

(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
2016年1月14日(14.01.2016)



(10) 国際公開番号
WO 2016/006534 A1

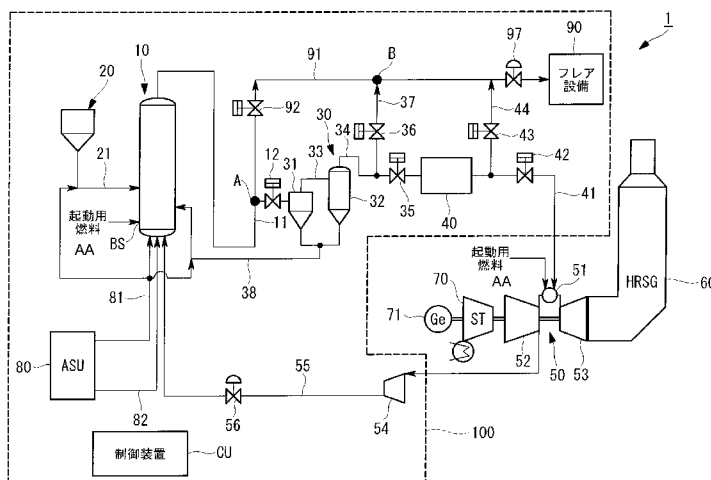
- (51) 国際特許分類:
C10J 3/46 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/069181
- (22) 国際出願日: 2015年7月2日(02.07.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2014-141217 2014年7月9日(09.07.2014) JP
- (71) 出願人: 三菱日立パワーシステムズ株式会社
(MITSUBISHI HITACHI POWER SYSTEMS, LTD.)
[JP/JP]; 〒2208401 神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3番1号 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者: 吉田 章悟(YOSHIDA, Shogo); 〒2208401 神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3番1号 三菱日立パワーシステムズ株式会社内 Kanagawa (JP). 小山 智規(KOYAMA, Yoshinori); 〒1088215 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 山下 俊幸(YAMASHITA, Toshiyuki); 〒1088215 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 藤田 考晴, 外(FUJITA, Takaharu et al.); 〒2208137 神奈川県横浜市西区みなとみらい2-2-1 横浜ランドマークタワー37F Kanagawa (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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, 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, 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).

[続葉有]

(54) Title: GASIFIER EQUIPMENT, INTEGRATED GASIFICATION COMBINED CYCLE FACILITY, AND METHOD FOR STARTING GASIFIER EQUIPMENT

(54) 発明の名称: ガス化炉設備、ガス化複合発電設備、およびガス化炉設備の起動方法

[図1]



AA Starting fuel
CU Control unit
90 Flare equipment

(57) Abstract: Provided is coal gasifier equipment (100) which includes: a coal gasifier (10); a char recovery device (30); flare equipment (90); an air flow regulating valve (56) and an oxygen supply channel (82) that supply oxygen-containing gas to the coal gasifier (10); an inert gas supply channel (81) that supplies nitrogen gas to the upstream side of the char recovery device (30); and a control unit (CU) that controls the supply of the oxygen-containing gas and the supply of the nitrogen gas. The coal gasifier (10) has a starting burner (BS), and the control unit (CU) controls the supply of the nitrogen gas prior to the start of burning of a starting fuel with the starting burner (BS) so that the oxygen concentration of the mixed gas in which the nitrogen gas and combustion gas produced by burning the oxygen-containing gas and the starting fuel are mixed is equal to or lower than an ignition concentration.

(57) 要約:

[続葉有]



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

石炭ガス化炉 (10) と、チャー回収装置 (30) と、フレア設備 (90) と、石炭ガス化炉 (10) に酸素含有気体を供給する空気流量調整弁 (56)、酸素供給流路 (82) と、チャー回収装置 (30) の上流側に窒素ガスを供給するイナータガス供給流路 (81) と、酸素含有気体の供給量および窒素ガスの供給量を制御する制御装置 (CU) と、を備え、石炭ガス化炉 (10) が起動用バーナ (BS) を有し、制御装置 (CU) が、酸素含有気体と起動用燃料との燃焼により生成される燃焼ガスと窒素ガスが混合した混合ガスの酸素濃度が着火濃度以下となるように、起動用バーナ (BS) による起動用燃料の燃焼を開始させるのに先立って、窒素ガスの供給量を制御する石炭ガス化炉設備 (100) を提供する。

明 細 書

発明の名称：

ガス化炉設備、ガス化複合発電設備、およびガス化炉設備の起動方法

技術分野

[0001] 本発明は、ガス化炉設備、ガス化複合発電設備、およびガス化炉設備の起動方法に関するものである。

背景技術

[0002] 石炭ガス化複合発電設備（Integrated Gasification Combined Cycle：IGCC）は、固体炭素質燃料である石炭をガス化し、コンバインドサイクル発電と組み合わせることにより、従来型の石炭火力に比べてさらなる高効率化・高環境性を目指した発電設備である。この石炭ガス化複合発電設備は、資源量が豊富な石炭を利用可能であることも大きなメリットであり、適用炭種を拡大することにより、さらにメリットが大きくなることが知られている。

[0003] 従来の石炭ガス化複合発電設備は、一般的に、給炭装置、石炭ガス化炉、チャー回収装置、ガス精製設備、ガスタービン設備、蒸気タービン設備、排熱回収ボイラを具備して構成される。従って、石炭ガス化炉に対して、給炭装置により石炭（微粉炭）が供給されると共に、ガス化剤（空気、酸素富化空気、酸素、水蒸気など）が取り込まれる。

この石炭ガス化炉では、石炭がガス化され、可燃性ガス（石炭ガス化ガス）が生成される。そして、生成された可燃性ガスは、チャー回収装置にて石炭の未反応分（チャー）が除去されてからガス精製され、この後、ガスタービン設備に供給される。

[0004] ガスタービン設備に供給された可燃性ガスは、燃料として燃焼器で燃焼することで高温・高圧の燃焼ガスを生成し、この燃焼ガスの供給を受けてガスタービン設備のガスタービンが駆動される。

ガスタービンを駆動した後の排気ガスは、排熱回収ボイラで熱エネルギーが回収されて蒸気を生成する。この蒸気は、蒸気タービン設備に供給され、こ

の蒸気により蒸気タービンが駆動される。従って、ガスタービン及び蒸気タービンを駆動源とする発電機により、発電を行うことができる。

一方、排熱回収ボイラで熱エネルギーが回収された排気ガスは、煙突を介して大気へ放出される。

[0005] 上述した石炭ガス化複合発電設備において、石炭ガス化炉の起動プロセスは、以下に示す（１）から（９）のステップを備えている。

すなわち、石炭ガス化炉の一般的な起動プロセスは、（１）窒素ガスパージ、（２）ガス化炉内の加圧／ウォーミング、（３）空気通気及び起動用燃料によるガス化炉点火、（４）ポーラスフィルタへのガス供給、（５）ランピング（加圧）、（６）ガス精製設備への通ガス、（７）ガス化炉燃料の切替、（８）ガスタービン燃料の切替、（９）負荷上昇、の順に実施される。

なお、上述したものは空気吹きの場合であるが、酸素吹きガス化による化学合成品プラントの場合も、上述したプロセスのステップ（７）までは共通である。

[0006] このような起動プロセスにおいて、ステップ（３）のガス化炉点火時に使用される起動用燃料としては、例えば灯油・軽油や天然ガス等を例示できる。

また、ガスタービン燃料切替のステップ（７）においては、石炭ガスの供給を受けられない起動時に使用する起動用燃料（例えば灯油、軽油、天然ガス等）から、ガス化炉で生成された石炭ガスに変更される。

[0007] 特許文献１には、石炭ガス化複合発電設備の起動時において、ガス組成及び圧力が安定しガスタービンで燃焼できる条件になるまで、フレアスタック（フレア設備）で排ガスを燃焼しながらガス化炉やガス精製装置のウォーミングを行うことが記載されている。そして、環境条件の厳しい立地点では、フレアスタック用の排煙処理装置が必要になることも記載されている。

また、特許文献２には、石炭ガス化炉と除塵装置とを連結する主系統ラインに、除塵装置の上流側で分岐してフレアスタックに至るバイパスラインを設けた石炭ガス化プラントが開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：特開昭62－182443号公報

特許文献2：特開2006－152081号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] ところで、上述した起動プロセスにおいて、ステップ（１）～（２）の間は窒素ガスを通ガスするため、例えば純度99vol%の窒素ガス中には、酸素（ O_2 ）は凡そ含有されない。しかし、ステップ（３）の空気通気及び起動用燃料によるガス化炉点火時には、少なくとも本ステップ当初は、空気及び残存酸素を含有する燃焼排ガス（以下、「酸素含有ガス」ともいう）が発生する。

なお、「少なくとも本ステップ当初」としたのは、ステップ（４）以降において、再び酸素が凡そ含有されないガスをポラスフィルタに通ガスするためである。

[0010] この空気及び燃焼排ガスを除塵のためポラスフィルタまで通ガスし、フィルタエレメント中に存在する石炭未燃分（以下、「チャー」と呼ぶ）が燃焼すると、この燃焼熱がフィルタエレメント温度を過上昇させる原因となる。

このようなフィルタエレメント温度の過上昇は、材料の設計温度超過や損傷の原因となるため、空気通気及び起動用燃料によるガス化炉点火当初においては、少なくともポラスフィルタをバイパスしてフレア系統で処理する必要がある。なお、一般的なバイパス流路は、例えば特許文献2に開示されているように、ガス化炉出口とサイクロンとの間を連結する配管流路において、サイクロン入口の上流側で分岐させている。

[0011] しかしながら、上述した方式（過程）による空気通気及び起動用燃料によるガス化炉点火のステップでは、一時的にはあるものの、フレア設備にて

処理される処理ガス中に、ガス化炉内及び配管内に残留する煤塵（チャー）が含まれる。このようなチャーの含有は、たとえ一時的なものであっても好ましいことではなく、ガス化炉起動時における一時的なフレア設備からの処理ガス中へのチャーの含有を抑制することが望まれる。

[0012] 本発明は、上記の課題を解決するためになされたものであり、ガス化炉設備を起動する際にフレア設備にチャーを含むガスが供給されることを抑制しつつ、チャー回収部に存在するチャーに含まれる未燃の固体炭素質の着火を抑制したガス化炉設備、それを備えたガス化複合発電設備、およびガス化炉設備の起動方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0013] 本発明は、上記の課題を解決するため、下記的手段を採用した。

本発明の一態様に係るガス化炉設備は、酸素含有気体を用いて固体炭素質燃料をガス化し、可燃性ガスを生成するガス化炉と、前記ガス化炉により生成された前記可燃性ガスに含まれるチャーを回収するチャー回収部と、前記チャー回収部によりチャーが回収された前記可燃性ガスを燃焼させるフレア設備と、前記ガス化炉に前記酸素含有気体を供給する第1供給部と、前記チャー回収部の上流側にイナートガスを供給する第2供給部と、前記第1供給部が供給する前記酸素含有気体の供給量および前記第2供給部が供給する前記イナートガスの供給量を制御する制御部と、を備え、前記ガス化炉が、前記第1供給部から供給される前記酸素含有気体を用いて起動用燃料を燃焼させる起動用バーナを有し、前記制御部が、前記起動用バーナによる前記酸素含有気体と前記起動用燃料との燃焼により生成される燃焼ガスと前記イナートガスが混合した混合ガスの酸素濃度が着火濃度以下となるように、前記起動用バーナによる前記起動用燃料の燃焼を開始させるのに先立って、前記第2供給部が供給する前記イナートガスの供給量を制御するものである。

[0014] 本発明の一態様に係るガス化炉設備は、ガス化炉設備を起動するために、起動用バーナを用いて酸素含有気体と起動用燃料とを燃焼させる。そして、酸素含有気体と起動用燃料との燃焼により生成される燃焼ガスは、チャー回

収部に供給される。このようにすることで、酸素含有気体及び燃焼ガスに含まれるチャーがチャー回収部で回収された後に、そのガスがフレア設備に供給される。これにより、フレア設備にチャーを含む酸素含有気体及び燃焼ガスが供給されることを防止または抑制することができる。

[0015] ここで、チャー回収部には未燃の固体炭素質を含むチャーが存在するため、チャー回収部に供給される燃焼ガスの酸素濃度が高い場合、チャーに含まれる未燃の固体炭素質を着火させてしまう可能性がある。

そこで、本発明の一態様に係るガス化炉設備は、起動用バーナによる起動用燃料の燃焼を開始させるのに先立って、チャー回収部の上流側に供給するイナータガスの供給量を制御し、酸素含有気体と起動用燃料との燃焼により生成される燃焼ガスとイナータガスが混合した混合ガスの酸素濃度が着火濃度以下となるようにした。

これにより、燃焼ガスが生成される時点からイナータガスと燃焼ガスとが確実に混合し、これらのガスが混合した混合ガスの酸素濃度をより確実に低下させる効果がある。

[0016] このようにすることで、酸素含有気体と起動用燃料との燃焼により生成される燃焼ガスの酸素濃度が高い場合であっても、チャー回収部の上流側で燃焼ガスにイナータガスが混合し、酸素濃度が着火濃度以下の混合ガスがチャー回収部に供給される。そのため、チャー回収部に存在するチャーに含まれる未燃の固体炭素質の着火を抑制することができる。

[0017] 本発明の一態様に係るガス化炉設備においては、前記着火濃度が、前記チャー回収部に存在するチャーに含まれる未燃の固体炭素質が着火し得る酸素濃度の下限値より低い構成としてもよい。

このようにすることで、チャー回収部に存在するチャーに含まれる未燃の固体炭素質の着火を確実に防止することができる。

[0018] 上記構成においては、前記着火濃度が、14体積パーセント濃度であるのが好ましい。

発明者らは、燃焼ガスに含まれる炭塵の濃度が比較的低く、かつ起動時の

ガス化炉内の圧力が定常運転圧に対して比較的低い（例えば、定常運転圧 15 ～ 50 a t a 程度に対して起動時のガス化炉内の圧力 2 ～ 10 a t a 程度）場合、混合ガスの酸素濃度を 14 体積パーセント濃度以下とすることにより、チャー回収部に存在する未燃の固体炭素質の着火を防止することができるという知見を得た。したがって、混合ガスの酸素濃度を 14 体積パーセント濃度以下とすることにより、未燃の固体炭素質の着火を防止することができる。

[0019] 上記構成においては、前記着火濃度が、12 体積パーセント濃度であるのが好ましい。

発明者らは、起動時のガス化炉内の圧力が定常運転圧に対して比較的低い場合、燃焼ガスに含まれる炭塵の濃度に関わらず、混合ガスの酸素濃度を 12 体積パーセント濃度以下とすることにより、未燃の固体炭素質の着火を確実に防止することができるという知見を得た。したがって、混合ガスの酸素濃度を 12 体積パーセント濃度以下とすることにより、未燃の固体炭素質の着火を確実に防止することができる。

[0020] 本発明の一態様に係るガス化炉設備においては、前記ガス化炉が、前記固体炭素質燃料を燃焼させるコンバスタバーナを有し、前記第 2 供給部は、前記コンバスタバーナに前記イナータガスを供給する構成としてもよい。

このようにすることで、ガス化炉設備の稼働時に固体炭素質燃料を燃焼させるために用いられるコンバスタバーナを利用し、酸素含有気体と起動用燃料との燃焼により生成される燃焼ガスにイナータガスを混合させることができる。

[0021] 上記構成においては、前記ガス化炉が、前記コンバスタバーナを複数有し、該複数のコンバスタバーナの吹出口が、該吹出口から排出されるガスがガス化炉断面と略直交方向に渦の中心を形成するように、それぞれ異なる方向に向けて配置されているのが好ましい。

このようにすることで、コンバスタバーナからガス化炉に排出されるイナータガスにより渦が形成され、酸素含有気体と起動用燃料との燃焼により生

成される燃焼ガスとイナータガスとの混合が促進される。したがって、混合ガスに酸素濃度の高い部分が存在せず、未燃の固体炭素質の着火を抑制することができる。

[0022] 本発明の一態様に係るガス化炉設備においては、前記ガス化炉が、前記可燃性ガスと水との熱交換により蒸気を発生させる熱交換器を有し、前記第2供給部が、前記熱交換器よりも下流側かつ、前記ガス化炉から前記チャー回収部に前記可燃性ガスを供給する可燃性ガス供給流路よりも上流側に、前記イナータガスを供給する構成としてもよい。

このようにすることで、熱交換器よりも上流側にイナータガスを供給して燃焼ガスの温度を低下させる場合に比べ、熱交換器の熱回収効率を向上させることができる。

[0023] 本発明の一態様に係るガス化炉設備においては、前記第2供給部が、前記ガス化炉から前記チャー回収部に前記可燃性ガスを供給する可燃性ガス供給流路に前記イナータガスを供給するようにしてもよい。

このようにすることで、ガス化炉に何らの影響も与えることなくチャー回収部の上流側にイナータガスを供給し、酸素含有気体と起動用燃料との燃焼により生成される燃焼ガスにイナータガスを混合させることができる。

[0024] 本発明の一態様に係るガス化複合発電設備は、上記態様のガス化炉設備と、前記ガス化炉設備により生成された前記可燃性ガスを燃料として運転されるガスタービン設備と、前記ガスタービン設備による前記可燃性ガスの燃焼により生成される燃焼排ガス中の熱を回収して蒸気を発生させる排熱回収ボイラと、該排熱回収ボイラから供給される蒸気により運転される蒸気タービン設備と、前記ガスタービン設備が供給する動力および前記蒸気タービン設備が供給する動力により駆動される発電機とを備える。

このようにすることで、ガス化炉設備を起動する際にフレア設備にチャーを含むガスが供給されることを抑制しつつ、チャー回収部に存在するチャーに含まれる未燃の固体炭素質の着火を抑制したガス化複合発電設備を提供することができる。

[0025] 本発明の一態様に係るガス化炉設備の起動方法は、酸素含有気体を用いて固体炭素質燃料をガス化することで、可燃性ガスが生成されるガス化炉と、前記ガス化炉により生成された前記可燃性ガスに含まれるチャーを回収するチャー回収部と、前記チャー回収部によりチャーが回収された前記可燃性ガスを燃焼させるフレア設備と、前記ガス化炉に前記酸素含有気体を供給する第1供給部と、前記チャー回収部の上流側にイナートガスを供給する第2供給部とを備えるガス化炉設備の起動方法であって、前記第2供給部が供給する前記イナートガスの供給量を制御する制御工程と、起動用バーナにより前記酸素含有気体と起動用燃料とを燃焼して燃焼ガスを生成する起動用燃焼工程とを備え、前記制御工程が、前記起動用燃焼工程により生成される燃焼ガスと前記イナートガスが混合した混合ガスの酸素濃度が着火濃度以下となるように、前記起動用燃焼工程に先立って、前記第2供給部が供給する前記イナートガスの供給量を制御する。

[0026] 本発明の一態様に係るガス化炉設備の起動方法は、ガス化炉設備を起動するために、起動用燃焼工程により、起動用バーナを用いて酸素含有気体と起動用燃料とを燃焼させる。そして、酸素含有気体と起動用燃料との燃焼により生成される燃焼ガスは、チャー回収部に供給される。このようにすることで、酸素含有気体及び燃焼ガスに含まれるチャーがチャー回収部で回収された後に、酸素含有気体及び燃焼ガスがフレア設備に供給される。そのため、フレア設備にチャーを含むガスが供給されることが抑制される。

[0027] ここで、チャー回収部には未燃の固体炭素質を含むチャーが存在するため、チャー回収部に供給される酸素含有気体及び燃焼ガスの酸素濃度が高い場合、チャーに含まれる未燃の固体炭素質が着火する可能性がある。

そこで、本発明の一態様に係るガス化炉設備の起動方法は、起動用バーナによる酸素含有気体と起動用燃料との燃焼を開始させるのに先立って、チャー回収部の上流側に供給するイナートガスの供給量を制御し、酸素含有気体と起動用燃料との燃焼により生成される燃焼ガスとイナートガスが混合した混合ガスの酸素濃度が着火濃度以下となるようにした。

[0028] このようにすることで、酸素含有気体と起動用燃料との燃焼により生成される燃焼ガスの酸素濃度が高い場合であっても、チャー回収部の上流側で燃焼ガスにイナートガスが混合し、酸素濃度が着火濃度以下の混合ガスがチャー回収部に供給される。そのため、チャー回収部に存在するチャーに含まれる未燃の固体炭素質の着火を抑制することができる。

[0029] 本発明の一態様に係るガス化炉設備の起動方法においては、前記着火濃度が、前記チャー回収部に存在するチャーに含まれる未燃の固体炭素質が着火し得る酸素濃度の下限値より低い構成としてもよい。

このようにすることで、そのため、チャー回収部に存在するチャーに含まれる未燃の固体炭素質の着火を確実に防止することができる。

[0030] 上記構成においては、前記着火濃度が、14体積パーセント濃度であるのが好ましい。

発明者らは、燃焼ガスに含まれる炭塵の濃度が比較的低く、かつ起動時のガス化炉内の圧力が定常運転圧に対して比較的低い場合、混合ガスの酸素濃度を14体積パーセント濃度以下とすることにより、チャー回収部に存在する未燃の固体炭素質の着火を防止することができるという知見を得た。したがって、混合ガスの酸素濃度を14体積パーセント濃度以下とすることにより、未燃の固体炭素質の着火を防止することができる。

[0031] 上記構成においては、前記着火濃度が、12体積パーセント濃度であるのが好ましい。

発明者らは、起動時のガス化炉内の圧力が定常運転圧に対して比較的低い場合、燃焼ガスに含まれる炭塵の濃度に関わらず、混合ガスの酸素濃度を12体積パーセント濃度以下とすることにより、未燃の固体炭素質の着火を確実に防止することができるという知見を得た。したがって、混合ガスの酸素濃度を12体積パーセント濃度以下とすることにより、未燃の固体炭素質の着火を確実に防止することができる。

発明の効果

[0032] 本発明によれば、ガス化炉設備を起動する際にフレア設備にチャーを含む

ガスが供給されることを抑制しつつ、チャー回収部に存在するチャーに含まれる未燃の固体炭素質の着火を抑制したガス化炉設備、それを備えたガス化複合発電設備、およびガス化炉設備の起動方法を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0033] [図1]第1実施形態の石炭ガス化複合発電設備を示す系統図である。

[図2]第1実施形態の石炭ガス化炉を示す縦断面図である。

[図3]コンバスタバーナの吹出口の方向を示す石炭ガス化炉の横断面図である。

[図4]第1実施形態の石炭ガス化複合発電設備の起動工程を示すフローチャートである。

[図5]石炭ガス化複合発電設備の起動工程の比較例を示すフローチャートである。

[図6]チャー回収装置から排出されるガスの流量を示す図であり、(a)が第1実施形態の起動工程におけるガスの流量を示し、(b)が起動工程の比較例におけるガスの流量を示す。

[図7]石炭ガス化炉から排出される混合ガスの酸素濃度を示す図であり、(a)が第1実施形態の起動工程における混合ガスの酸素濃度を示し、(b)が起動工程の比較例における混合ガスの酸素濃度を示す。

[図8]着火域と不着火域の境界における微粉炭の炭塵濃度と酸素濃度との関係を示す図である。

[図9]第2実施形態の石炭ガス化炉を示す縦断面図である。

[図10]第3実施形態の石炭ガス化炉を示す縦断面図である。

[図11]第4実施形態の石炭ガス化炉を示す縦断面図である。

発明を実施するための形態

[0034] [第1実施形態]

以下、本発明の第1実施形態の石炭ガス化複合発電設備について、図面を用いて説明する。

図1に示すように、本実施形態の石炭ガス化複合発電設備 (Integrated G

asification Combined Cycle : IGCC) 1 は、石炭ガス化炉設備 100 と、ガスタービン設備 50 と、排熱回収ボイラ 60 と、蒸気タービン設備 70 と、発電機 71 とを備える。

[0035] 石炭ガス化炉設備 100 は、固体炭素質燃料である石炭をガス化し、可燃性ガスを生成するための設備である。石炭ガス化炉設備 100 により生成された可燃性ガスは、可燃性ガス供給流路 41 を介して、ガスタービン設備 50 の燃焼器 51 に供給される。石炭ガス化炉設備 100 の詳細については、後述する。

[0036] ガスタービン設備 50 は、燃焼器 51 と、圧縮機 52 と、ガスタービン 53 を備える。燃焼器 51 は、石炭ガス化炉設備 100 から供給される可燃性ガスを、圧縮機 52 により圧縮された圧縮空気を用いて燃焼させる。こうして可燃性ガスが燃焼すると、高温高压の燃焼ガスが生成されて燃焼器 51 からガスタービン 53 へ供給される。この結果、高温高压の燃焼ガスが仕事をし、ガスタービン 53 を駆動し、高温の燃焼排ガスが排出される。そして、ガスタービン 53 の回転軸出力は、後述する発電機 71 や圧縮機 52 の駆動源として使用される。

[0037] 圧縮機 52 は、圧縮空気の一部を可燃性ガス燃焼用として燃焼器 51 へ供給するとともに、圧縮空気の他の一部を石炭ガス化炉設備 100 の抽気空気昇圧機 54 へ供給する。抽気空気昇圧機 54 に供給された圧縮空気は、昇圧された状態で石炭ガス化炉 10 に供給される。

[0038] 排熱回収ボイラ 60 は、ガスタービン 53 から排出される高温の燃焼排ガスが保有する熱を回収して蒸気を生成する設備である。排熱回収ボイラ 60 は、燃焼排ガスと水との熱交換により蒸気を生成し、生成した蒸気を蒸気タービン設備 70 へ供給する。排熱回収ボイラ 60 は、水との熱交換により温度低下した燃焼排ガスを、必要な処理を施した後に大気へ放出する。

[0039] 蒸気タービン設備 70 は、排熱回収ボイラ 60 から供給される蒸気を駆動源とし、発電機 71 が連結される回転軸を回転させる設備である。

発電機 71 は、ガスタービン設備 50 と蒸気タービン設備 70 の双方によ

り駆動される回転軸に連結されており、回転軸の回転により発電を行う。

[0040] 以上説明したように、本実施形態の石炭ガス化複合発電設備 1 は、石炭をガス化して生成した可燃性ガスによりガスタービン設備 50 を駆動し、ガスタービン設備 50 から排出される燃焼排ガスにより蒸気を生成し、生成した蒸気により蒸気タービン設備 70 を駆動し、ガスタービン設備 50 および蒸気タービン設備 70 を駆動源として、発電機 71 による発電を行うものである。

[0041] 次に、本実施形態の石炭ガス化炉設備 100 について、より詳細に説明する。

図 1 に示すように、石炭ガス化炉設備 100 は、石炭ガス化炉（ガス化炉）10 と、給炭装置 20 と、チャー回収装置（チャー回収部）30 と、ガス精製設備 40 と、空気分離装置（Air Separation Unit: ASU）80 と、フレア設備 90 と、抽気空気昇圧機 54 と、制御部 CU とを備える。

[0042] 石炭ガス化炉 10 は、ガス化剤とともに供給された微粉炭をガス化して可燃性ガスを生成する装置である。石炭ガス化炉 10 には、例えば空気吹き二段噴流床ガス化炉と呼ばれる方式の炉が採用されている。この石炭ガス化炉 10 は、ガス化剤とともに導入した微粉炭（固体炭素質燃料）を部分燃焼させてガス化する装置である。そして、石炭ガス化炉 10 で生成した可燃性ガスは、可燃性ガス供給流路 11 を介して、後述するチャー回収装置 30 へと導かれる。

[0043] 石炭ガス化炉 10 に供給されるガス化剤としては、空気、酸素富化空気、酸素、水蒸気等を例示でき、例えばガスタービン設備 50 から抽気空気昇圧機 54 を介して導入した圧縮空気に空気分離装置（ASU）80 から供給される酸素を混合して使用される。石炭ガス化炉 10 の詳細については後述する。

[0044] 給炭装置 20 は、固体炭素質燃料である石炭を、石炭ミル（図示略）を用いて粉碎して微粉炭を生成し、石炭ガス化炉 10 へ供給する装置である。給炭装置 20 により、生成された微粉炭は、空気分離装置 80 からイナータガ

ス供給流路 8 1 を介して供給される窒素ガス（イナートガス）によって搬送されることにより、石炭ガス化炉 1 0 へ供給される。

例えば、イナートガスとは、酸素含有率が約 5 体積％以下の不活性ガスであり、窒素ガスや二酸化炭素ガスやアルゴンガスなどが代表例であるが、必ずしも約 5 ％以下に制限されるものではない。

[0045] チャー回収装置 3 0 は、石炭ガス化炉 1 0 から供給される可燃性ガスに含まれるチャー（未燃分の微粉炭）を可燃性ガスから分離して回収する装置である。チャー回収装置 3 0 は、サイクロン 3 1 とポーラスフィルタ 3 2 とが連結管 3 3 を介して直列に接続された構成となっている。チャー回収装置 3 0 でチャーが分離除去された可燃性ガスは、可燃性ガス供給流路 3 4 を介してガス精製設備 4 0 へ導かれる。

[0046] サイクロン 3 1 は、石炭ガス化炉 1 0 から供給される可燃性ガスに含まれるチャーを分離除去し、可燃性ガス成分をポーラスフィルタ 3 2 へ供給する。

ポーラスフィルタ 3 2 は、サイクロン 3 1 の後流側に設置されたフィルタであり、可燃性ガスに含まれる微細チャーを回収する。

チャー回収装置 3 0 により回収されたチャーは、イナートガス供給流路 8 1 を介して供給される窒素ガス（イナートガス）によって搬送されることにより、チャー回収流路 3 8 を介して石炭ガス化炉 1 0 へ供給される。

[0047] ガス精製設備 4 0 は、チャー回収装置 3 0 でチャーが分離除去された可燃性ガスを精製して不純物を取り除き、ガスタービン設備 5 0 の燃料ガスとして適した性状のガスを精製する設備である。ガス精製設備 4 0 により精製された可燃性ガスは、可燃性ガス供給流路 4 1 を介してガスタービン設備 5 0 の燃焼器 5 1 に供給される。

[0048] 空気分離装置 8 0 は、空気を圧縮しつつ冷却することにより液化し、蒸留により酸素ガス、窒素ガス、アルゴンガス、その他に分離する装置である。空気分離装置 8 0 により分離された酸素ガスは、酸素供給流路 8 2（第 1 供給部）を介して、石炭ガス化炉 1 0 へ供給される。空気分離装置 8 0 により

分離された窒素ガスは、イナータガス供給流路 8 1 を介して、その一部が石炭ガス化炉 1 0 へ供給される。空気分離装置 8 0 により分離された窒素ガスは、イナータガス供給流路 8 1 を介して、その他の一部が微粉燃料供給流路 2 1 及びチャー回収流路 3 8 へ搬送用ガスとして供給される。

[0049] 空気分離装置 8 0 は、後述する制御装置 C U から送信される制御信号に応じて、イナータガス供給流路 8 1 へ供給する窒素ガスの流量と、酸素供給流路 8 2 へ供給する酸素ガスの流量とを、それぞれ調整することが可能となっている。

[0050] フレア設備 9 0 は、チャー回収装置 3 0 によりチャーが回収された可燃性ガスを燃焼させる設備である。フレア設備 9 0 は、石炭ガス化複合発電設備 1 の起動時あるいは停止時において、石炭ガス化炉 1 0 から排出されるガスを燃焼させて大気に放出する。フレア設備 9 0 は、石炭ガス化複合発電設備 1 の起動時には、起動用燃料を石炭ガス化炉 1 0 の起動用バーナにより燃焼させることにより発生する燃焼ガスに含まれる未燃分を燃焼させる。

[0051] また、フレア設備 9 0 は、石炭ガス化複合発電設備 1 の停止時には、ガス精製設備 4 0 により精製された可燃性ガスを燃焼させる。また、フレア設備 9 0 は、石炭ガス化複合発電設備 1 の稼働中に発生する余剰の可燃性ガスを燃焼させることもできる。

[0052] 抽気空気昇圧機 5 4 は、ガスタービン設備 5 0 の圧縮機 5 2 から抽気した圧縮空気を昇圧し、石炭ガス化炉 1 0 へ供給する装置である。抽気空気昇圧機 5 4 により昇圧された圧縮空気は、空気供給流路 5 5 を介して石炭ガス化炉 1 0 へ供給される。

[0053] 制御装置（制御部）C U は、石炭ガス化炉設備 1 0 0 の各部を制御する装置である。制御装置 C U は、制御動作を実行するための制御プログラムが記憶された記憶部（図示略）から制御プログラムを読み出して実行することにより、以下に説明する各種の制御動作を実行する。

[0054] 制御装置 C U は、空気分離装置 8 0 がイナータガス供給流路 8 1 へ供給する窒素ガスの流量を制御する制御信号を空気分離装置 8 0 へ出力することに

より、空気分離装置 80 から石炭ガス化炉 10、微粉燃料供給流路 21、及びチャー回収流路 38 に供給される窒素ガスの流量を制御する。

[0055] また、制御装置 CU は、空気分離装置 80 が酸素供給流路 82 へ供給する酸素ガスの流量を制御する制御信号を空気分離装置 80 へ出力することにより、空気分離装置 80 から石炭ガス化炉 10 に供給される酸素ガスの流量を制御する。

また、制御装置 CU は、空気流量調整弁（第 1 供給部）56 の開度を調整する制御信号を空気流量調整弁 56 へ出力することにより、抽気空気昇圧機 54 から石炭ガス化炉 10 に供給される圧縮空気の流量を制御する。

[0056] このように、空気分離装置 80 の酸素供給流路 82 および空気流量調整弁 56 は、それぞれ酸素含有気体である酸素ガスおよび圧縮空気を石炭ガス化炉 10 に供給する第 1 供給部として機能する。

また、空気分離装置 80 のイナートガス供給流路 81 は、イナートガスである窒素ガスをチャー回収装置 30 の上流側に供給する第 2 供給部として機能する。

また、制御装置 CU は、圧力調整弁 97 の開度を調整する制御信号を圧力調整弁 97 へ出力することにより、石炭ガス化炉 10 内部の圧力を調整することができる。

[0057] ここで、石炭ガス化炉 10 から排出される可燃性ガスが流通する流路およびその流路上に設けられる開閉弁について説明する。

石炭ガス化炉 10 から排出された可燃性ガスは、可燃性ガス供給流路 11 の下流端 A で分岐し、チャー回収装置 30 またはバイパス主流路 91 へ流入する。

[0058] バイパス主流路 91 は、上流端 A から下流端 B に至る流路であり、石炭ガス化炉 10 から排出される可燃性ガスを、チャー回収装置 30 を通過させずにフレア設備 90 へ供給するための流路である。このバイパス主流路 91 に設けられる開閉弁 92 は、石炭ガス化複合発電設備 1 を緊急停止させる場合等に開状態となる。

[0059] バイパス主流路 9 1 に設けられる開閉弁 9 2 が閉状態、かつチャー回収装置 3 0 の上流側に設けられる開閉弁 1 2 が開状態の場合、石炭ガス化炉 1 0 から排出される可燃性ガスは、チャー回収装置 3 0 に供給される。

[0060] チャー回収装置 3 0 に供給された可燃性ガスは、サイクロン 3 1 から連結管 3 3 を経由してポーラスフィルタ 3 2 に供給される。ポーラスフィルタ 3 2 にて微細チャーが除去された可燃性ガスは、可燃性ガス供給流路 3 4 に供給される。

[0061] 分岐配管 3 7 は、可燃性ガス供給流路 3 4 から開閉弁 3 5 の上流側で分岐し、バイパス主流路 9 1 に接続される。分岐配管 3 7 には、開閉弁 3 6 が設けられている。

また、分岐配管 4 4 は、ガス精製設備 4 0 と燃焼器 5 1 との間を接続する可燃性ガス供給流路 4 1 に設けられる開閉弁 4 2 の上流側で分岐し、バイパス主流路 9 1 に接続される。分岐配管 4 4 には、開閉弁 4 3 が設けられている。

[0062] 次に、本実施形態の石炭ガス化炉 1 0 について、図 2 および図 3 を用いてより詳細に説明する。

石炭ガス化炉 1 0 は、図 2 に示すように、ガス化部 1 0 a と、シンガスクーラ（熱交換器） 1 0 b と、圧力容器 1 0 c とを備える。

[0063] ガス化部 1 0 a は、下方からコンバスタ 1 0 d、リダクタ 1 0 e の順で配置される。コンバスタ 1 0 d とリダクタ 1 0 e とによってガス化部 1 0 a が構成される。ガス化部 1 0 a では、下方から上方へとガスが流れるように形成されている。また、石炭ガス化炉 1 0 は、ガス化部 1 0 a のリダクタ 1 0 e の上部にシンガスクーラ 1 0 b が設けられる。

[0064] コンバスタ 1 0 d には、コンバスタバーナ 1 0 f から微粉炭、空気及び酸素ガスが投入され、チャーバーナ 1 0 g からチャー回収装置 3 0 により回収されたチャーが投入される。そして、コンバスタ 1 0 d は、微粉炭及びチャーを一部燃焼させて、リダクタ 1 0 e におけるガス化反応に必要な高温状態に維持される。微粉炭及びチャーの残部は、揮発分（一酸化炭素、水素、低

級炭化水素等)へと熱分解される。また、コンバスタ10dでは、溶融した微粉炭の灰は、灰ホッパ10hに貯留されガス化部10aの下方から排出される。溶融した灰は、水で急冷、粉碎されてガラス状のスラグとなる。

[0065] リダクタ10eでは、コンバスタ10dから供給される高温ガスによって、リダクタバーナ10iから投入された微粉炭がガス化される。これにより、微粉炭から一酸化炭素や水素等のガスが生成される。石炭ガス化反応は、微粉炭及びチャー中の炭素が高温ガス中の二酸化炭素及び水分と反応して一酸化炭素や水素を生成する吸熱反応である。

[0066] コンバスタバーナ10fには、微粉燃料供給流路21を介して、給炭装置20からの微粉炭が、空気分離装置80において分離された窒素ガスとともに供給される。コンバスタバーナ10fには、抽気空気昇圧機54から空気供給流路55を介して圧縮空気が供給される。また、コンバスタバーナ10fには、空気分離装置80から酸素供給流路82を介して酸素ガスが供給される。更に、コンバスタバーナ10fには、イナータガス供給流路81を介して窒素ガスが供給される。圧縮空気と酸素ガスは、ガス化剤(酸化剤)として石炭ガス化炉10に供給される。そして、コンバスタバーナ10fから微粉炭、空気、窒素ガス及び酸素ガスがコンバスタ10d内へ投入される。

[0067] コンバスタバーナ10fに供給される微粉炭の量、酸素ガスの流量、窒素ガスの流量、および圧縮空気の流量は、微粉燃料供給流路21、酸素供給流路82、イナータガス供給流路81、および空気供給流路55のそれぞれに設けられた流量調整弁(図示略)によって調整される。これら流量調整弁(図示略)の開度は、制御装置CUから流量調整弁に出力される制御信号によって制御される。

[0068] 図3に示すように、石炭ガス化炉10は、コンバスタバーナ10fを複数有している。また、複数のコンバスタバーナ10fの吹出口は、吹出口から排出されるガス(微粉炭、酸素ガス、窒素ガス、圧縮空気の混合ガス)が渦Cを形成するように、それぞれ異なる方向に向けて配置されている。

[0069] チャーバーナ10gには、チャー回収流路38を介して、チャー回収装置

30からのチャーが、空気分離装置80において分離された窒素ガスとともに供給される。チャーバーナ10gには、抽気空気昇圧機54から空気供給流路55を介して圧縮空気が供給される。また、チャーバーナ10gには、空気分離装置80から酸素供給流路82を介して酸素ガスが供給される。更に、チャーバーナ10gには、イナータガス供給流路81を介して窒素ガスが供給される。圧縮空気と酸素ガスは、ガス化剤（酸化剤）として石炭ガス化炉10に供給される。そして、チャーバーナ10gからチャー、空気、窒素ガス及び酸素ガスがコンバスタ10d内へ投入される。

[0070] チャーバーナ10gに供給される微粉炭の量、酸素ガスの流量、窒素ガスの流量、および圧縮空気の流量は、チャー回収流路38、酸素供給流路82、イナータガス供給流路81、および空気供給流路55のそれぞれに設けられた流量調整弁（図示略）によって調整される。これら流量調整弁（図示略）の開度は、制御装置CUから流量調整弁に出力される制御信号によって制御される。

[0071] リダクタバーナ10iには、微粉燃料供給流路21を介して、給炭装置20からの微粉炭が、空気分離装置80において分離された窒素ガスとともに供給される。リダクタバーナ10iには、抽気空気昇圧機54から空気供給流路55を介して圧縮空気が供給される。また、リダクタバーナ10iには、イナータガス供給流路81を介して窒素ガスが供給される。そして、リダクタバーナ10iから微粉炭がリダクタ10e内へ投入される。

[0072] リダクタバーナ10iに供給される微粉炭の量、窒素ガスの流量、および圧縮空気の流量は、微粉燃料供給流路21、イナータガス供給流路81、および空気供給流路55のそれぞれに設けられた流量調整弁（図示略）によって調整される。これら流量調整弁（図示略）の開度は、制御装置CUから流量調整弁に出力される制御信号によって制御される。

[0073] ガス化部10aの下流側、すなわちガス化部10aの上部には、シンガスクーラ10bが設けられる。シンガスクーラ10bは、複数の熱交換器からなってもよい。シンガスクーラ10bでは、リダクタ10eから導かれた高

温ガスから顕熱を得て、シンガスクーラ 10b に導かれた水を蒸気として発生させる。シンガスクーラ 10b を通過した生成ガスは、冷却されてから、可燃性ガス供給流路 11 へ排出される。

[0074] 圧力容器 10c は、内部からの圧力に耐え得る容器であり、内部にガス化部 10a とシンガスクーラ 10b を収容する。圧力容器 10c とガス化部 10a とシンガスクーラ 10b は、軸を共通して配置される。

圧力容器 10c の内壁部と、ガス化部 10a 又はシンガスクーラ 10b の外壁部との間には、アニュラス部 10j が設けられている。

[0075] ガス化部 10a の下方には、更に、起動用燃焼室 10k が設けられており、起動用バーナ BS から供給される起動用燃料を燃焼させる。起動用バーナ BS には、酸素供給流路 82 および空気供給流路 55 から、酸素含有気体である酸素ガスおよび圧縮空気が供給される。起動用バーナ BS は、酸素含有気体と起動用燃料とを燃焼させる。酸素供給流路 82 から起動用バーナ BS に供給される酸素ガス量と、空気供給流路 55 から起動用バーナ BS に供給される空気量とは、それぞれ流量調整弁（図示略）によって調整される。

起動用燃料としては、例えば、灯油、軽油、天然ガス等が用いられる。

[0076] 次に、本実施形態の石炭ガス化複合発電設備 1 の起動工程について、図 4 に示すフローチャートを用いて説明する。

図 4 に示すフローチャートの各工程は、制御装置 CU が石炭ガス化複合発電設備 1 の各部を制御することにより実行するものとする。ただし、開閉弁 12, 35, 36, 42, 43, 92 の開閉動作等、各工程の少なくとも一部は、石炭ガス化複合発電設備 1 の作業者が実行してもよい。

[0077] ステップ S401 で、制御装置 CU は、空気分離装置 80 へ制御信号を出力し、イナートガス供給流路 81 を介して石炭ガス化炉 10 へ窒素ガスが供給されるように制御する。イナートガス供給流路 81 を介した石炭ガス化炉 10 への窒素ガスの供給は、図 4 に示す各工程が終了するまで継続される。

ステップ S401 において、制御装置 CU は、開閉弁 35, 42, 92 を閉状態とし、開閉弁 12, 36, 43 を開状態とする。

[0078] このように、ステップS 4 0 1では、石炭ガス化炉1 0に供給される窒素ガスが、チャー回収装置3 0から分岐配管3 7およびバイパス主流路9 1を経由してフレア設備9 0に導かれる。

このようにして、石炭ガス化炉1 0と、チャー回収装置3 0と、フレア設備9 0とが、窒素ガスによりパージされる。

[0079] ステップS 4 0 2で、制御装置C Uは、圧力調整弁9 7の開度を小さくする制御信号を出力し、石炭ガス化炉1 0からフレア設備9 0に至る流路を閉塞し、石炭ガス化炉1 0内を窒素ガスにより加圧する。また、制御装置C Uは、石炭ガス化炉設備1 0 0が備える各部に窒素ガスおよび水を供給することにより、石炭ガス化炉設備1 0 0のウォーミングを行う。

[0080] ステップS 4 0 3で、制御装置C Uは、イナータガス供給流路8 1から分岐して微粉燃料供給流路2 1に接続される流路上に設けられる流量調整弁（図示略）に制御信号を出力し、微粉燃料供給流路2 1へ窒素ガスが供給されるように流量調整弁を制御する。微粉燃料供給流路2 1へ供給された窒素ガスは、コンバスタバーナ1 0 fから石炭ガス化炉1 0のコンバスタ1 0 dへ流入する。

[0081] ステップS 4 0 3における窒素ガスの供給は、ステップS 4 0 4（起動用燃料によるガス化炉点火）における起動用燃料の燃焼に先立って開始される。このように起動用燃料の燃焼に先立って窒素ガスの供給を開始させているのは、起動用燃料の燃焼によって生成される燃焼ガスに、燃焼開始時点から確実に窒素ガスを混合し、これらのガスが混合した混合ガスの酸素濃度を一時的にも酸素濃度が高いときが存在することなく確実に低下させるためである。

[0082] ステップS 4 0 3とステップS 4 0 4を同時に行う場合、コンバスタバーナ1 0 fからコンバスタ1 0 dへ流入する窒素ガスの流量が十分な量となる前に燃焼ガスが発生し、燃焼ガスと窒素ガスとの混合ガスの酸素濃度が、未燃の固体炭素質の着火を十分に抑制できない可能性がある。混合ガスの酸素濃度を確実に低下させることにより、チャー回収装置3 0においてチャーに

含まれる未燃の固体炭素質の着火を抑制することができる。

[0083] ステップS403における窒素ガスの供給を、起動用燃料の燃焼を開始させる時点からどの程度先だって開始させるかは、空気分離装置80の性能や、石炭ガス化炉10の仕様等の種々の条件によって定めるものとする。具体的には、前述の条件を考慮し、ステップS404における起動用燃料の燃焼を開始させる時点で、コンバスタバーナ10fからコンバスタ10dへ目標とする流量の窒素ガスが流入する状態となるようにステップS403における窒素ガスの供給を開始するタイミングを定める。

このタイミングは、少なくとも起動用燃料によるガス化炉点火時点を含む燃焼ガスが発生開始する以前であり、ガス化炉点火の数秒間から数分間前に設定される。

[0084] ステップS403で、制御装置CUは、後述するステップS404で通気する空気（酸素含有気体）と起動用燃料との燃焼により生成される燃焼ガスと窒素ガスが混合した混合ガスの酸素濃度が着火濃度以下となるように、空気分離装置80がイナートガス供給流路81へ供給する窒素ガスの流量を調整する。

ここで、着火濃度としては、例えば、チャー回収装置30に存在するチャーに含まれる未燃の固体炭素質が着火し得る酸素濃度の下限値より低いようにするのが望ましい。この酸素濃度の下限値は、石炭の組成や石炭ガス化複合発電設備1の設置環境等により変化するが、例えば、14体積パーセント濃度、より好ましくは12体積パーセント濃度が例示される。

[0085] ここで、酸素濃度の下限値について説明する。

図8は、着火域と不着火域の境界における微粉炭の炭塵濃度と酸素濃度との関係を示す図である。縦軸が炭塵濃度を示し、横軸が酸素濃度を示す。縦軸は、対数軸で表されている。図8に示す例は、本実施形態の制御装置CUにより制御される酸素濃度の下限値を設定するために、発明者らによって得られた実験データに基づくものである。よって、図8に示す例は、本実施形態の石炭ガス化炉10における炭塵濃度の酸素濃度との関係を直接的に示す

ものではない。

[0086] 図8中の実線は、微粉炭が存在する雰囲気中の絶対圧力が25atmである場合の着火域と不着火域の境界における微粉炭の炭塵濃度と酸素濃度との関係を示している。一方、図8中の破線は、微粉炭が存在する雰囲気中の絶対圧力が大気圧(1atm)である場合の着火域と不着火域の境界における微粉炭の炭塵濃度と酸素濃度との関係を示している。

実線と破線のいずれにおいても、線よりも左側(酸素濃度が低い側)が不着火域であり、線よりも右側(酸素濃度が高い側)が着火域である。実線と破線のいずれも、着火域と不着火域の境界を示しているが、現実には湿度や温度等の他の条件により、着火域でも着火しない場合があり得る。

[0087] 図8に示すように、微粉炭が存在する雰囲気中の酸素濃度が15体積パーセント濃度以下である場合、炭塵の濃度が比較的低く、かつ石炭ガス化炉10内の圧力が定常運転圧に対して比較的低いという条件を満たせば、その条件を満たす未燃の固体炭素質は不着火域に存在することとなる。

チャー回収装置30は、起動時に石炭ガス化炉10と略同圧に加圧されるため、チャー回収装置30に存在する未燃の固体炭素質は、前述した条件を満たすことにより、その着火が防止される。

したがって、混合ガスの酸素濃度を15体積パーセント濃度以下とし、更に前述の条件を満たすようにすることにより、チャー回収装置30に燃焼ガスを供給したとしても、チャー回収装置30に存在する未燃の固体炭素質の着火を防止することができる。

特に、混合ガスの酸素濃度を14体積パーセント濃度以下である場合、石炭ガス化炉内の圧力が1atm以下であれば、あらゆる炭塵濃度においても未燃の固体炭素質は不着火域に存在することとなる。したがって、チャー回収装置30に燃焼ガスを供給したとしても、チャー回収装置30に存在する未燃の固体炭素質の着火を防止することができる。

[0088] また、図8に示すように、微粉炭が存在する雰囲気中の酸素濃度が12体積パーセント濃度以下である場合、起動時のガス化炉内の圧力が定常運転圧に

対して比較的低いという条件を満たせば、その条件を満たす微粉炭は不着火域に存在することとなる。図8に示すように、酸素濃度が12体積パーセント濃度以下である場合は、石炭ガス化炉10内の圧力が石炭ガス化炉10の起動時の炉内圧力よりも十分に高い25atmであっても炭塵濃度によらずに不着火域となる。そのため、石炭ガス化炉10内の圧力が25atmより十分に低い場合、微粉炭は不着火域に存在することとなる。

したがって、混合ガスの酸素濃度を12体積パーセント濃度以下とし、更に前述の条件を満たすようにすることにより、チャー回収装置30に燃焼ガスを供給したとしても、チャー回収装置30に存在する未燃の固体炭素質の着火を確実に防止することができる。

[0089] ステップS404で、制御装置CUは、閉状態の空気流量調整弁56の開度を増加させ、抽気空気昇圧機54から供給される圧縮空気の、空気供給流路55を介して石炭ガス化炉10への供給を開始させる。また、制御装置CUは、ステップS403で供給を開始した窒素ガスの流量が目標流量に到達していることを確認した上で、起動用燃料を起動用バーナBSへ供給し、起動用燃料による燃焼を開始させる。この燃焼により、起動用燃焼室10kにおいて、燃焼ガスが生成される。

[0090] ステップS404では、開閉弁35、42、92が閉状態であり、開閉弁12、36、43を開状態である。したがって、起動用燃焼室10kにおいて生成された燃焼ガスは通気される空気とともに、チャー回収装置30に供給される。チャー回収装置30に供給された燃焼ガスと空気は、燃焼ガスに含まれるチャーが除去された後に、フレア設備90に供給されるので、フレア設備90からの処理ガス中へのチャーの含有を抑制する点で好ましい。

[0091] ステップS405で、制御装置CUは、開閉弁12、35、36、42を閉状態とし、開閉弁92、43を開状態とする。また、制御装置CUは、空気流量調整弁56の開度を増加させる制御信号と、圧力調整弁97の開度を小さくする制御信号とを出力する。これにより、抽気空気昇圧機54から石炭ガス化炉10へ供給される圧縮空気により、石炭ガス化炉10の内部を更

に加圧する。

[0092] ステップS406で、制御装置CUは、開閉弁92, 36, 42を閉状態とし、開閉弁12, 35, 43を開状態とする。これにより、石炭ガス化炉10にて生成され、チャー回収装置30でチャーが回収された燃焼ガスが、ガス精製設備40に供給される。ガス精製設備40を経由した燃焼ガスは、分岐配管44を経由して、フレア設備90に供給される。

[0093] ステップS407で、制御装置CUは、起動用バーナへの起動用燃料の供給を停止させるとともに、給炭装置20からコンバスタバーナ10fへの微粉炭の供給を開始させる。これにより、石炭ガス化炉10が用いるガス化炉燃料が、起動用燃料から微粉炭へ切り替えられる。

[0094] ステップS408で、制御装置CUは、開閉弁92, 36, 43を閉状態とし、開閉弁12, 35, 42を開状態とする。これにより、石炭ガス化炉10が生成し、ガス精製設備40で精製された可燃性ガスが、ガスタービン設備50の燃焼器51に供給される。これに伴って、制御装置CUは、ステップS401より以前に開始している起動用燃料を用いた燃焼器51の燃焼を停止させるべく、起動用燃料の供給を停止する。これにより、ガスタービン設備50が用いるガスタービン燃料が、起動用燃料から石炭ガス化可燃性ガスに切り替えられる。

[0095] ステップS409で、制御部CUは、抽気空気昇圧機54の出力、空気分離装置80から酸素供給流路82への酸素ガスの供給量、給炭装置20の給炭量等を増加させることにより、石炭ガス化複合発電設備1の負荷を徐々に上昇させる。制御部CUは、石炭ガス化複合発電設備1の負荷が所望の負荷に到達した場合に、石炭ガス化複合発電設備1の起動工程が完了したと判断する。

[0096] 次に、石炭ガス化複合発電設備1の起動工程の比較例について、図5を用いて説明する。

なお、図5におけるステップS501, S502, S505～S509は、図4におけるステップS401, S402, S405～S409と同様で

あるので、説明を省略する。

[0097] 図5におけるステップS503で、制御装置CUは、閉状態の空気流量調整弁56の開度を増加させ、抽気空気昇圧機54から供給される圧縮空気の、空気供給流路55を介して石炭ガス化炉10への供給を開始させる。また、制御装置CUは、起動用燃料を起動用バーナBSへ供給し、起動用燃料による燃焼を開始させる。この燃焼により、起動用燃焼室10kにおいて、燃焼ガスが生成される。

[0098] ステップS503で、制御装置CUは、開閉弁12, 35, 36, 42を閉状態とし、開閉弁92, 43を開状態とする。したがって、起動用燃焼室10kにおいて生成された燃焼ガスは、チャー回収装置30に供給されずにバイパス主流路91へ供給される。バイパス主流路91へ供給された燃焼ガスは、燃焼ガスに含まれるチャーが除去されずに、フレア設備90に供給される。

[0099] ステップS504で、制御装置CUは、開閉弁92, 35, 42を閉状態とし、開閉弁12, 36, 43を開状態とする。したがって、起動用燃焼室10kにおいて生成された燃焼ガスは、チャー回収装置30に供給される。チャー回収装置30に供給された燃焼ガスは、燃焼ガスに含まれるチャーが除去された後に、フレア設備90に供給される。

[0100] このように、石炭ガス化複合発電設備1の起動工程の比較例においては、ステップS503において、燃焼ガスに含まれるチャーが除去されずに、フレア設備90に供給される。そのため、燃焼ガスに含まれるチャーが、フレア設備90から放出されるガス中に含有される可能性がある。

[0101] また、ステップS503が完了するまでは、起動用燃料の燃焼により生成した燃焼ガスがチャー回収装置30に供給されないため、ポーラスフィルタ32が暖気されない。したがって、石炭ガス化複合発電設備1の起動工程の比較例では、ポーラスフィルタ32が所定温度（例えば、酸露点の約160℃）以上とするのに要する時間が、本実施形態の起動工程に比べて長くなる。

- [0102] ポーラスフィルタ 32 を酸露点の約 160°C 以上とするのが望ましいのは、ポーラスフィルタ 32 に供給されるガスに含まれる硫黄分が酸化して SO_2 が発生することや、 SO_2 が酸化により SO_3 に転換し、最終的にこれらの硫黄分により腐食が起こることを抑制するためである。
- [0103] 一方で、本実施形態の石炭ガス化複合発電設備 1 の起動工程を示す図 4 においては、ステップ S 404 で起動用バーナ B S による起動用燃料の燃焼を開始させるのに先立って、ステップ S 403 で空気分離装置 80 がイナートガス供給流路 81 に供給する窒素ガスの供給量を増加させるように制御している。
- [0104] 空気分離装置 80 がイナートガス供給流路 81 に供給する窒素ガスは、コンバスタバーナ 10f へ供給されるため、起動用燃料の燃焼により生成した燃焼ガスはコンバスタ 10d にて混合して燃焼ガスよりも酸素濃度が低い混合ガスとなる。
- [0105] このように、本実施形態の石炭ガス化複合発電設備 1 の起動工程によれば、比較例の起動方法に比べ、ポーラスフィルタ 32 に燃焼ガスを通過させる期間が長く確保できるため、ポーラスフィルタ 32 を所定温度（例えば、約 160°C ）以上とするのに要する時間を短縮することができる。
- [0106] また、混合ガスに含まれる酸素濃度を低くすることで、ポーラスフィルタ 32 に供給されるガスに含まれる硫黄分が酸化して SO_2 が発生したり、 SO_2 が酸化により SO_3 に転換し、最終的にこれらの硫黄分により腐食が起こることを抑制することができる。
- [0107] 次に、本実施形態の石炭ガス化複合発電設備 1 の起動工程およびその比較例において、チャー回収装置 30 から排出されるガスの流量について図 6 を用いて説明する。

図 6 において、(a) が本実施形態の起動工程におけるガスの流量を示し、(b) が比較例の起動工程におけるガスの流量を示す。図 6 中の実線は石炭ガス化炉 10 の出口から可燃性ガス供給流路 11 へ供給されるガス量を示し、破線は石炭ガス化炉 10 に供給される空気量を示し、一点鎖線は石炭ガ

ス化炉 10 に供給される窒素ガス量を示す。

[0108] 先ず、図 6 (a) の本実施形態の起動方法を説明する。図 4 のステップ S 401 は、図 6 (a) の時刻 T 1 ~ T 2 に対応している。時刻 T 1 で石炭ガス化炉 10 への窒素ガスの供給が開始され、時刻 T 2 に至るまで石炭ガス化炉 10 に供給する窒素ガスが略一定の流量を維持している。

図 4 のステップ S 402 は、図 6 (a) の時刻 T 2 ~ T 3 に対応している。

[0109] 図 4 のステップ S 403 は、図 6 (a) の時刻 T 2 ~ T 7 に対応している。時刻 T 2 から時刻 T 3 にかけて、空気分離装置 80 からイナータガス供給流路 81 へ供給される窒素ガス量が上昇し、時刻 T 3 から時刻 T 6 に至るまで石炭ガス化炉 10 に供給される窒素ガス量が略一定に維持される。

[0110] 図 4 のステップ S 404 は、図 6 (a) の時刻 T 2 ~ T 7 に対応している。時刻 T 2 から時刻 T 3 にかけて、空気流量調整弁 56 の開度を増加させ、抽気空気昇圧機 54 から石炭ガス化炉 10 に供給される空気量を増加させる。時刻 T 3 から時刻 T 6 に至るまで石炭ガス化炉 10 に供給される空気量が略一定に維持される。

制御装置 CU は、時刻 T 3 で窒素ガス量と空気量が目標量に到達したことを確認すると、時刻 T 4 にて起動用燃料を起動用バーナ BS へ供給し、起動用燃料による燃焼を開始させる。制御装置 CU は、時刻 T 4 から時刻 T 7 に至るまで、各種の条件を適宜に変更しながら、起動用燃料による燃焼を継続する。

[0111] 図 4 のステップ S 405 は、図 6 (a) の時刻 T 7 ~ T 8 に対応している。時刻 T 7 において、制御装置 CU は、空気流量調整弁 56 の開度を増加させる制御信号と、圧力調整弁 97 の開度を小さくする制御信号とを出力する。これにより、時刻 T 7 から時刻 T 8 にかけて、石炭ガス化炉 10 に供給される空気量が増加するとともに、石炭ガス化炉 10 が加圧される。

[0112] 図 4 のステップ S 406 は、図 6 (a) の時刻 T 9 に対応している。制御装置 CU は、時刻 T 8 において石炭ガス化炉 10 が目標圧力まで加圧された

ことを確認してランピング（加圧）を終了する。制御装置ＣＵは、時刻Ｔ９において、チャー回収装置３０でチャーが回収された燃焼ガスがガス精製設備４０に供給されるように、開閉弁９２，３６，４２を閉状態とし、開閉弁１２，３５，４３を開状態とする。

[0113] 続いて、図６（ｂ）の比較例の起動方法について説明する。図５のステップＳ５０１は、図６（ｂ）の時刻Ｔ１～Ｔ２に対応している。時刻Ｔ１で石炭ガス化炉１０への窒素ガスの供給が開始され、時刻Ｔ２に至るまで石炭ガス化炉１０に供給される窒素ガス量が徐々に流量が減少している。

図５のステップＳ５０２は、図６（ｂ）の時刻Ｔ２～Ｔ３に対応している。

[0114] 図５のステップＳ５０３は、図６（ｂ）の時刻Ｔ２～Ｔ７に対応している。時刻Ｔ２から時刻Ｔ３にかけて、空気流量調整弁５６の開度を増加させ、抽気空気昇圧機５４から石炭ガス化炉１０に供給される空気量を増加させる。時刻Ｔ３から時刻Ｔ６に至るまで石炭ガス化炉１０に供給される空気量が略一定に維持される。

制御装置ＣＵは、時刻Ｔ３で空気量が目標量に到達したことを確認すると、時刻Ｔ４にて起動用燃料を起動用バーナＢＳへ供給し、起動用燃料による燃焼を開始させる。制御装置ＣＵは、時刻Ｔ４から時刻Ｔ７に至るまで、各種の条件を適宜に変更しながら、起動用燃料による燃焼を継続する。

[0115] 図５のステップＳ５０５は、図６（ｂ）の時刻Ｔ７～Ｔ８に対応している。時刻Ｔ７において、制御装置ＣＵは、空気流量調整弁５６の開度を増加させる制御信号と、圧力調整弁９７の開度を小さくする制御信号とを出力する。これにより、時刻Ｔ７から時刻Ｔ８にかけて、石炭ガス化炉１０に供給される空気量が増加するとともに、石炭ガス化炉１０が加圧される。

[0116] 図５のステップＳ５０６は、図６（ｂ）の時刻Ｔ９に対応している。制御装置ＣＵは、時刻Ｔ８において石炭ガス化炉１０が目標圧力まで加圧されたことを確認してランピング（加圧）を終了する。制御装置ＣＵは、時刻Ｔ９において、チャー回収装置３０でチャーが回収された燃焼ガスがガス精製設

備 4 0 に供給されるように、開閉弁 9 2, 3 6, 4 2 を閉状態とし、開閉弁 1 2, 3 5, 4 3 を開状態とする。

[0117] このように、図 6 (a) に示す本実施形態の起動工程においては、時刻 T 4 で起動用燃料による燃焼を開始させるのに先立つ時刻 T 2 から窒素ガスの供給量を増加させ、時刻 T 3 で窒素ガスの供給量を目標量に到達させ、その後起動用燃料による燃焼を開始させている。

それに対して、比較例の起動工程においては、時刻 T 4 で起動用燃料による燃焼を開始させる時点で石炭ガス化炉 1 0 に供給される窒素ガス量は少量のみである。

[0118] 次に、本実施形態の石炭ガス化複合発電設備 1 の起動工程およびその比較例において、石炭ガス化炉 1 0 から排出される混合ガスの酸素濃度について図 7 を用いて説明する。

図 7 において、(a) が本実施形態の起動工程において石炭ガス化炉 1 0 から排出される混合ガスの酸素濃度を示し、(b) が比較例の起動工程において石炭ガス化炉 1 0 から排出される混合ガスの酸素濃度を示す。

[0119] 図 7 (a) と図 7 (b) とを対比すると、時刻 T 3 ~ 時刻 T 4 において酸素濃度が最大値となっている点で共通している。これは、時刻 T 2 で石炭ガス化炉 1 0 への空気の供給が開始されて時刻 T 3 で一定の流量となっているからである。また、時刻 T 4 において起動用燃料による燃焼を開始させるため、時刻 T 4 以降で酸素が燃焼により消費されるからである。

[0120] 一方、図 7 (a) と図 7 (b) とを対比すると、図 7 (b) の酸素濃度の最大値に対して、図 7 (a) の酸素濃度の最大値が小さくなっている点で相違している。これは、本実施形態の起動工程においては、時刻 T 4 で起動用燃料による燃焼を開始させるのに先立つ時刻 T 2 で窒素ガスの供給量を増加させることで、窒素ガスと空気とが混合した混合ガスの酸素濃度が低下しているからである。

[0121] このように、本実施形態の起動工程においては、比較例の起動工程に比べ、起動用燃料による燃焼を開始する時点での起動用バーナ B S の周囲の雰囲気

気の酸素濃度が十分に低くなっている。そのため、チャー回収装置 30 に供給される燃焼ガスと窒素ガスとの混合ガスの酸素濃度を十分に低くし、チャー回収装置 30 に存在するチャーに含まれる未燃の固体炭素質の着火を抑制することができる。

[0122] 次に、本実施形態の石炭ガス化炉設備 100 が奏する作用および効果について説明する。

本実施形態の石炭ガス化炉設備 100 は、石炭ガス化炉設備 100 を起動するために、起動用バーナ BS を用いて酸素含有気体と起動用燃料とを燃焼させる。そして、酸素含有気体と起動用燃料との燃焼により生成される燃焼ガスは、チャー回収装置 30 に供給される。このようにすることで、酸素含有気体及び燃焼ガスに含まれるチャーがチャー回収装置 30 で回収された後に、そのガスがフレア設備 90 に供給される。これにより、フレア設備 90 に、チャーを含む酸素含有気体及び燃焼ガスが供給されることを防止または抑制することができる。

[0123] ここで、チャー回収装置 30 には未燃の固体炭素質を含むチャーが存在するため、チャー回収装置 30 に供給される燃焼ガスの酸素濃度が高い場合、チャーに含まれる未燃の固体炭素質を着火させてしまう可能性がある。

そこで、本実施形態の石炭ガス化炉設備 100 は、起動用バーナ BS による起動用燃料の燃焼を開始させるのに先立って、チャー回収装置 30 の上流側に供給する窒素ガス（イナートガス）の供給量を制御し、酸素含有気体と起動用燃料との燃焼により生成される燃焼ガスと窒素ガスが混合した混合ガスの酸素濃度が着火濃度以下となるようにした。

[0124] このようにすることで、酸素含有気体と起動用燃料との燃焼により生成される燃焼ガスの酸素濃度が高い場合であっても、チャー回収装置 30 の上流側で燃焼ガスに窒素ガスが混合し、酸素濃度が着火濃度以下の混合ガスがチャー回収装置 30 に供給される。そのため、チャー回収装置 30 に存在するチャーに含まれる未燃の固体炭素質の着火を抑制することができる。

[0125] さらに、起動用バーナ BS による起動用燃料の燃焼を開始させるのに先立

って、チャー回収装置 30 の上流側に供給する窒素ガス（イナーートガス）の供給量を制御するので、生成される燃焼ガスが発生時点から窒素ガス（イナーートガス）がより確実に混合することで、これらのガスが混合した混合ガスの酸素濃度が高いときが存在することなく、より確実に酸素濃度を低下させる効果がある。

[0126] 本実施形態の石炭ガス化炉設備 100 においては、着火濃度が、チャー回収装置 30 に存在するチャーに含まれる未燃の固体炭素質が着火し得る酸素濃度の下限値より低い構成とするのが望ましい。

このようにすることで、チャー回収装置 30 に存在するチャーに含まれる未燃の固体炭素質の着火を確実に防止することができる。

[0127] また、着火濃度は、14 体積パーセント濃度であるのが好ましい。

発明者らは、燃焼ガスを含む混合ガスの酸素濃度が完全に無い状態にする必要がなく、起動用燃料によるガス化炉点火時点を含む燃焼ガスの発生開始から確実に酸素濃度を規定濃度以下とすることにより、未燃の固体炭素質の着火を防止することが可能なことを見出した。

すなわち、発明者らは、燃焼ガスに含まれる炭塵の濃度が比較的低く、かつ起動時の石炭ガス化炉 10 内の圧力が定常運転圧に対して比較的低い場合、混合ガスの酸素濃度を 14 体積パーセント濃度以下とすることにより、チャー回収装置 30 に存在する未燃の固体炭素質の着火を防止することができるという知見を得た。したがって、混合ガスの酸素濃度を 14 体積パーセント濃度以下とすることにより、未燃の固体炭素質の着火を防止することができる。

[0128] また、着火濃度は、12 体積パーセント濃度であるのが更に好ましい。

発明者らは、起動時の石炭ガス化炉 10 内の圧力が定常運転圧に対して比較的低い場合、燃焼ガスに含まれる炭塵の濃度に関わらず、混合ガスの酸素濃度を 12 体積パーセント濃度以下とすることにより、未燃の固体炭素質の着火を確実に防止することができるという知見を得た。したがって、混合ガスの酸素濃度を 12 体積パーセント以下とすることにより、未燃の固体炭素

質の着火を確実に防止することができる。

[0129] このように、混合ガスの酸素濃度は、終始において、大気圧レベルにおいては酸素濃度を 14 体積パーセント濃度以下に、また圧力が高い状態においては酸素濃度を 12 体積パーセント濃度以下とすることにより、未燃の固体炭素質の着火を防止することができる。

ここで、「着火」とは、熱源などの存在により火が付き燃焼反応が発生することを意味し、徐々に進む酸化反応とは異なるものである。また、未燃の固体炭素質の量や状態により火炎の発生状況は異なり、自ら燃え出す発火とは必ずしも同一にならない。チャー回収装置 30 に存在するチャーに含まれる未燃の固体炭素質の着火を抑制することで、固体炭素質燃料の燃焼による燃焼熱がチャー回収装置 30 の温度を過上昇させ、材料の設計温度超過や損傷の原因となるが防止される。

[0130] 本実施形態の石炭ガス化炉設備 100 においては、石炭ガス化炉 10 が、微粉炭を燃焼させるコンバスタバーナ 10 f を有し、空気分離装置 80 は、イナータガス供給流路 81 を介してコンバスタバーナ 10 f に窒素ガスを供給する。

このようにすることで、石炭ガス化炉設備 100 の稼働時に微粉炭を燃焼させるために用いられるコンバスタバーナ 10 f を利用し、酸素含有気体と起動用燃料との燃焼により生成される燃焼ガスに窒素ガスを混合させることができる。

[0131] 本実施形態においては、石炭ガス化炉 10 が、コンバスタバーナ 10 f を複数有し、複数のコンバスタバーナ 10 f の吹出口が、吹出口から排出されるガスがガス化炉断面と略直交方向に渦の中心を形成するように、それぞれ異なる方向に向けて配置されている。

このようにすることで、コンバスタバーナ 10 f から石炭ガス化炉 10 に排出される窒素ガスにより渦が形成され、酸素含有気体と起動用燃料との燃焼により生成される燃焼ガスとイナータガスとの混合が促進される。したがって、混合ガスに酸素濃度の高い部分が存在せず、未燃の固体炭素質の着火

を抑制することができる。

[0132] 〔第2実施形態〕

次に本発明の第2実施形態について説明する。本実施形態は第1実施形態の変形例であり、以下で特に説明する場合を除き、第1実施形態と同様であるものとし、説明を省略する。

本発明の第1実施形態においては、空気分離装置80が、起動用バーナBSによる酸素含有気体と起動用燃料との燃焼を開始するのに先立って、コンバスタバーナ10fに窒素ガスを供給するものとした。

それに対して本実施形態は、コンバスタバーナ10fに窒素ガスを供給するのに替えて、コンバスタバーナ10fよりも下流側かつ可燃性ガス供給流路11よりも上流側のアニュラス部10jに、空気分離装置80からの窒素ガスを供給するものである。

[0133] 図9に示すように、本実施形態においては、空気分離装置80から石炭ガス化炉10に窒素ガスを供給するイナータガス供給流路81に流量調整弁84を設け、制御装置CUが流量調整弁84の開度を制御する。

図9に示すように、流量調整弁84を介して窒素ガスが供給される箇所は、アニュラス部10jである。アニュラス部10jに供給された窒素ガスは、シンガスクーラ10bの出口部10lにて、シンガスクーラ10bを通過した燃焼ガスと混合する。つまり、流量調整弁84を介して供給される窒素ガスは、シンガスクーラ10bで熱交換された後の燃焼ガスと混合する。

[0134] 本実施形態の石炭ガス化複合発電設備によれば、シンガスクーラ10bよりも上流側に窒素ガスを供給して燃焼ガスの温度を低下させる場合に比べ、シンガスクーラ10bの熱回収効率を向上させることができる。

[0135] 〔第3実施形態〕

次に本発明の第3実施形態について説明する。本実施形態は第1実施形態の変形例であり、以下で特に説明する場合を除き、第1実施形態と同様であるものとし、説明を省略する。

本発明の第1実施形態においては、空気分離装置80が、起動用バーナB

Sによる酸素含有気体と起動用燃料との燃焼を開始するのに先立って、コンバスタバーナ10fに窒素ガスを供給するものとした。

それに対して本実施形態は、コンバスタバーナ10fに窒素ガスを供給するのに替えて、石炭ガス化炉10からチャー回収装置30に可燃性ガスを供給する可燃性ガス供給流路11に窒素ガスを供給するものである。

[0136] 図10に示すように、本実施形態においては、空気分離装置80から可燃性ガス供給流路11に窒素ガスを供給するイナータガス供給流路81に流量調整弁85を設け、制御装置CUが流量調整弁85の開度を制御する。

[0137] 本実施形態の石炭ガス化複合発電設備によれば、石炭ガス化炉10に影響も与えることなくチャー回収装置30の上流側に窒素ガスを供給し、酸素含有気体と起動用燃料との燃焼により生成される燃焼ガスに窒素ガスを混合させることができる。

[0138] 〔第4実施形態〕

本発明の第2実施形態は、第1実施形態のコンバスタバーナ10fに替えて、コンバスタバーナ10fよりも下流側かつ可燃性ガス供給流路11よりも上流側のアニュラス部10jに窒素ガスを供給するものであった。また、本発明の第3実施形態は、第1実施形態のコンバスタバーナ10fに替えて、石炭ガス化炉10からチャー回収装置30に可燃性ガスを供給する可燃性ガス供給流路11に窒素ガスを供給するものであった。

[0139] それに対して、本実施形態は、第1実施形態のコンバスタバーナ10fに加えて、シンガスクーラ10bよりも下流側かつ可燃性ガス供給流路11よりも上流側の出口部10iに窒素ガスを供給し、あるいは更に石炭ガス化炉10からチャー回収装置30に可燃性ガスを供給する可燃性ガス供給流路11に窒素ガスを供給するものである。

[0140] 図11に示すように、本実施形態の石炭ガス化複合発電設備は、シンガスクーラ10bよりも下流側かつ可燃性ガス供給流路11よりも上流側のシンガスクーラ10bの出口部10iに、空気分離装置80からの窒素ガスを供給する流量調整弁84を備える。

また、本実施形態の石炭ガス化複合発電設備 1 は、空気分離装置 80 から可燃性ガス供給流路 11 に窒素ガスを供給する流量調整弁 85 を備える。

このように、本実施形態の石炭ガス化複合発電設備は、イナータガス供給流路 81 から供給される窒素ガスを、コンバスタバーナ 10f と、流量調整弁 84 と、流量調整弁 85 とから、それぞれの箇所に供給することが可能な構成となっている。

[0141] そして、本実施形態の制御装置 CU は、コンバスタバーナ 10f, 流量調整弁 84, 流量調整弁 85 のいずれに窒素ガスを供給するかを適宜に制御できる。また、制御装置 CU は、コンバスタバーナ 10f, 流量調整弁 84, 流量調整弁 85 のそれぞれに供給する窒素ガス量をどのような量にするべきかを適宜に制御できる。

具体的には、コンバスタバーナ 10f, 流量調整弁 84, 流量調整弁 85 のそれぞれに窒素ガスを分配する分配装置（図示略）をイナータガス供給流路 81 に設ける。そして、制御装置 CU は、分配装置を制御することにより、コンバスタバーナ 10f, 流量調整弁 84, 流量調整弁 85 のいずれに窒素ガスを供給するかを適宜に制御する。また、制御装置 CU は、分配装置を制御することにより、コンバスタバーナ 10f, 流量調整弁 84, 流量調整弁 85 のそれぞれに分配する分配量を決定する。

[0142] 本実施形態によれば、チャー回収装置 30 の上流側の複数箇所において窒素ガスを供給することにより、より混合度が高く酸素濃度分布が均一化された混合ガスを生成し、チャー回収装置 30 に供給することができる。

[0143] [他の実施形態]

以上の説明においては、可燃性ガスを生成するための設備として、粉碎された石炭（微粉炭）をガス化する石炭ガス化炉 10 を用いる例を示したが、他の態様であってもよい。

例えば、可燃性ガスを生成するための設備として、間伐材、廃材木、流木、草類、廃棄物、汚泥、タイヤ等のバイオマス燃料など、他の固体炭素質燃料をガス化するガス化炉設備を用いるようにしてもよい。

[0144] 以上の説明においては、ガスタービン設備 50 と蒸気タービン設備 70 の双方が、発電機 71 に連結される回転軸に駆動力を与えるものとしたが、他の態様であってもよい。例えば、ガスタービン設備 50 が駆動力を与える回転軸にガスタービン設備 50 専用の発電機を設け、蒸気タービン設備 70 が駆動力を与える他の回転軸に蒸気タービン設備 70 専用の発電機を設けるようにしてもよい。

[0145] 以上の説明においては、イナートガス（不活性ガス）として窒素ガスを例示したが、他の態様であってもよい。例えば、二酸化炭素や二酸化炭素と窒素の混合ガスなど、窒素ガスに替えて他のイナートガスを採用してもよい。

符号の説明

- [0146] 1 石炭ガス化複合発電設備（ガス化複合発電設備）
10 石炭ガス化炉（ガス化炉）
10a ガス化部
10b シンガスクーラ（熱交換器）
10d コンバスタ
10f コンバスタバーナ
10j アニュラス部
10k 起動用燃焼室
10l 出口部
11, 34, 41 可燃性ガス供給流路
12, 35, 36, 42, 43, 92 開閉弁
21 微粉燃料供給流路
30 チャー回収装置（チャー回収部）
31 サイクロン
32 ポーラスフィルタ
40 ガス精製設備
50 ガスタービン設備
54 抽気空気昇圧機

- 5 5 空気供給流路
- 5 6 空気流量調整弁（第 1 供給部）
- 6 0 排熱回収ボイラ（H R S G）
- 7 0 蒸気タービン設備（S T）
- 8 0 空気分離装置（A S U）
- 8 1 イナートガス供給流路（第 2 供給部）
- 8 2 酸素供給流路（第 1 供給部）
- 8 4, 8 5 流量調整弁
- 9 0 フレア設備
- 1 0 0 石炭ガス化炉設備（ガス化炉設備）
- B S 起動用バーナ
- C U 制御装置（制御部）

請求の範囲

- [請求項1] 酸素含有気体を用いて固体炭素質燃料をガス化し、可燃性ガスを生成するガス化炉と、
前記ガス化炉により生成された前記可燃性ガスに含まれるチャーを回収するチャー回収部と、
前記チャー回収部によりチャーが回収された前記可燃性ガスを燃焼させるフレア設備と、
前記ガス化炉に前記酸素含有気体を供給する第1供給部と、
前記チャー回収部の上流側にイナートガスを供給する第2供給部と、
、
前記第1供給部が供給する前記酸素含有気体の供給量および前記第2供給部が供給する前記イナートガスの供給量を制御する制御部と、
を備え、
前記ガス化炉が、前記第1供給部から供給される前記酸素含有気体を用いて起動用燃料を燃焼させる起動用バーナを有し、
前記制御部が、前記起動用バーナによる前記酸素含有気体と前記起動用燃料との燃焼により生成される燃焼ガスと前記イナートガスが混合した混合ガスの酸素濃度が着火濃度以下となるように、前記起動用バーナによる前記起動用燃料の燃焼を開始させるのに先立って、前記第2供給部が供給する前記イナートガスの供給量を制御するガス化炉設備。
- [請求項2] 前記着火濃度が、前記チャー回収部に存在するチャーに含まれる未燃の固体炭素質が着火し得る酸素濃度の下限値より低い請求項1に記載のガス化炉設備。
- [請求項3] 前記着火濃度が、14体積パーセント濃度である請求項2に記載のガス化炉設備。
- [請求項4] 前記着火濃度が、12体積パーセント濃度である請求項2に記載のガス化炉設備。

- [請求項5] 前記ガス化炉が、前記固体炭素質燃料を燃焼させるコンバスタバーナを有し、
前記第2供給部が、前記コンバスタバーナに前記イナータガスを供給する請求項1に記載のガス化炉設備。
- [請求項6] 前記ガス化炉が、前記コンバスタバーナを複数有し、
該複数のコンバスタバーナの吹出口が、該吹出口から排出されるガスが渦を形成するように、それぞれ異なる方向に向けて配置されている請求項5に記載のガス化炉設備。
- [請求項7] 前記ガス化炉が、前記可燃性ガスと水との熱交換により蒸気を発生させる熱交換器を有し、
前記第2供給部が、前記熱交換器よりも下流側かつ、前記ガス化炉から前記チャー回収部に前記可燃性ガスを供給する可燃性ガス供給流路よりも上流側に、前記イナータガスを供給する請求項1に記載のガス化炉設備。
- [請求項8] 前記第2供給部が、前記ガス化炉から前記チャー回収部に前記可燃性ガスを供給する可燃性ガス供給流路に前記イナータガスを供給する請求項1に記載のガス化炉設備。
- [請求項9] 請求項1に記載のガス化炉設備と、
前記ガス化炉設備により生成された前記可燃性ガスを燃料として運転されるガスタービン設備と、
前記ガスタービン設備による前記可燃性ガスの燃焼により生成される燃焼排ガス中の熱を回収して蒸気を発生させる排熱回収ボイラと、
該排熱回収ボイラから供給される蒸気により運転される蒸気タービン設備と、
前記ガスタービン設備が供給する動力および前記蒸気タービン設備が供給する動力により駆動される発電機とを備えるガス化複合発電設備。
- [請求項10] 酸素含有気体を用いて固体炭素質燃料をガス化することで、可燃性

ガスが生成されるガス化炉と、前記ガス化炉により生成された前記可燃性ガスに含まれるチャーを回収するチャー回収部と、前記チャー回収部によりチャーが回収された前記可燃性ガスを燃焼させるフレア設備と、前記ガス化炉に前記酸素含有気体を供給する第1供給部と、前記チャー回収部の上流側にイナートガスを供給する第2供給部とを備えるガス化炉設備の起動方法であって、

前記第2供給部が供給する前記イナートガスの供給量を制御する制御工程と、

起動用バーナにより前記酸素含有気体と起動用燃料とを燃焼して燃焼ガスを生成する起動用燃焼工程とを備え、

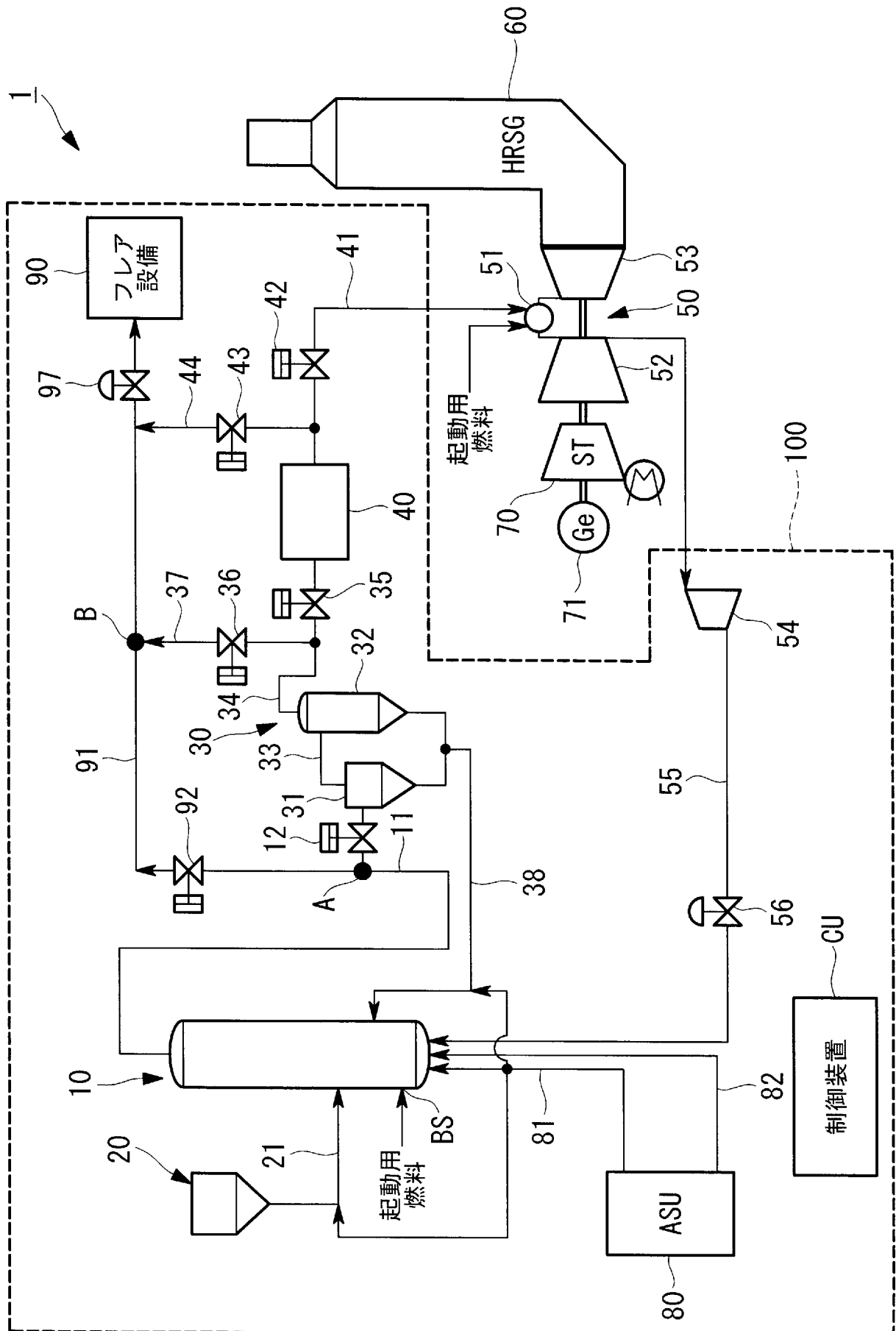
前記制御工程が、前記起動用燃焼工程により生成される燃焼ガスと前記イナートガスが混合した混合ガスの酸素濃度が着火濃度以下となるように、前記起動用燃焼工程に先立って、前記第2供給部が供給する前記イナートガスの供給量を制御するガス化炉設備の起動方法。

[請求項11] 前記着火濃度が、前記チャー回収部に存在するチャーに含まれる未燃の固体炭素質を着火させ得る酸素濃度の下限値より低い請求項10に記載のガス化炉設備の起動方法。

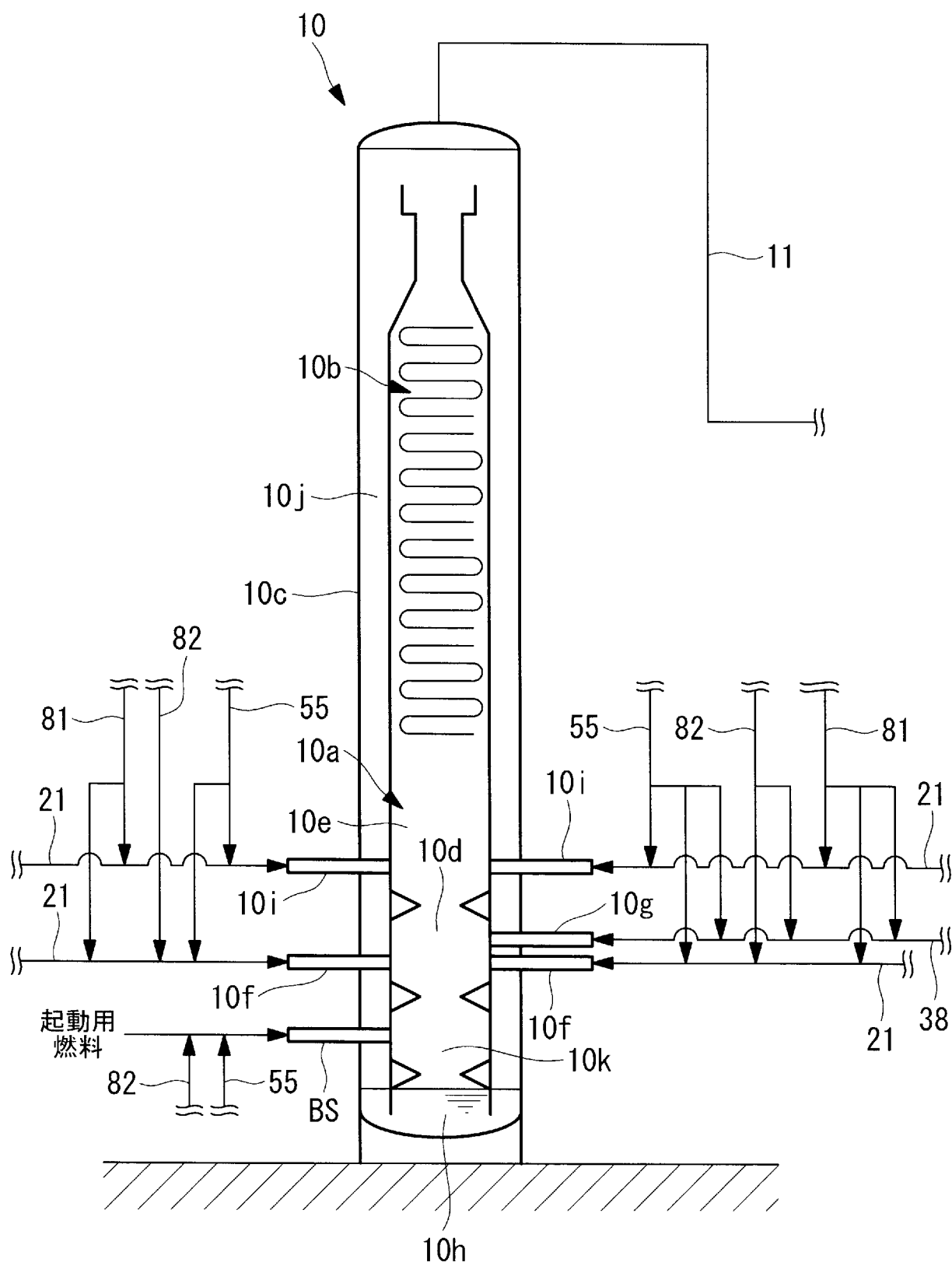
[請求項12] 前記着火濃度が、14体積パーセント濃度である請求項11に記載のガス化炉設備の起動方法。

[請求項13] 前記着火濃度が、12体積パーセント濃度である請求項11に記載のガス化炉設備の起動方法。

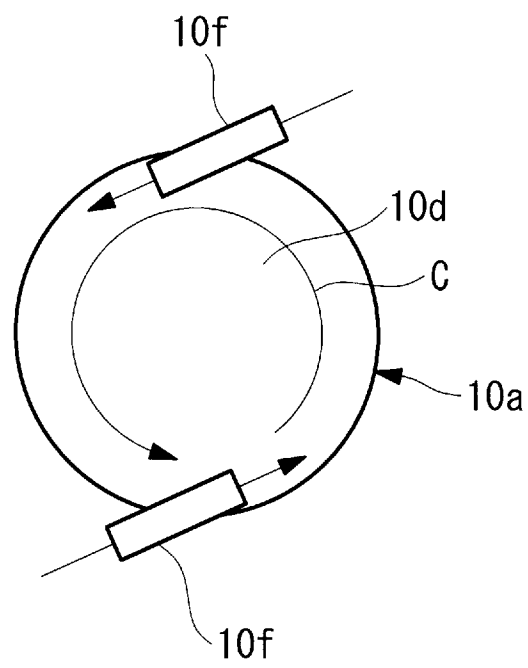
[図1]



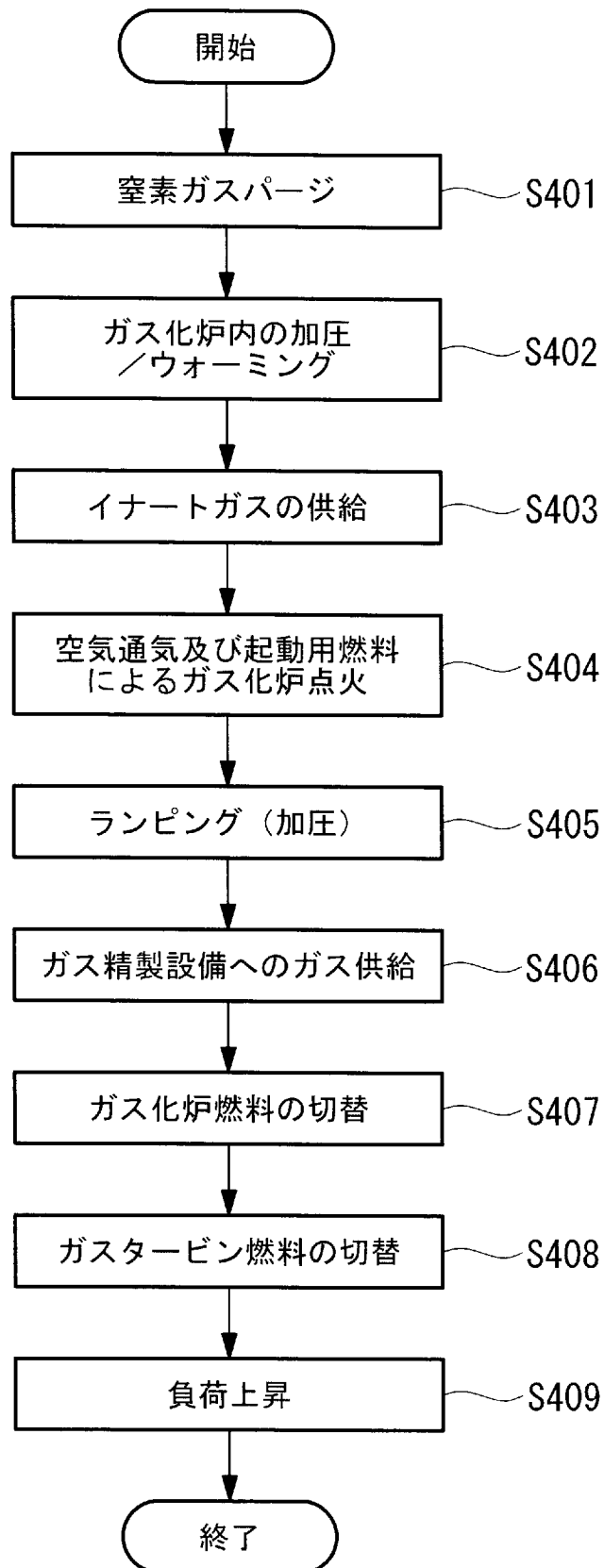
[図2]



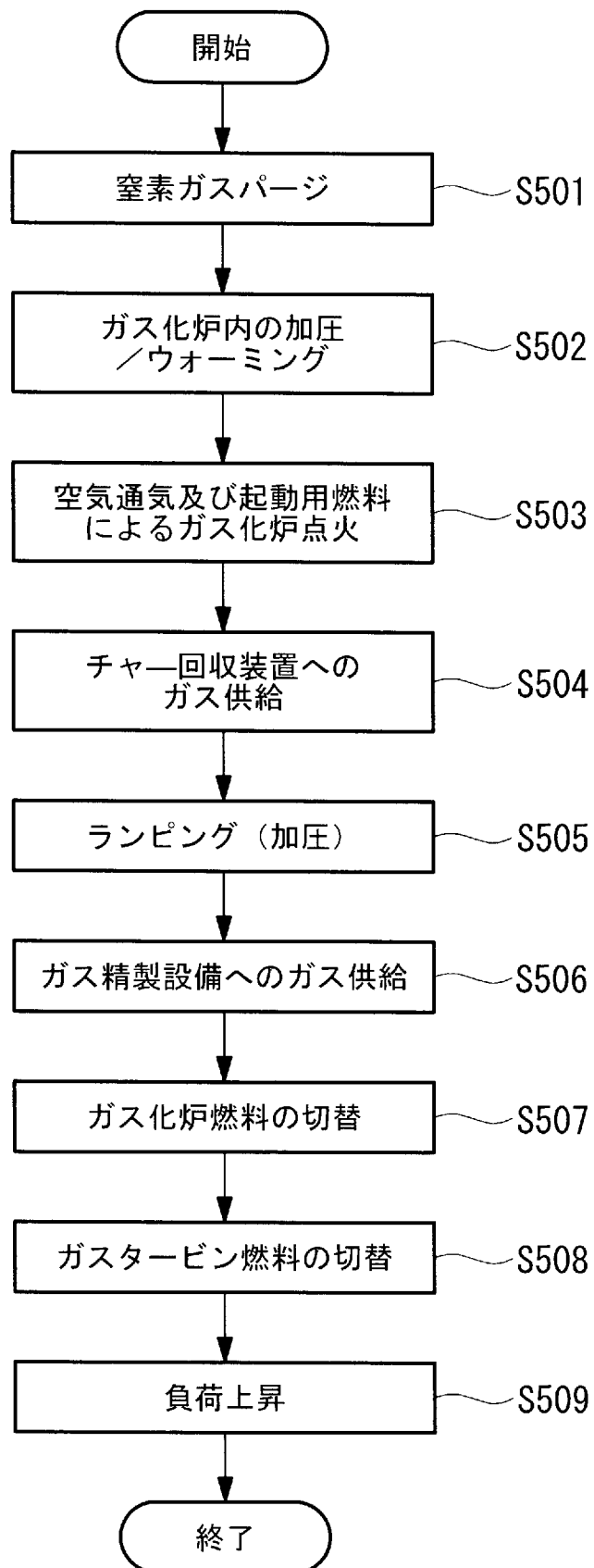
[図3]



[図4]

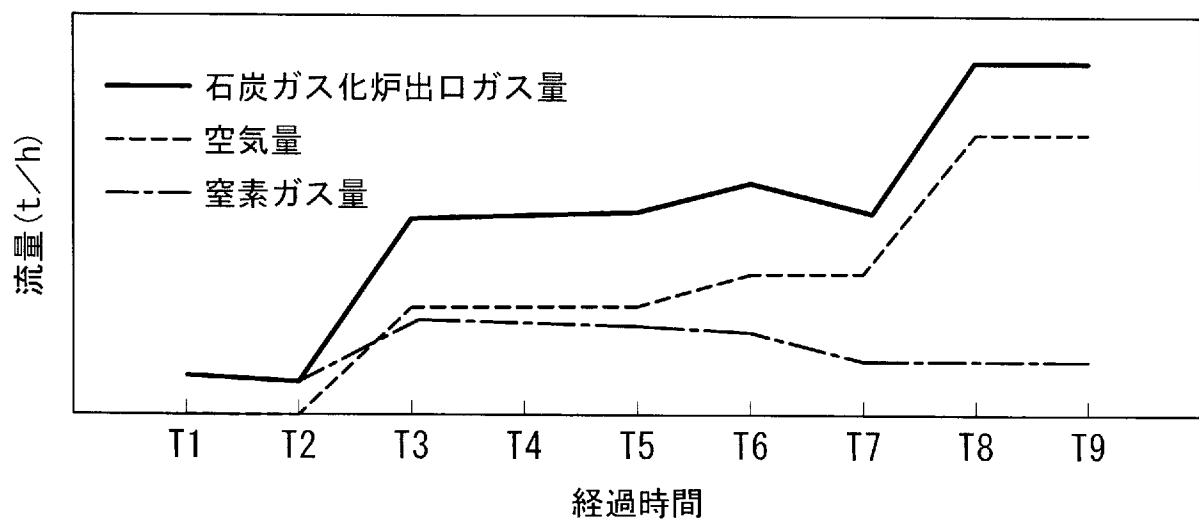


[図5]

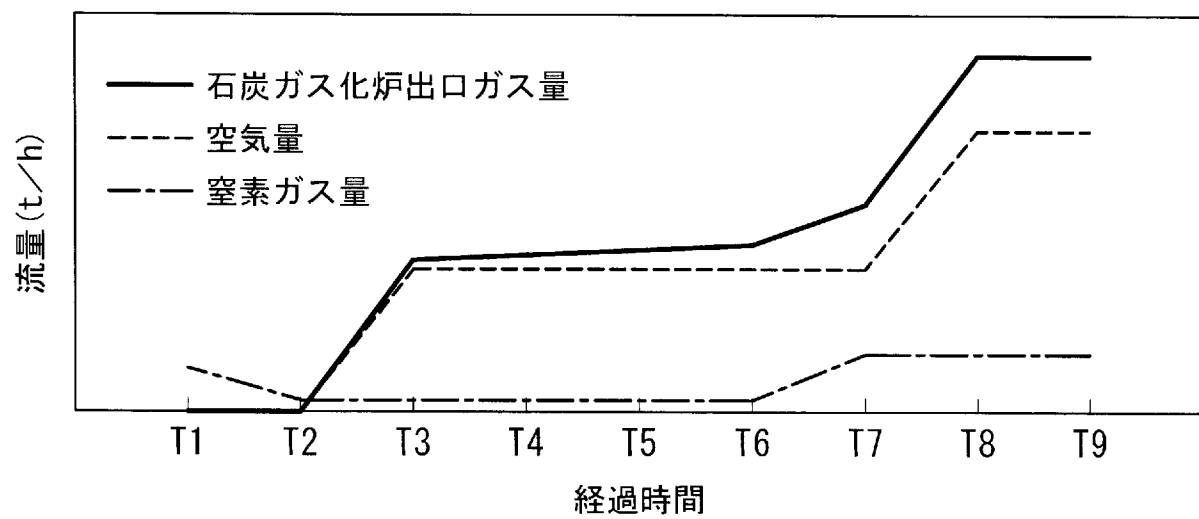


[図6]

(a)

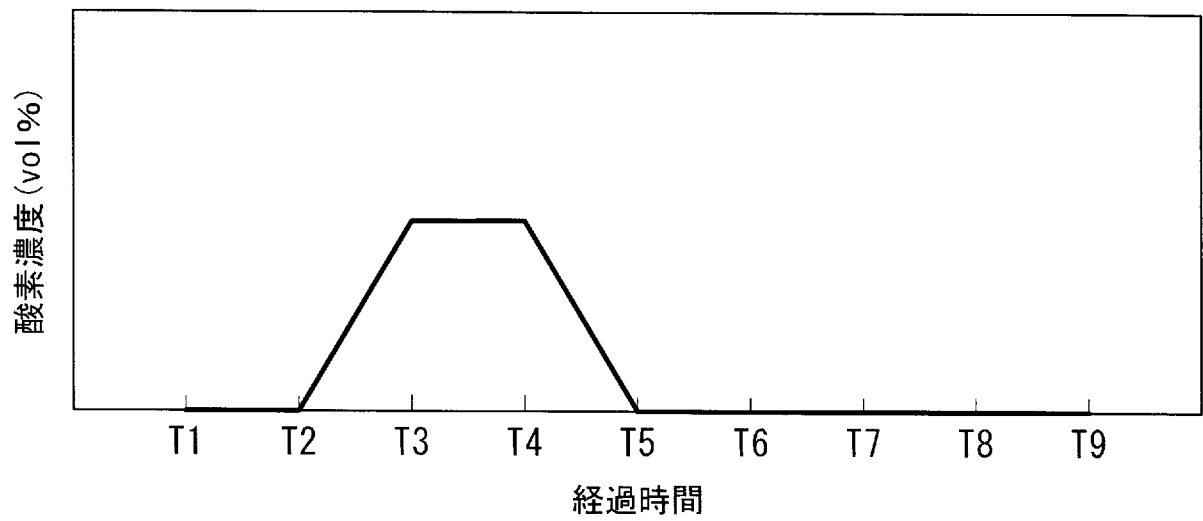


(b)

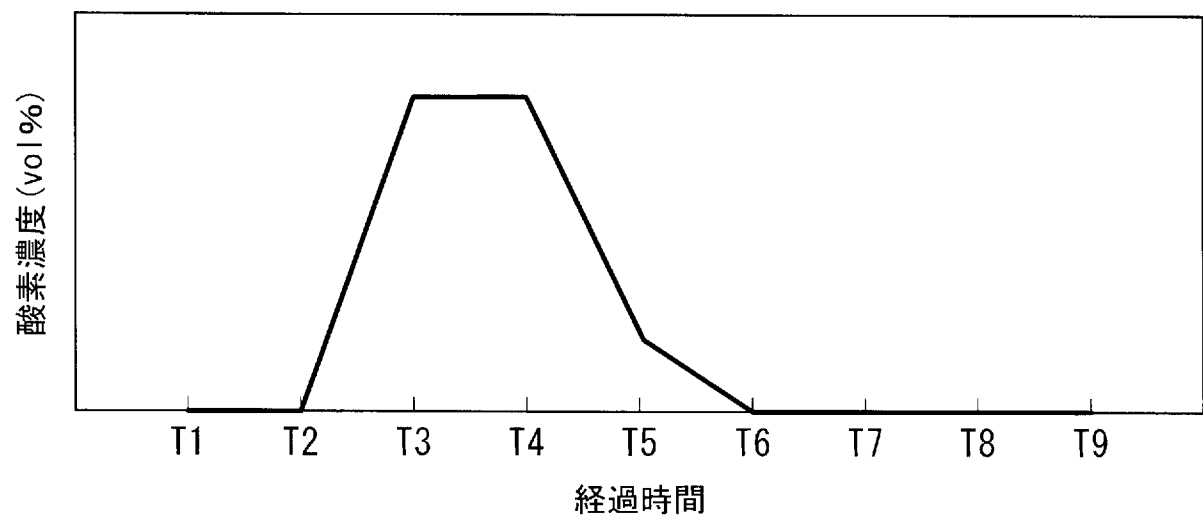


[図7]

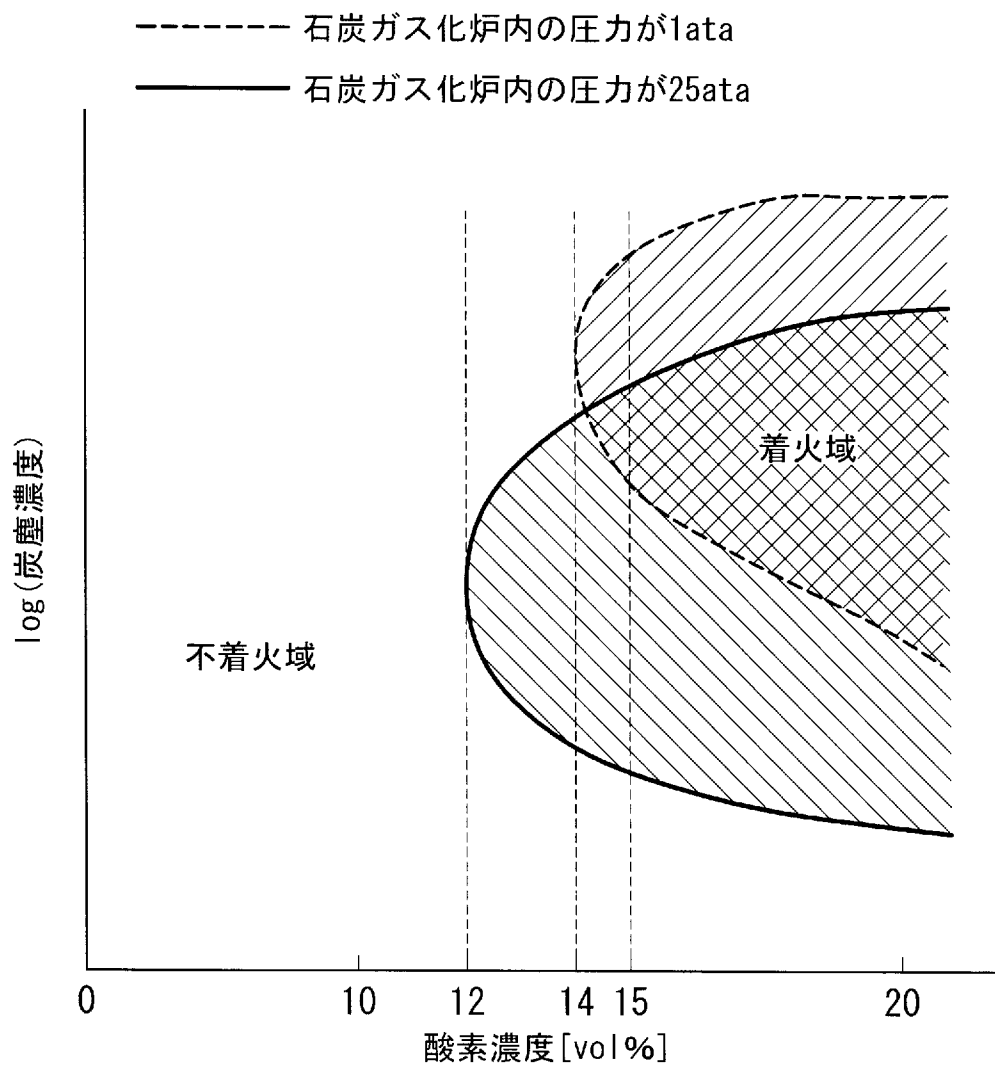
(a)



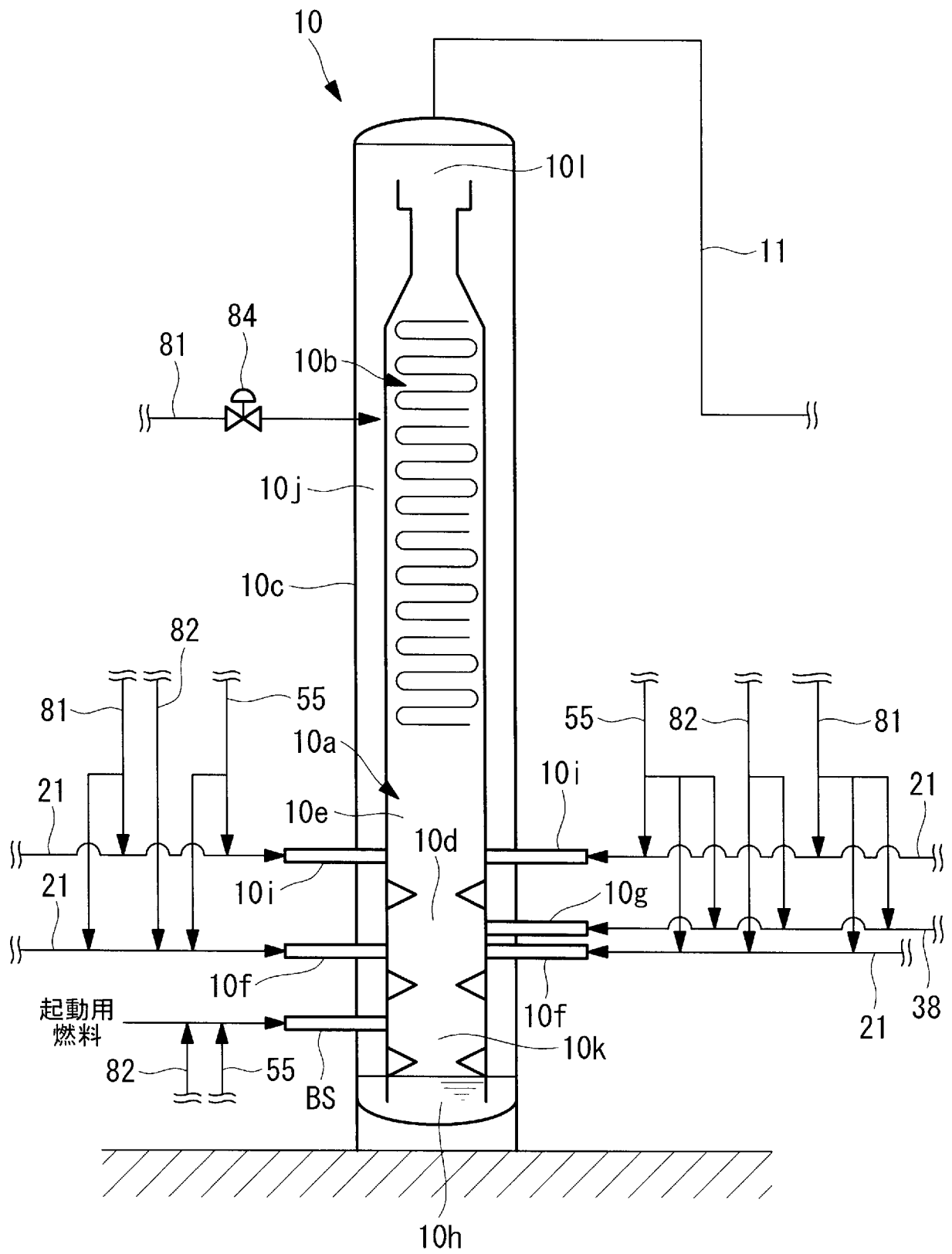
(b)



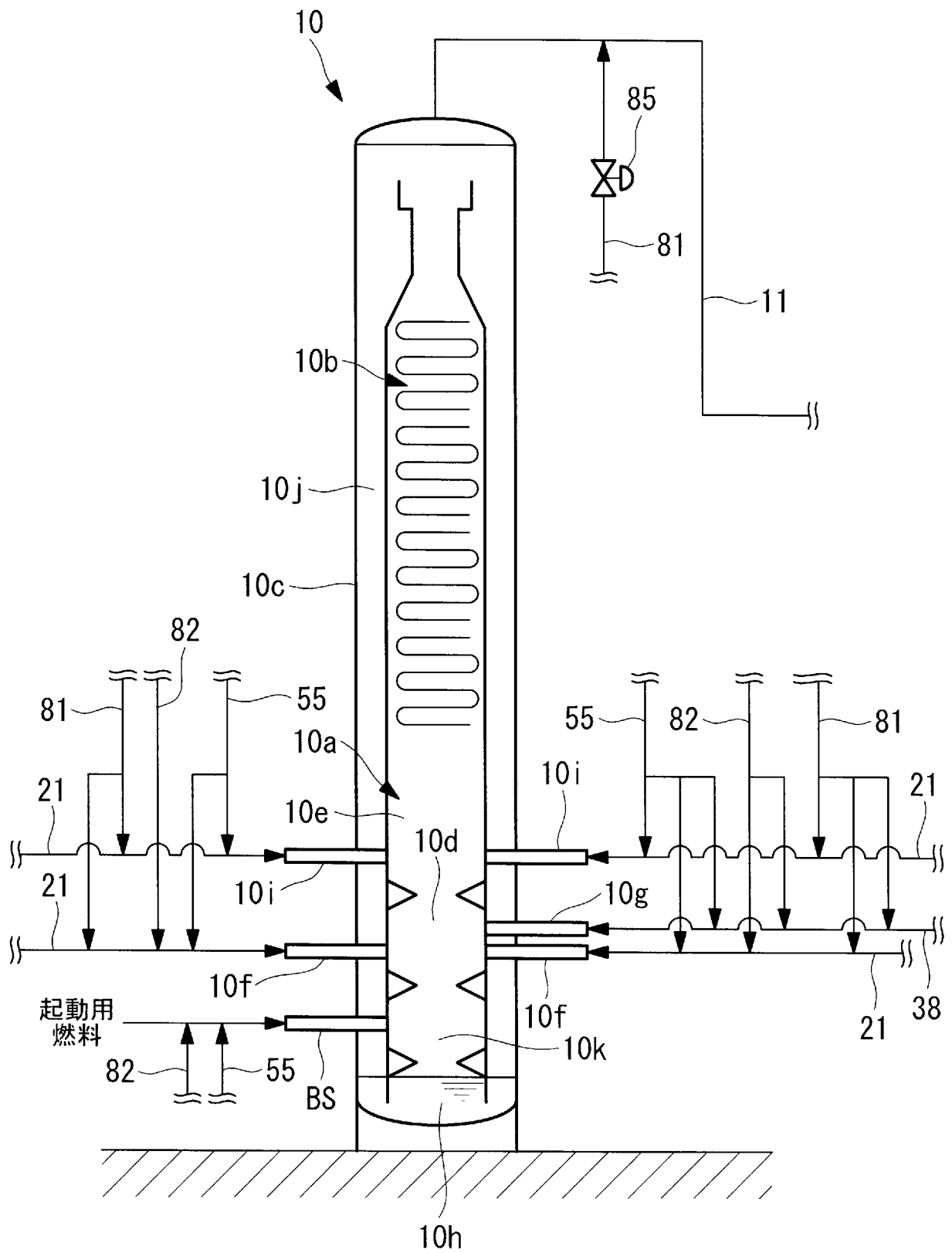
[図8]



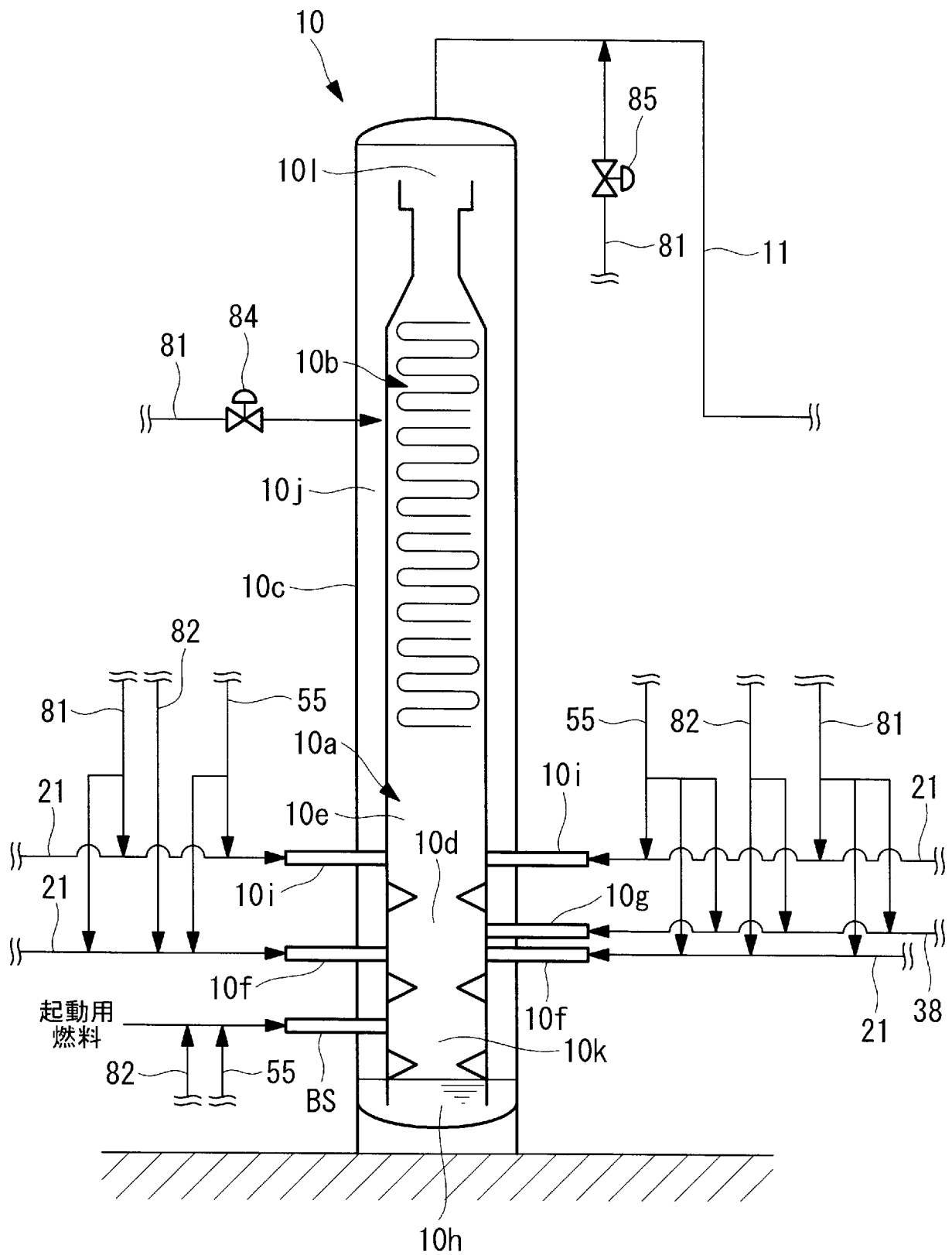
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/069181

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C10J3/46(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)

C10J3/46

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	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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 2002-249785 A (Babcock-Hitachi Kabushiki Kaisha), 06 September 2002 (06.09.2002), (Family: none)	1-13
A	JP 10-251671 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 22 September 1998 (22.09.1998), (Family: none)	1-13
P, A	JP 2014-152300 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 25 August 2014 (25.08.2014), & US 2014/0223820 A1 & CN 103980941 A	1-13

☐ 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
03 August 2015 (03.08.15)

Date of mailing of the international search report
18 August 2015 (18.08.15)

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

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. C10J3/46(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（I P C））

Int.Cl. C10J3/46

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 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 2002-249785 A（バブコック日立株式会社）2002.09.06 （ファミリーなし）	1 - 1 3
A	JP 10-251671 A（三菱重工業株式会社）1998.09.22 （ファミリーなし）	1 - 1 3
P, A	JP 2014-152300 A（三菱重工業株式会社）2014.08.25 & US 2014/0223820 A1 & CN 103980941 A	1 - 1 3

☐ 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

0 3 . 0 8 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

1 8 . 0 8 . 2 0 1 5

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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）

森 健一

4 V

9 2 6 3

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 8 3