した石炭の炭種は、マウントオーエンが60％、ボカブライプレミアムが40％である。

[0112] (ボイラメタル温度)

図15を参照して、ボイラ6内に設けられた配管などの金属部分の温度、すなわちボイラメタル温度を、石炭専焼時と、アンモニアと石炭の混焼時とにおいて測定した。測定箇所は、1次過熱器出口、再熱器出口、2次過熱器入口、2次過熱器中間、2次過熱器出口の6箇所である。

[0113] 図15を参照して、測定の結果、ボイラの負荷が155MWの場合には、1次過熱器出口のボイラメタル温度は400～450℃、再熱器出口のボイラメタル温度は500～550℃、2次過熱器入口のボイラメタル温度は400～450℃、2次過熱器中間のボイラメタル温度は450～500℃、2次過熱器出口のボイラメタル温度は500～600℃であり、石炭専焼時と、アンモニアと石炭の混焼時とでは、ほぼ変化がなかった。

[0114] 同様に、ボイラの負荷が120MWの場合には、1次過熱器出口のボイラメタル温度は400～450℃、再熱器出口のボイラメタル温度は500～600℃、2次過熱器入口のボイラメタル温度は400～450℃、2次過熱器中間のボイラメタル温度は450～550℃、2次過熱器出口のボイラメタル温度は500～600℃であり、石炭専焼時と、アンモニアと石炭の混焼時とでは、ほぼ変化がなかった。

[0115] すなわち、ボイラ6内の温度分布に、アンモニアを石炭と混焼した影響は、ほぼ見られなかった。

[0116] (石炭量評価)

図14は、混焼前と混焼後の1時間当たりの石炭使用量、及び、双方の石炭使用量の差を示す。なお、図14(b)の表は、(a)のグラフで用いた数値を表形式で示し、図14(c)の表は、図14(c)内の最も左の列で示される日にちの平均値を示す。

[0117] 図14を参照すると、混焼前に比較した混焼後の石炭使用量の減少分は、7日間の平均で、0.50T/hとなった。すなわち、アンモニア燃焼量の

450 kg/hは、石炭減少量の500 kg/h（無水）とほぼ同じとなった。また、1～7日目を比較すると、5日目の石炭減少量が、最大値の1.96 T/hとなった。なお、上記の繰り返しとなるが、燃焼に用いた石炭の炭種は、マウントオーエン60%、ボカブライプレミアム40%である。

[0118] （ボイラ出口NO_x値）

図15を参照して、[A系]及び[B系]で示される断面図中の十字で示されるような、ボイラ出口のA系24点、B系24点の合計48点において、ECO（節炭器）出口ガスのNO_x値を測定した。

[0119] 図16は、混焼前と混焼後のボイラ出口におけるNO_x値を示す。なお、1日目においては種々の機器の調整を実行し、3日目においてはNO_x計の点検をしたために、データから除外している。又、図16（b）の表は、図16（a）のグラフで用いた数値を表形式で示し、図16（c）の表は、発電所出力、混焼率、及び図16（c）内の最も左の列で示される日にちの差の平均値を示す。また、混焼前の値は、アンモニア注入前30分の値であり、混焼後の値は、アンモニア注入後30分ごとに4点乃至5点のデータを取った、その平均値である。

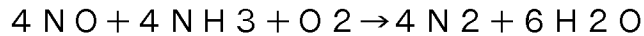
[0120] 図16（c）を参照して、アンモニアの混焼率が約0.8%の5日目においては、他の日に比較して、アンモニアの混焼率が約0.6%から約0.8%に上昇したのに反して、混焼後のボイラ出口におけるNO_x値が、混焼前より大きく減少することを確認した。

[0121] 又、図16（c）を参照して、アンモニアの混焼率が約0.6%であった、2日目、4日目、6日目、7日目においては、混焼前に比較した混焼後のNO_x値の増加量は安定しないと共に、その平均値は、0.17 ppmとプラスの値を示した一方で、アンモニアの混焼率が約0.8%であった5日目の、混焼前に比較した混焼後のNO_x値の増加量は、-13.75 ppmとマイナスの値となったことを確認した。

[0122] これにより、アンモニアを石炭と混焼させる場合、アンモニア混焼率は0.8%以上が望ましく、又、アンモニア供給量を増加させるほど、NO_x値

を低減できる可能性が示唆された。

これは、



の化学反応式で示されるような、無触媒脱硝反応が進行したためであると推定される。

[0123] (ボイラ出口アンモニア濃度)

図15を参照すると、ボイラ出口の合計10点において、ECO（節炭器）出口ガスのアンモニア濃度を測定した所、燃料へのアンモニア注入前のアンモニア濃度は0.3ppmであり、燃料へのアンモニア注入後のアンモニア濃度は0.1～0.4ppmであった。すなわち、燃料へのアンモニア注入後においても、ボイラ出口にはアンモニアはほとんど残留しておらず、アンモニアは完全燃焼していることが確認された。

[0124] これは、アンモニアが微粉炭火炎の周囲を螺旋状の軌跡を描くよう、アンモニアを微粉炭火炎の接線方向に噴射し、アンモニアの燃焼距離を長く取ったことにより、アンモニアの燃焼時間が確保されたためであると推定される。

[0125] (CO₂分析)

図15を参照すると、ボイラの出口2点において、ボイラからの排気ガスの組成を測定した。図17は、ボイラの出力、アンモニア注入量と、ボイラからの排気ガス中のCO₂量を示す。なお、(b)の表は、(a)のグラフで用いた数値を表形式で示す。

[0126] 図17を参照すると、当初のCO₂量が12.8%である所、アンモニアの混焼率は、0.6%～0.8%であるため、CO₂量はそれらの数値の積である0.1%程度しか減少しないことが予測されたが、実際には、0.2～1.3%減少した。

[0127] 又、混焼率が約0.6%の場合における年間二酸化炭素削減量は、約3.99（千t-CO₂/年）であり、混焼率が約0.8%の場合における年間二酸化炭素削減量は、約4.12（千t-CO₂/年）であった。（なお、

算定にあたっては、二酸化炭素排出係数は、平成27年度の電気事業者別排出係数（中国電力：0.0007 t-CO₂/kWh）を使用し、設備稼働率は70%として算出した。）混焼したアンモニアがボイラ内で全て燃焼できたため、混焼した率に応じて、二酸化炭素排出量が削減できたものと考えられる。

[0128] 以上、本実施形態によると以下の効果を有する。

（1）本発明による燃焼装置は、微粉炭とアンモニアを火炉の内部で混焼する燃焼装置であって、アンモニアを燃焼させた火炎が微粉炭を燃焼させた火炎の周囲を微粉炭の燃焼火炎の噴射方向を中心軸とする仮想円の接線方向に沿うように、微粉炭の燃焼火炎の噴射方向側に傾斜してアンモニアを噴射するので、アンモニアの燃焼時間を確保することで、アンモニアの不完全燃焼を極力、抑制できる。

[0129] 本実施形態によると、アンモニアが微粉炭火炎の周囲を接線方向に噴射され、アンモニアの燃焼距離が長くなることにより、アンモニアの燃焼時間が確保され、アンモニアが完全燃焼される。

[0130] （2）本発明による燃焼方法は、第1ノズルから燃焼可能に噴射される微粉炭に対して、第2ノズルから燃焼可能に噴射されるアンモニアの混焼率を0.8%以上とすることで、窒素酸化物の発生を極力、抑制できる。

[0131] 本実施形態によると、燃焼に用いたアンモニアが、同時に、燃焼により発生する排気ガス中のNO_xを脱硝する作用を有することにより、アンモニアを有効活用することが可能となる。

符号の説明

- [0132]
- 1 火力発電設備
 - 2 アンモニアガス供給設備
 - 3 アンモニアガス燃料用配管設備
 - 6 ボイラ（火炉）
 - 6A・6B・6C・6D バーナ（燃焼装置）
 - 7 制御部

- 10 貯蔵タンク
- 11 気化器起動弁
- 12 気化器圧力調整弁
- 13 気化器バイパス弁
- 20 気化器
- 21 アクキュムレータ起動弁
- 22 アクキュムレータ圧力調整弁
- 23 アクキュムレータバイパス弁
- 30 アクキュムレータ
- 31、33、34、52、54 遮断弁
- 32 圧力調整弁
- 36 パージ弁
- 37 パージ用ガス供給部
- 40 ヘッダー
- 50 流量計
- 51 流量調整弁
- 53 バーナ弁
- 54 遮断弁
- 55 アンモニア流出遮断弁
- 60A バーナ
- 61 冷却空気弁
- 62 バーナ
- 62A、62B、62C、62D ガスバーナ
- 70 ガス燃料供給部
- 71、71B ガス燃料配管遮断弁
- 72 第1接続部
- 80 アンモニアガス吸収部
- 90 脱硝設備

110、110a、110b、120、120a、120b、130、131、131a、131b、132、140、150、150a、150b

配管

133 パージ配管

151a アンモニアガス流出配管

151b アンモニア供給配管

160 冷却配管

170 ガス燃料配管

171 第1ガスリング

172、172A、172B、172C、172D、172E バーナノ

ズル

173A～173E 第2ノズル

173h 第2噴射口

174 重軽油バーナ

175 第1ノズル

175h 第1噴射口

176 戻り配管

177 遮断弁

178 第2ガスリング

178A・178C・178D・178E 第3ノズル

179 第3ガスリング

179A・179B・179C・179D・179E 第4ノズル

請求の範囲

- [請求項1] 微粉炭とアンモニアを火炉の内部で混焼させる燃焼装置であって、
前記火炉の内部に向かって微粉炭を噴射する第1噴射口を有する第1ノズルと、
前記第1ノズルの周囲に配置され、前記火炉の内部に向かってアンモニアを噴射する第2噴射口を有する一つ以上の第2ノズルと、を備え、
前記第2ノズルの第2噴射口は、アンモニアの燃焼火炎が微粉炭の燃焼火炎の噴射方向を中心軸とする仮想円の接線方向に沿うように、かつ、微粉炭の燃焼火炎の噴射方向側に傾斜して開口している、燃焼装置。
- [請求項2] アンモニアを前記第2ノズルに向けて輸送するアンモニアガス供給配管と、
前記第1ノズルを中心部に配置し、前記アンモニアガス供給配管からアンモニアガスが分配される第1ガスリングと、を備え、
前記第2ノズルは、前記第1ノズルの周囲に配置された複数の第2ノズルからなり、
これらの前記第2ノズルは、前記第1ガスリングからアンモニアガスが供給されている、請求項1記載の燃焼装置。
- [請求項3] アンモニアを前記第2ノズルに向けて輸送するアンモニアガス供給配管と、
ガス燃料が輸送されるガス燃料配管と、
前記第1ノズルを中心部に配置し、前記ガス燃料配管からガス燃料が分配される第2ガスリングと、
前記第1ノズルの周囲に配置した単一の前記第2ノズルと、
前記第1ノズルの周囲に配置し、前記火炉の内部に向かってガス燃料を噴射する一つ以上の第3ノズルと、
前記第2ガスリングと前記第2ノズル及び前記第3ノズルを接続す

るバーナノズルと、を備え、

前記第 2 ノズルを接続したバーナノズルは、当該バーナノズルの流路を開閉自在なガス燃料配管遮断弁を有し、

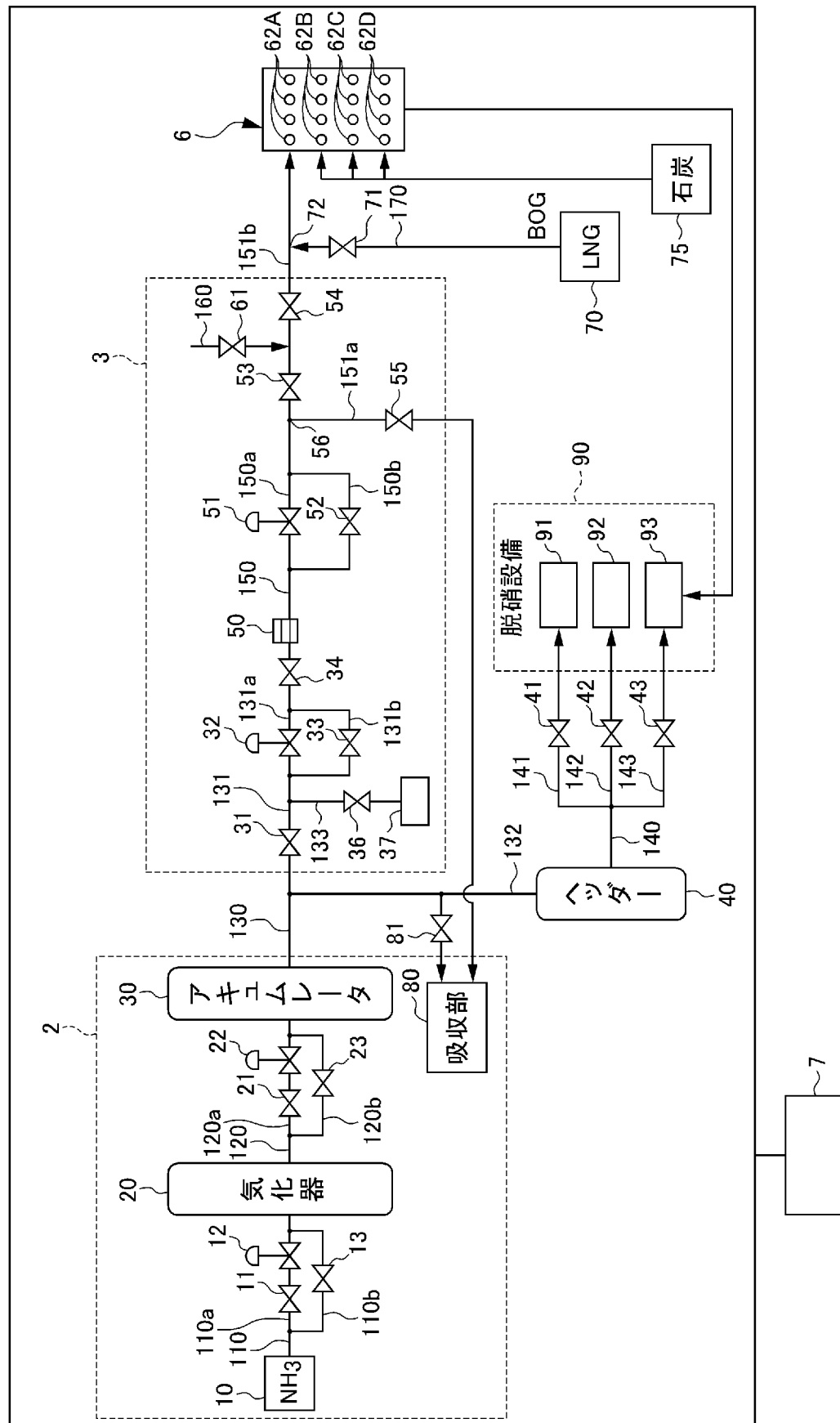
前記アンモニアガス供給配管は、前記ガス燃料配管遮断弁を閉じた状態で、前記第 2 噴射口からアンモニアを噴射可能に、前記第 2 ノズルに接続したバーナノズルに直結している、請求項 1 記載の燃焼装置。

[請求項 4]

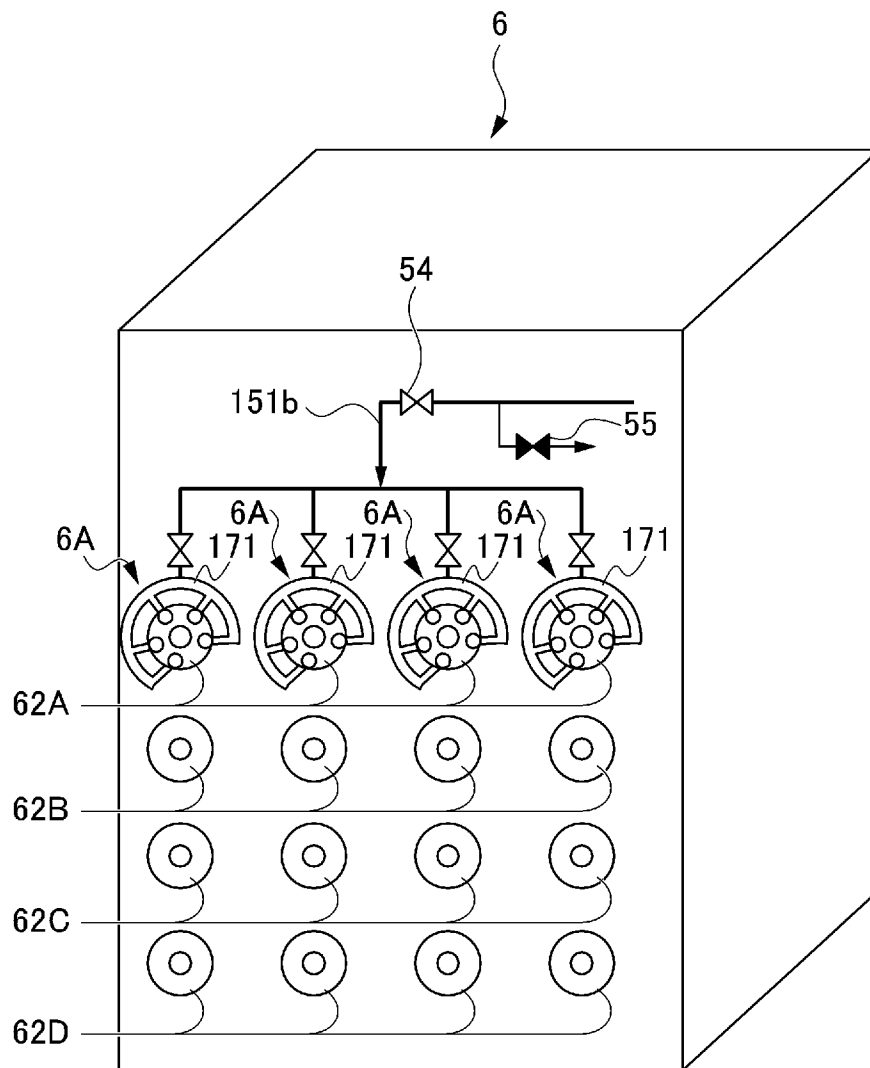
請求項 1 から 3 のいずれかに記載の燃焼装置に用いられ、微粉炭とアンモニアを火炉の内部で混焼させる燃焼方法であって、

前記第 1 ノズルから燃焼可能に噴射される微粉炭に対して、前記第 2 ノズルから燃焼可能に噴射されるアンモニアの混焼率が、0.8%以上である、燃焼方法。

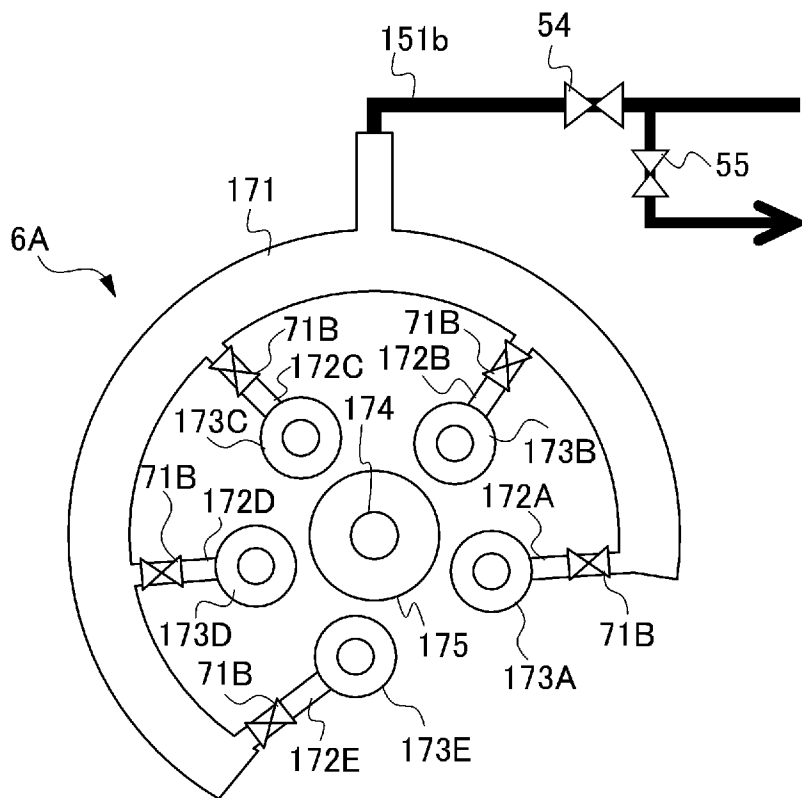
[図1]



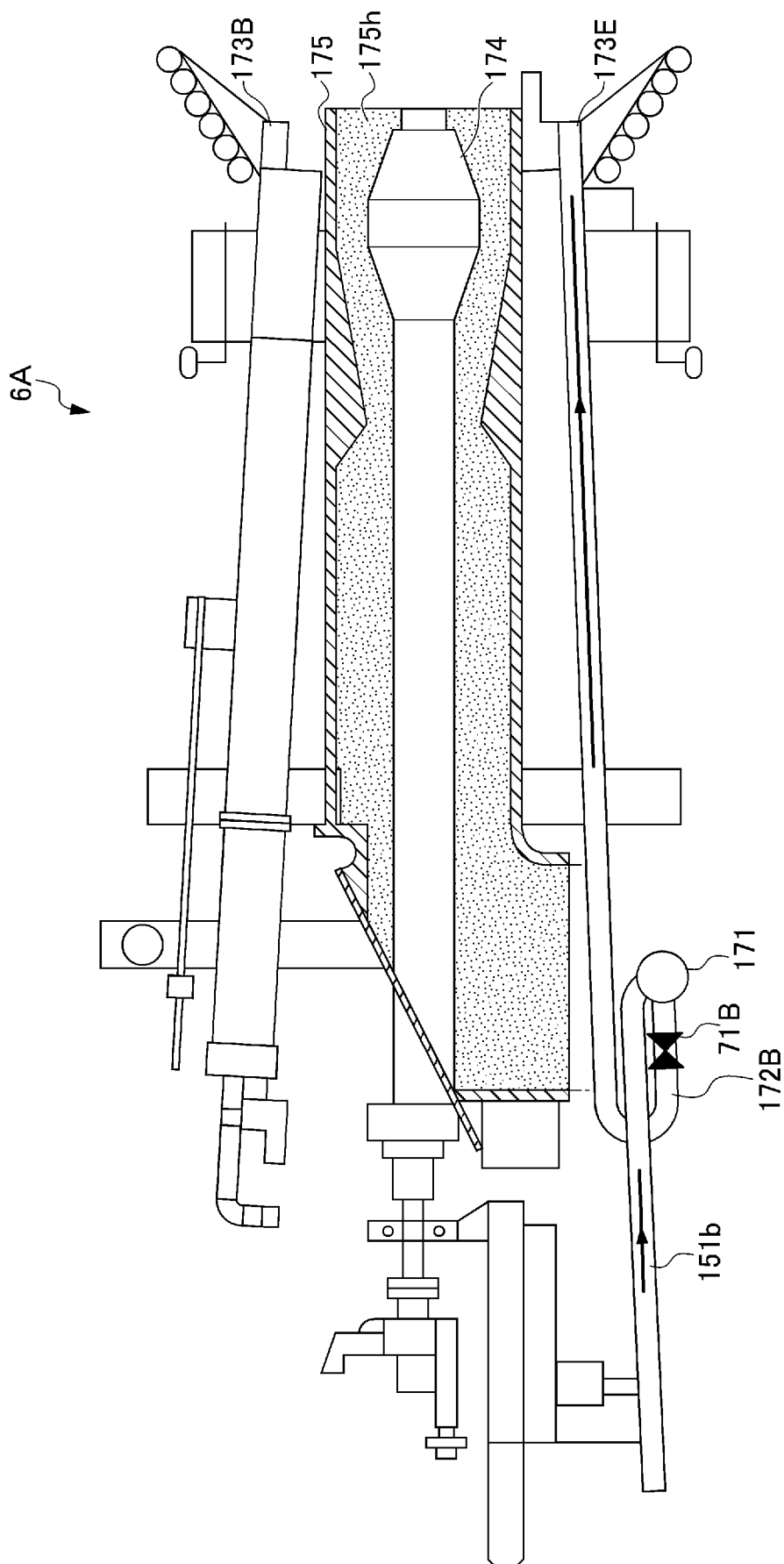
[図2]



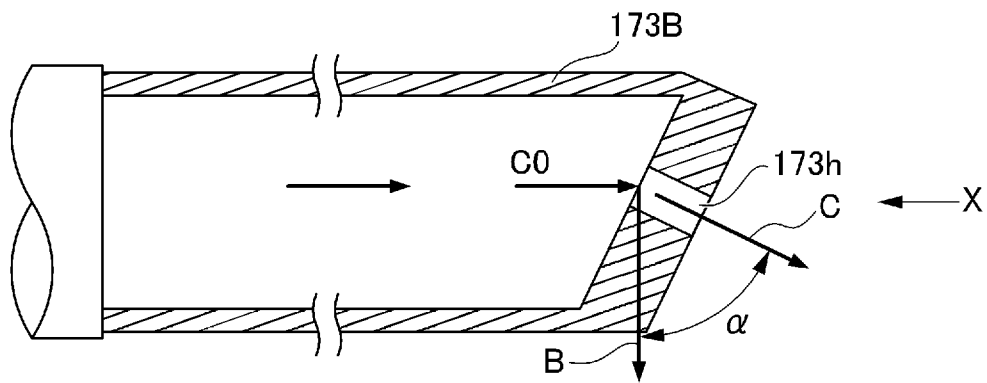
[図3]



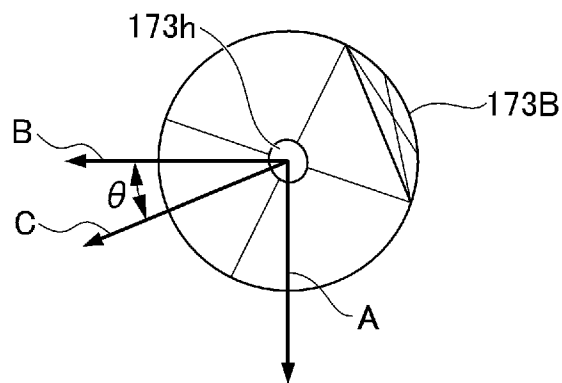
[図4]



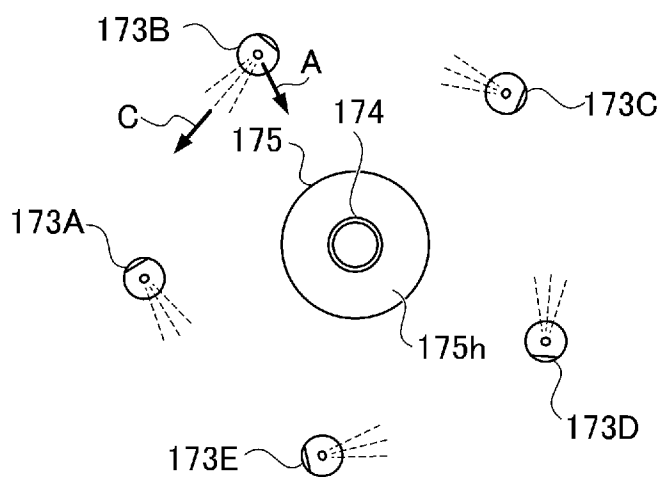
[図5]



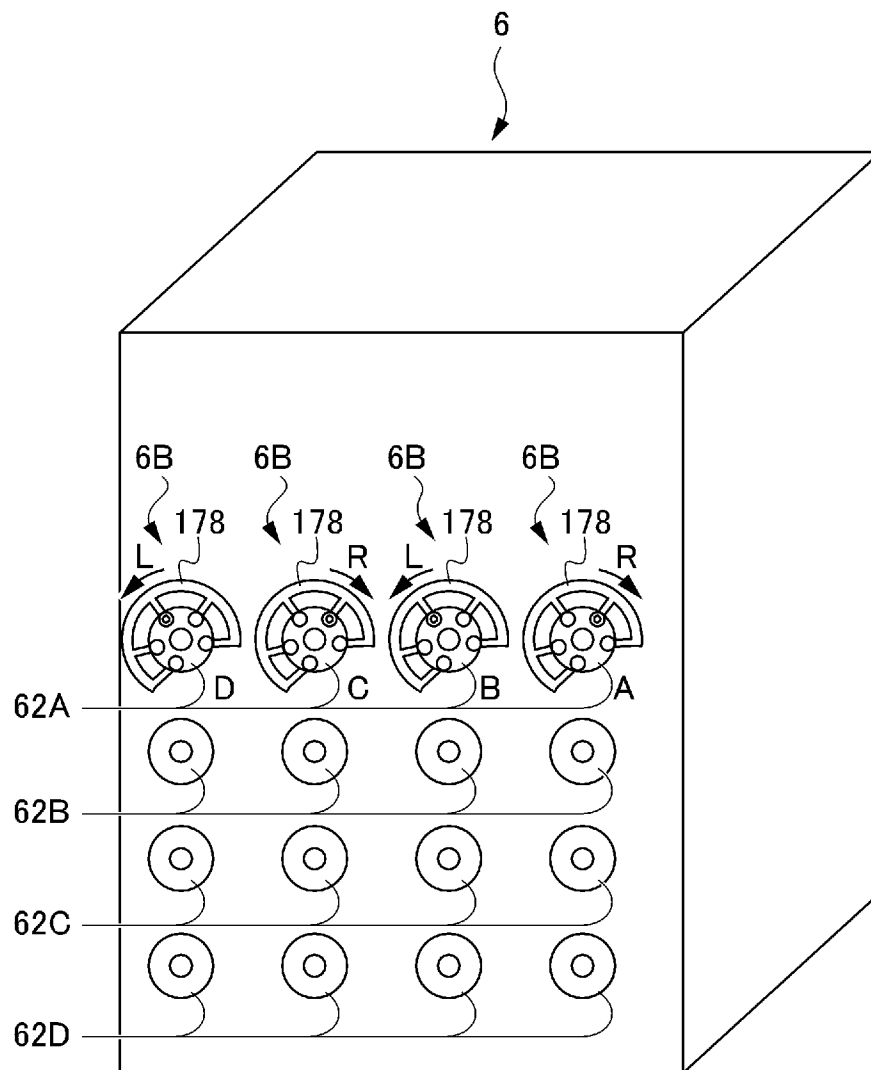
[図6]



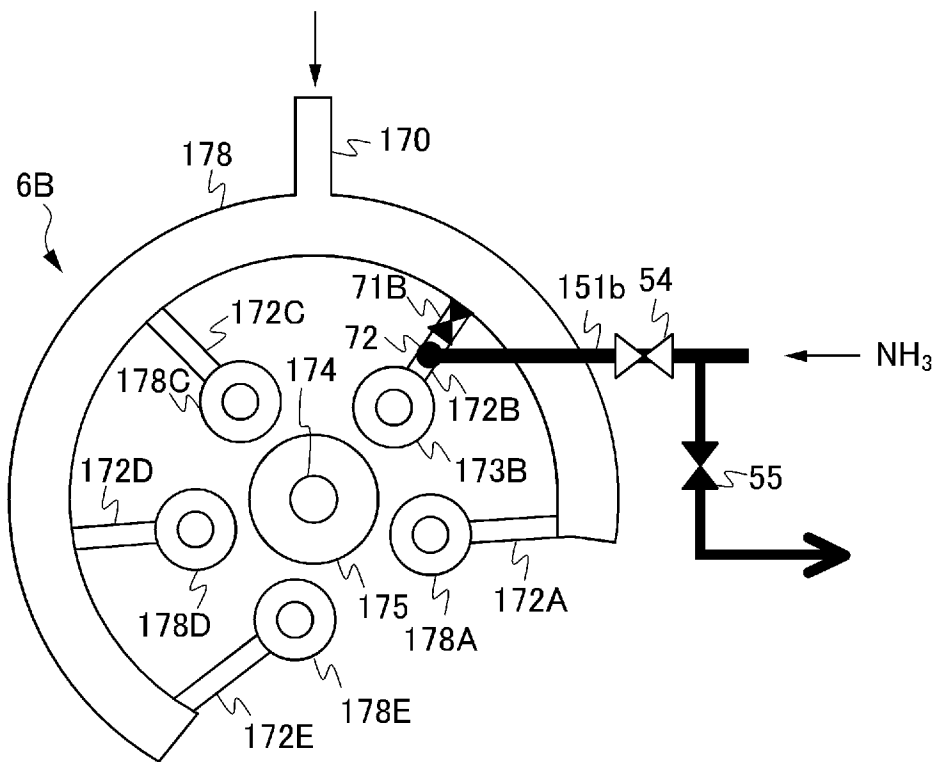
[図7]



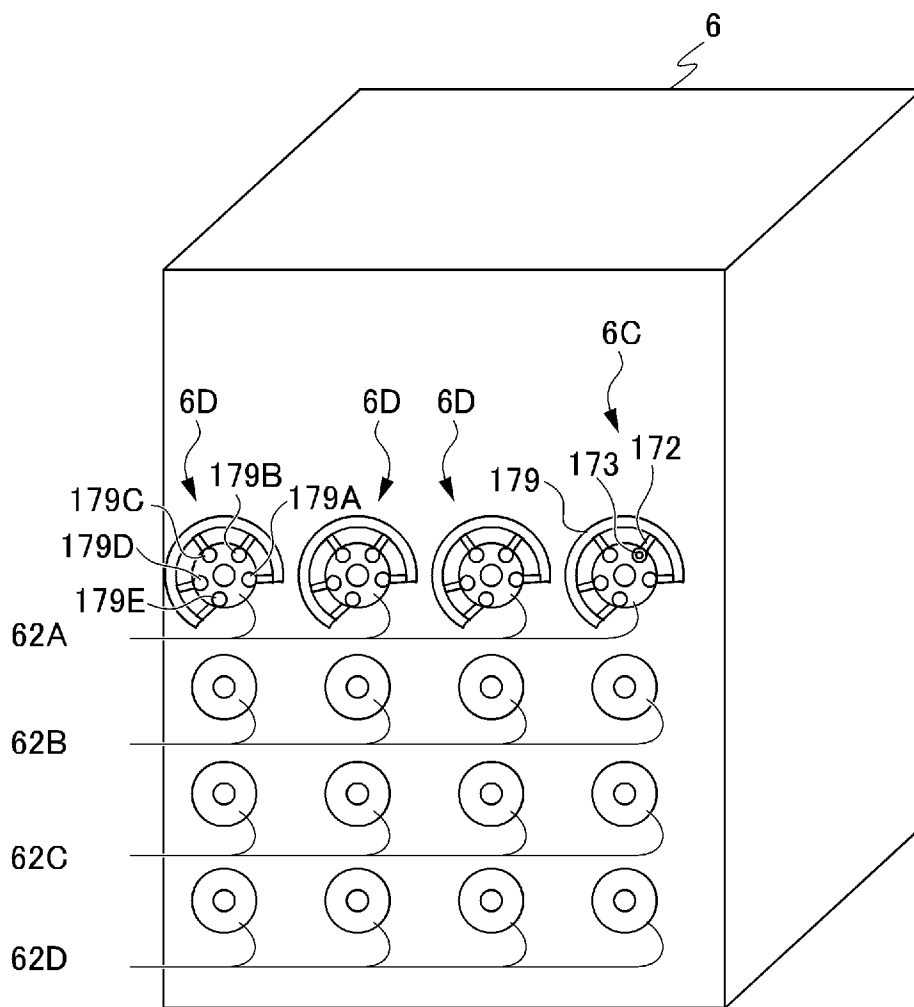
[図8]



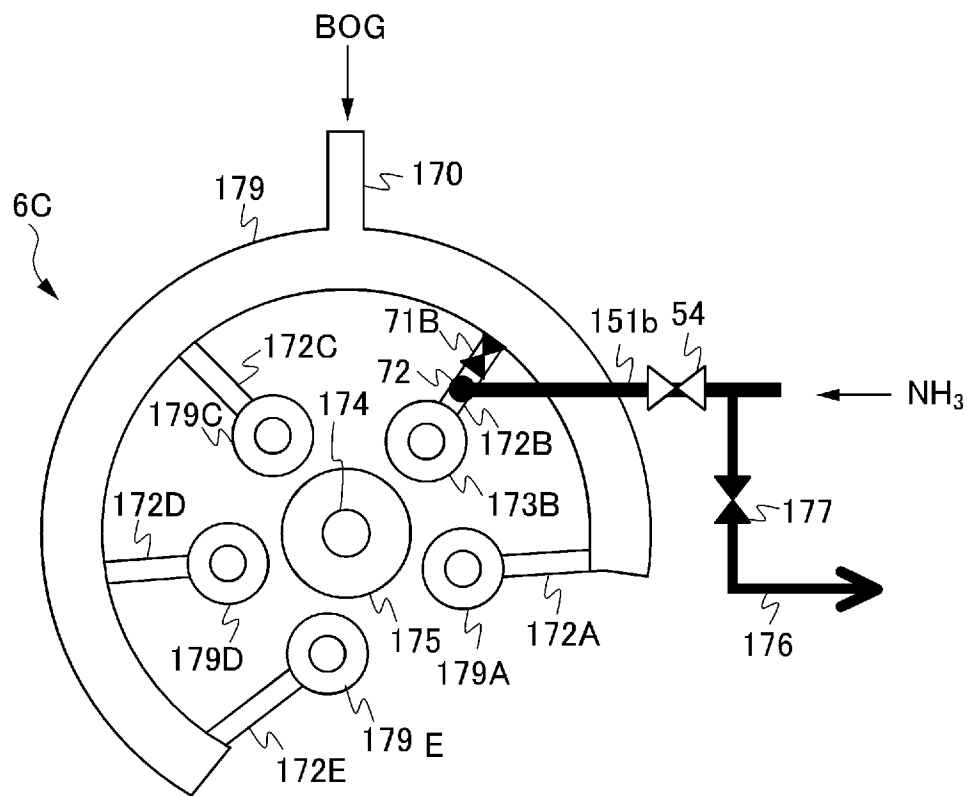
[図9]



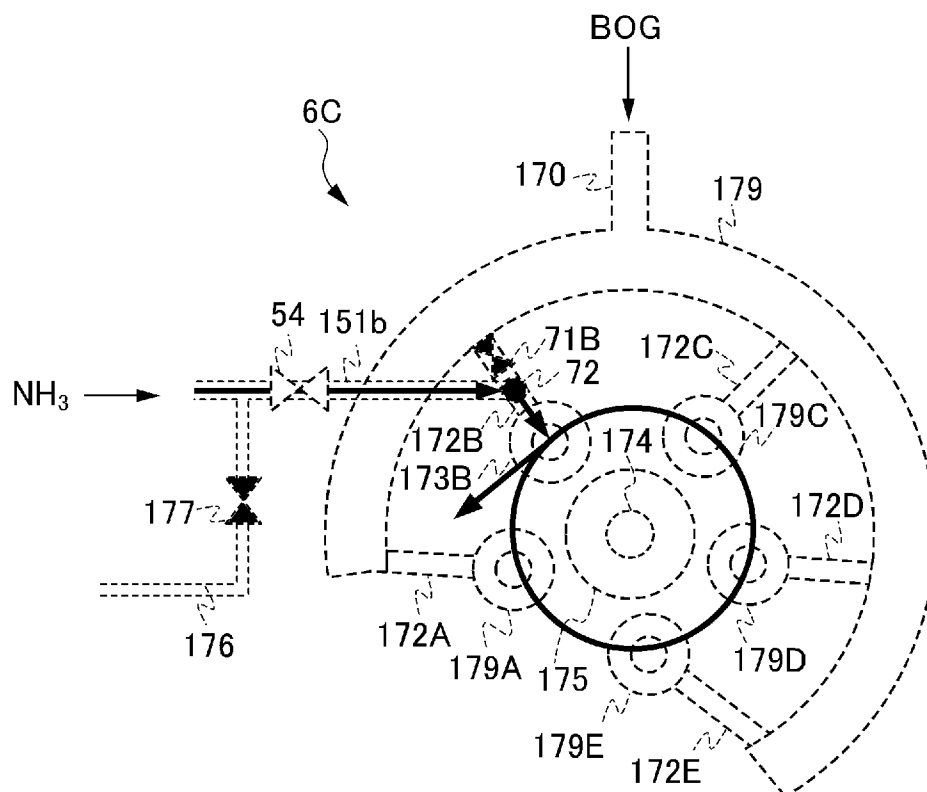
[図10]



[図11]

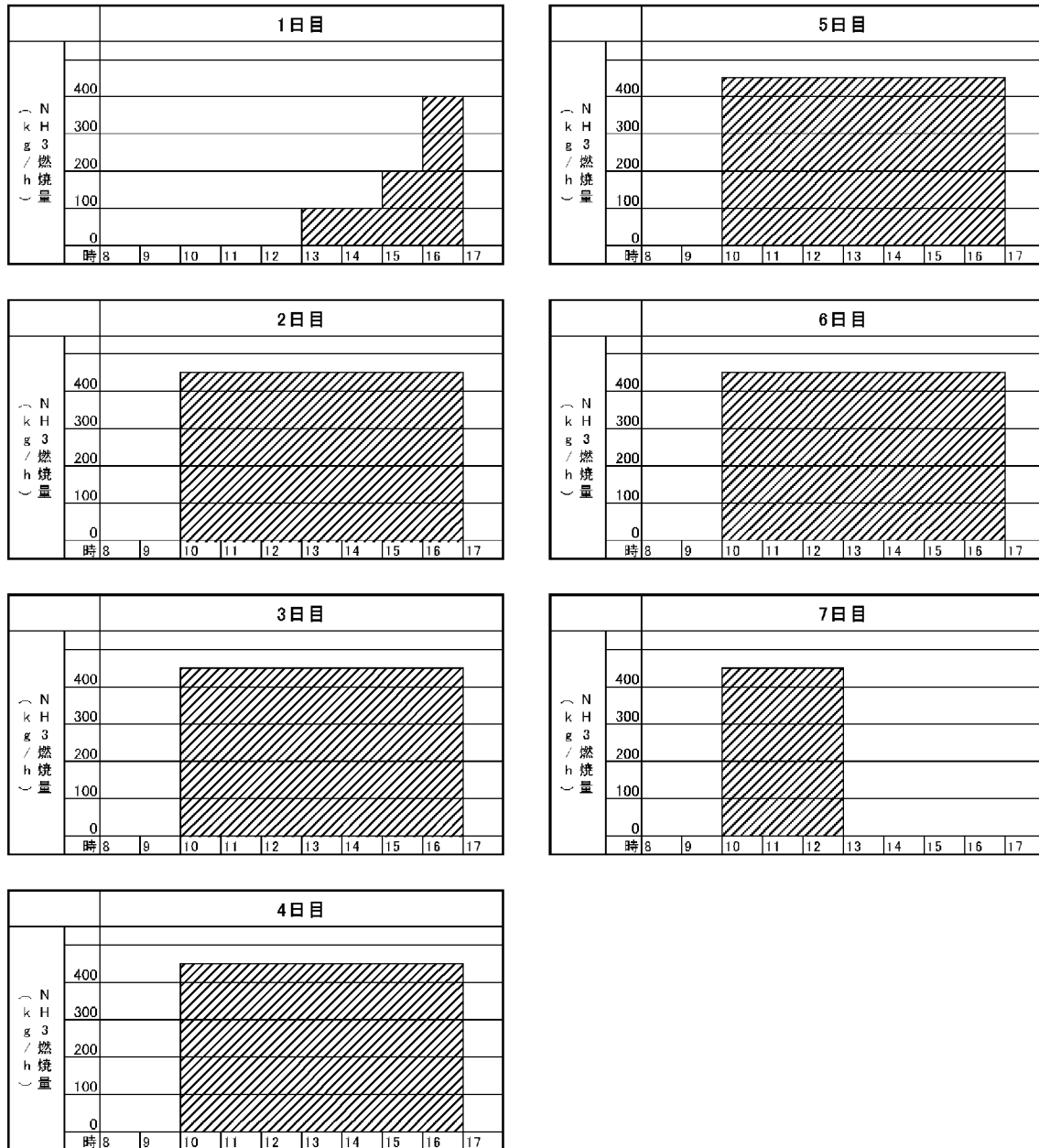


[図12]



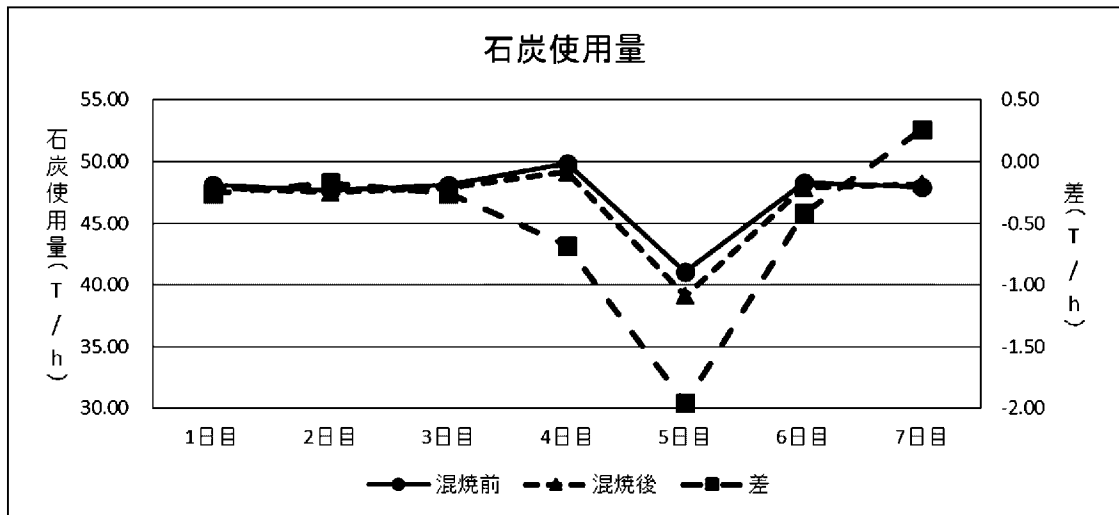
[図13]

アンモニア燃焼量のスケジュール



[図14]

(a)



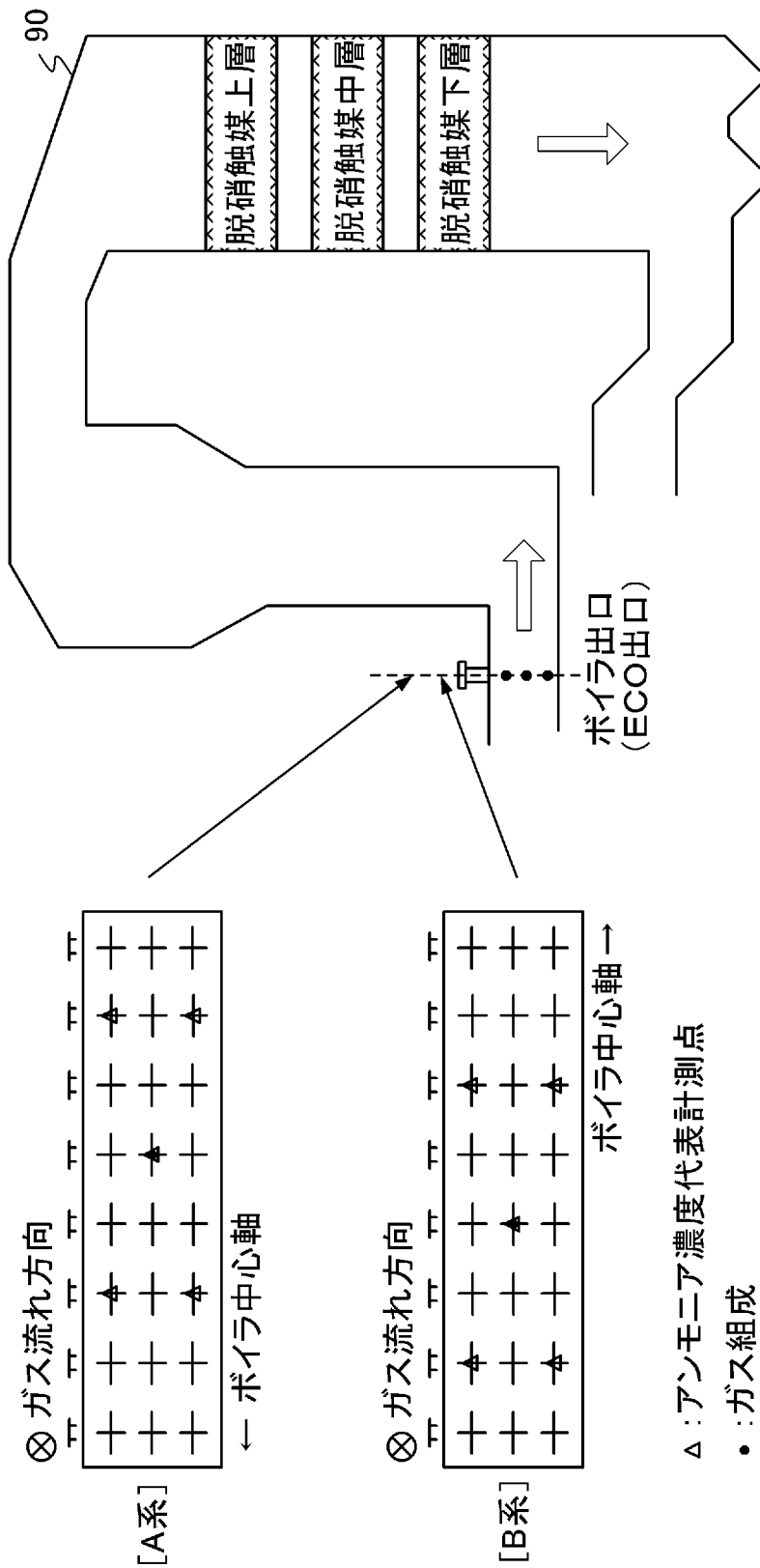
(b)

	1日目	2日目	3日目	4日目	5日目	6日目	7日目
混焼前	48.14	47.67	48.14	49.84	41.07	48.29	47.94
混焼後	47.88	47.50	47.88	49.16	39.11	47.87	48.20
差	-0.26	-0.17	-0.26	-0.68	-1.96	-0.42	0.26

(c)

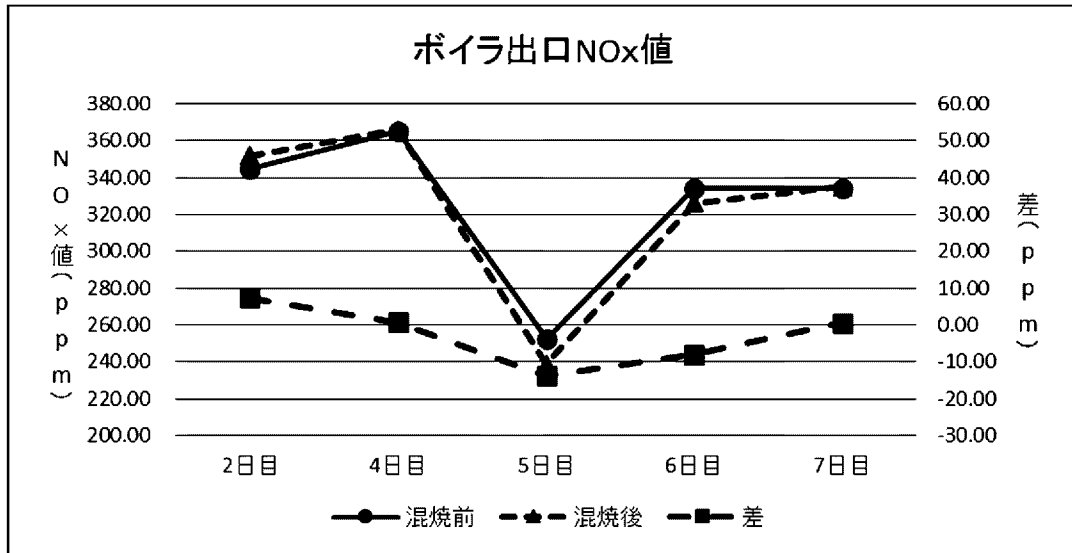
平均	単位: T/h	
2~4、6日目	155MW	-0.38
5日目	120MW	-1.96
全日程		-0.50

[図15]



[図16]

(a)



(b)

単位: ppm

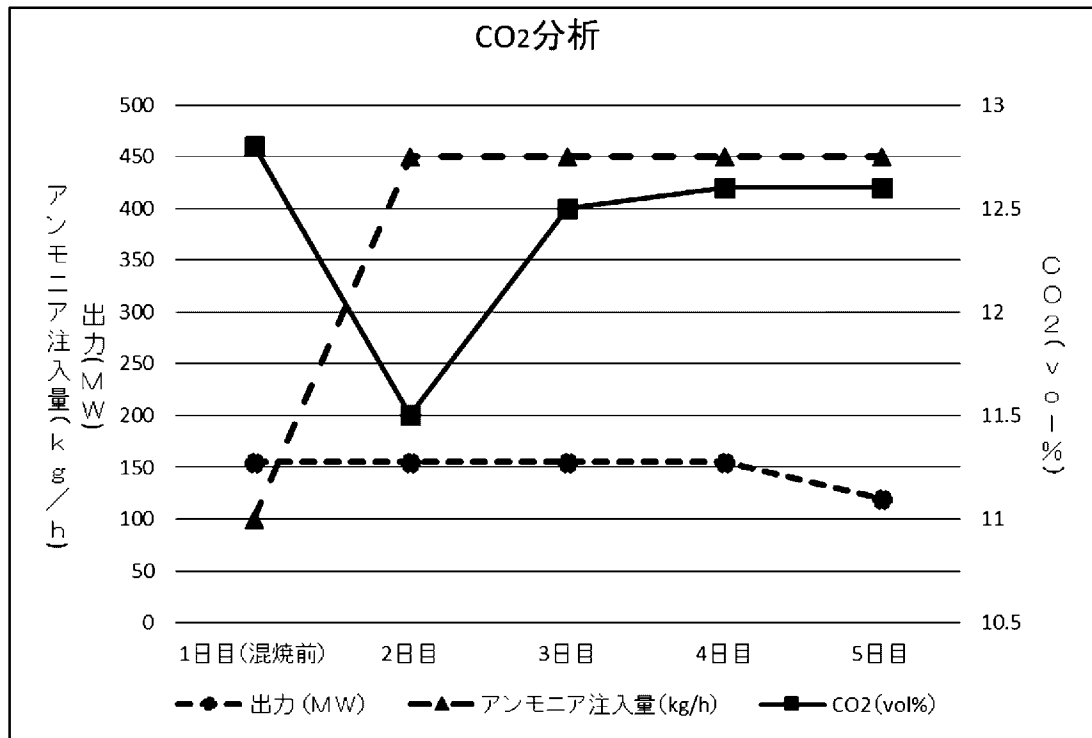
	2日目	4日目	5日目	6日目	7日目
混焼前	344.53	365.47	252.50	334.06	334.38
混焼後	351.84	366.16	238.75	326.13	335.00
差	7.31	0.69	-13.75	-7.94	0.63

(c)

	発電所出力(万kW)	混焼率(%)	差の平均(ppm)
2、4、6、7日目	15.5	0.6	0.17
5日目	12	0.8	-13.75

[図17]

(a)



(b)

	1日目(混焼前)	2日目	3日目	4日目	5日目
出力(MW)	155	155	155	155	120
アンモニア注入量(kg/h)	100	450	450	450	450
CO ₂ (vol%)	12.8	11.5	12.5	12.6	12.6
	ベース	-1.3	-0.3	-0.2	-0.2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/034586

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F23C1/12(2006.01)i, F23C5/08(2006.01)i, F23D17/00(2006.01)i, F23K5/00(2006.01)i

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)

F23C1/12, F23C5/08, F23D17/00, F23K5/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2016-041990 A (Toyo Engineering Corp.), 31 March 2016 (31.03.2016), paragraphs [0015] to [0020], [0026] to [0029]; fig. 1, 3 (Family: none)	1-4
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 090146/1985(Laid-open No. 000909/1987) (Babcock-Hitachi Kabushiki Kaisha), 07 January 1987 (07.01.1987), specification, page 9, line 2 to page 13, line 7; fig. 1 to 3 (Family: none)	1-4

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

☐ 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
30 October 2017 (30.10.17)

Date of mailing of the international search report
07 November 2017 (07.11.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/034586

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2016-183839 A (Central Research Institute of Electric Power Industry), 20 October 2016 (20.10.2016), paragraphs [0025] to [0031]; fig. 2 (Family: none)	1-4
A	JP 2016-183840 A (Central Research Institute of Electric Power Industry), 20 October 2016 (20.10.2016), paragraphs [0029] to [0041]; fig. 2 to 3 (Family: none)	1-4
A	JP 58-187709 A (Hitachi, Ltd.), 02 November 1983 (02.11.1983), page 2, lower right column, line 11 to page 3, upper left column, line 5; fig. 3 (Family: none)	1-4

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. F23C1/12(2006.01)i, F23C5/08(2006.01)i, F23D17/00(2006.01)i, F23K5/00(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. F23C1/12, F23C5/08, F23D17/00, F23K5/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2016-041990 A (東洋エンジニアリング株式会社) 2016.03.31, 段落 0015-0020, 0026-0029, 第1,3図 (ファミリーなし)	1-4
A	日本国実用新案登録出願60-090146号(日本国実用新案登録出願公開 62-000909号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマ イクロフィルム (バブコック日立株式会社) 1987.01.07, 明細書第9頁第2行-第13頁第7行, 第1-3図 (ファミリーなし)	1-4

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

30.10.2017

国際調査報告の発送日

07.11.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

大谷 光司

3 L

4033

電話番号 03-3581-1101 内線 3337

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2016-183839 A (一般財団法人電力中央研究所) 2016.10.20, 段落 0025-0031, 第 2 図 (ファミリーなし)	1-4
A	JP 2016-183840 A (一般財団法人電力中央研究所) 2016.10.20, 段落 0029-0041, 第 2-3 図 (ファミリーなし)	1-4
A	JP 58-187709 A (株式会社日立製作所) 1983.11.02, 第 2 頁右下欄第 11 行-第 3 頁左上欄第 5 行, 第 3 図 (ファミリーなし)	1-4