

(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2月18日(18.02.2016)



(10) 国際公開番号
WO 2016/024447 A1

- (51) 国際特許分類:
F02C 3/28 (2006.01) F02C 3/22 (2006.01)
C10J 3/46 (2006.01) F02C 6/00 (2006.01)
C10J 3/48 (2006.01) F02C 6/18 (2006.01)
F01K 23/10 (2006.01) F22B 1/18 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/068533
- (22) 国際出願日: 2015年6月26日(26.06.2015)
- (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 2014-163813 2014年8月11日(11.08.2014) 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 斎臣(YOSHIDA, Naoshige); 〒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). 坂本 康一(SAKAMOTO, Koi-

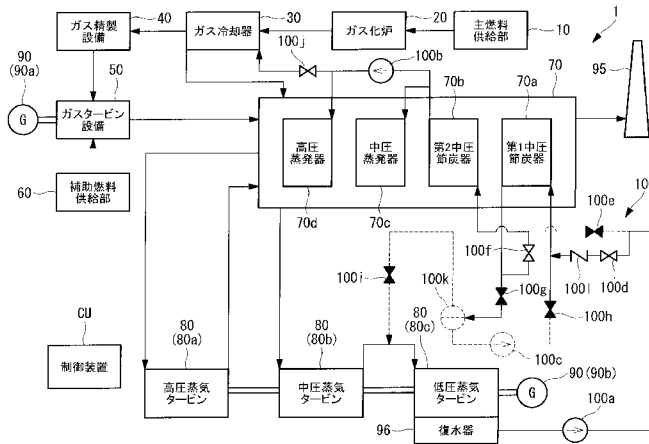
chi); 〒2208401 神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3番1号 三菱日立パワーシステムズ株式会社内 Kanagawa (JP). 小阪 健一郎(KOSAKA, Kenichiro); 〒1088215 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工株式会社内 Tokyo (JP). 木津 哲也(KIZU, Tetsuya); 〒2208401 神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3番1号 三菱日立パワーシステムズ株式会社内 Kanagawa (JP). 小山 智規(KOYAMA, Yoshinori); 〒1088215 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工株式会社内 Tokyo (JP). 藤井 貴(FUJII, Takashi); 〒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). 品田 治(SHINADA, Osamu); 〒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).

- (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).

[続葉有]

(54) Title: INTEGRATED GASIFICATION COMBINED CYCLE POWER GENERATION FACILITY AND METHOD FOR OPERATING INTEGRATED GASIFICATION COMBINED CYCLE POWER GENERATION FACILITY

(54) 発明の名称: ガス化複合発電設備、およびガス化複合発電設備の運転方法



- 10 Main fuel supply unit
20 Gasification furnace
30 Gas cooler
40 Gas refining equipment
50 Gas turbine equipment
60 Auxiliary fuel supply unit
70a First medium-pressure coal economizer
70b Second medium-pressure coal economizer
70c Medium-pressure evaporator
70d High-pressure evaporator
80a High-pressure steam turbine
80b Medium-pressure steam turbine
80c Low-pressure steam turbine
96 Condenser
CU Control unit

(57) Abstract: Provided is an integrated coal gasification combined cycle power generation facility (1) equipped with: a gasification furnace (20) that generates combustible gas from pulverized coal; a gas cooler (30); gas turbine equipment (50); an auxiliary fuel supply unit (60) that supplies an auxiliary fuel to the gas turbine equipment (50); a waste heat recovery boiler (70); steam turbine equipment (80); generators (90); and a circulation line unit (100) that circulates cooling water. The waste heat recovery boiler (70) has a first medium-pressure coal economizer (70a) and a second medium-pressure coal economizer (70b). When the combustible gas generated from the pulverized coal is burned, a serial heat exchange line is formed wherein cooling water passes through the first medium-pressure coal economizer (70a), the second medium-pressure coal economizer (70b), and the gas cooler (30). When the auxiliary fuel is burned, separate heat exchange lines are formed, wherein the cooling water separately passes through the first medium-pressure coal economizer (70a) and the second medium-pressure coal economizer (70b).

(57) 要約:

[続葉有]



(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).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

微粉炭から可燃性ガスを生成するガス化炉 (20) と、ガス冷却器 (30) と、ガスタービン設備 (50) と、補助燃料をガスタービン設備 (50) へ供給する補助燃料供給部 (60) と、排熱回収ボイラ (70) と、蒸気タービン設備 (80) と、発電機 (90) と、冷却水を循環させる循環系統部 (100) とを備え、排熱回収ボイラ (70) が、第1中圧節炭器 (70a) と第2中圧節炭器 (70b) とを有し、微粉炭から生成される可燃性ガスを燃焼させる場合は冷却水が第1中圧節炭器 (70a) と第2中圧節炭器 (70b) とガス冷却器 (30) とを直列に経由する直列の熱交換系統を形成し、補助燃料を燃焼させる場合は冷却水が第1中圧節炭器 (70a) と第2中圧節炭器 (70b) とのそれぞれに経由する個別の熱交換系統を形成する石炭ガス化複合発電設備 (1) を提供する。

明 細 書

発明の名称：

ガス化複合発電設備、およびガス化複合発電設備の運転方法

技術分野

[0001] 本発明は、ガス化複合発電設備、およびガス化複合発電設備の運転方法に関するものである。

背景技術

[0002] ガス化複合発電設備は、例えば、石炭、バイオマス等の固体炭素質燃料をガス化して生成された可燃性ガスを燃焼して得られるガスタービンの駆動力と、ガスタービンの排熱を回収して得られる蒸気タービンの駆動力によって発電を行う。代表的なものとしては、石炭を用いる石炭ガス化複合発電設備（Integrated Gasification Combined Cycle：IGCC）が挙げられる（例えば、特許文献1 参照。）。

[0003] ガス化複合発電設備は、一般的に、固体炭素質燃料の供給装置、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。ガス化炉では、固体炭素質燃料がガス化反応によりガス化され、可燃性ガスが生成される。ガス化炉が生成した可燃性ガスは、チャー回収装置にて固体炭素質燃料の未反応分（チャー）が除去されてからガス精製設備により精製され、ガスタービン設備に供給される。

[0004] ガスタービン設備は、可燃性ガスを燃焼器で燃焼して高温・高圧の燃焼排ガスを生成して、ガスタービンを駆動する。排熱回収ボイラは、ガスタービンを駆動した後の燃焼排ガスから熱回収して蒸気を生成する。蒸気タービン設備は、排熱回収ボイラが生成した蒸気により蒸気タービンを駆動する。

[0005] 従来のガス化複合発電設備は、ガス化炉により生成された可燃性ガスと冷却水との熱交換により冷却水から蒸気を生成するガス冷却器（シンガスクーラ）を備えている。ガス冷却器には、排熱回収ボイラの節炭器にて燃焼排ガ

スと熱交換した冷却水が供給される。また、ガス冷却器により生成された蒸気は、排熱回収ボイラに供給されて更に高温・高圧の蒸気とされた後に、蒸気タービン設備へ供給される。このように、従来のガス化複合発電設備において、冷却水および蒸気は、排熱回収ボイラと、ガス冷却器と、蒸気タービン設備との間で循環するようになっている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2009-197693号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 特許文献1に開示されるガス化複合発電設備においては、ガス化炉の異常やメンテナンス等の理由によりガス化炉を長期的に停止させる場合に、ガスタービン設備で補助燃料を用いた燃焼を行って複合発電を継続する。この場合、ガス化炉により可燃性ガスが生成されず、ガス冷却器により蒸気が生成されないため、排熱回収ボイラを通過する蒸気量が設計流量よりも大幅に少なくなって蒸気温度が過度に上昇してしまう。

そこで、特許文献1では、ガスタービン設備で補助燃料を用いた燃焼を行って複合発電を継続する場合に、蒸気温度が過度に上昇しないように、排熱回収ボイラを通過する蒸気が、複数の過熱器の少なくとも一つを迂回するようにしている。

[0008] しかしながら、特許文献1では、補助燃料を用いた複合発電を行う際に、排熱回収ボイラを通過する蒸気量が設計流量よりも大幅に少なくなって燃焼排ガスからの熱回収効率が大幅に低下する。また、特許文献1では、排熱回収ボイラを通過する蒸気が過度に上昇しないように、複数の過熱器の少なくとも一つを迂回するようにしている。そのため、排熱回収ボイラによる燃焼排ガスからの熱回収効率が更に低下する。

[0009] 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、ガス化炉や

ガス精製設備が不調、又はその他の要因で長期的に停止する場合でも、ガス化炉が生成する可燃性ガスの代替となる他の補助燃料をガスタービン設備にて燃焼させて燃焼排ガスを生成し、排熱回収ボイラによる燃焼排ガスからの熱回収効率を維持することが可能なガス化複合発電設備およびその運転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

[0010] 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複合発電設備は、酸素含有気体を用いて固体炭素質燃料をガス化反応させて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と冷却水との熱交換により該冷却水から蒸気を生成するガス冷却器と、前記ガス冷却器により冷却された前記可燃性ガス、またはガス供給部から供給される補助燃料を燃焼させ回転動力を得るガスタービン設備と、前記ガスタービン設備から排出される燃焼排ガスの熱量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回転動力を得る蒸気タービン設備と、前記ガスタービン設備および前記蒸気タービン設備が供給する前記回転動力により駆動される発電機と、前記排熱回収ボイラにおいて前記冷却水の熱交換をさせる循環系統部とを備え、前記排熱回収ボイラが、前記燃焼排ガスと前記冷却水との熱交換を行う第1熱交換器および第2熱交換器とを有し、前記ガスタービン設備が前記可燃性ガスを燃焼させる場合と、前記補助燃料を燃焼させる場合とに応じて、前記循環系統部は、前記冷却水が前記第1熱交換器と前記第2熱交換器と前記ガス冷却器のいずれを経由するかを切り換える。

[0011] 本発明の一態様に係るガス化複合発電設備において、ガス化炉により可燃性ガスが生成される場合、ガス冷却器により冷却された可燃性ガスは、ガスタービン設備により燃焼されて燃焼排ガスとなって排熱回収ボイラに導かれる。この場合、ガス冷却器が可燃性ガスから熱回収するとともに蒸気を発生し、発生した蒸気量に見合う給水が、排熱回収ボイラが有する第1熱交換器（第1中圧節炭器）と第2熱交換器（第2中圧節炭器）を通じてガス冷却器

に供給される。燃焼排ガスと第1熱交換器（第1中圧節炭器）と第2熱交換器（第2中圧節炭器）が十分に熱交換するため、排熱回収ボイラ出口における燃焼排ガスの温度が下がり、燃焼排ガスの熱量が十分に回収される。

[0012] 一方、ガス化炉により可燃性ガスが生成されない場合、補助燃料がガス供給部からガスタービン設備に供給され、燃焼排ガスとなって排熱回収ボイラに導かれる。この場合、ガス冷却器による熱回収が無いため給水が行われず、排熱回収ボイラが有する第2熱交換器（第2中圧節炭器）を通過する給水量が少なくなり、燃焼排ガスの温度を十分に下げることができない。

[0013] そこで、本発明の一態様に係るガス化複合発電設備において、循環系統部は、ガスタービン設備が可燃性ガスを燃焼させる場合と、補助燃料を燃焼させる場合とに応じて、冷却水が第1熱交換器と第2熱交換器とガス冷却器のいずれを経由するかを切り換えるようにした。

このようにすることで、ガスタービン設備が可燃性ガスを燃焼させる場合と、補助燃料を燃焼させる場合とに応じて、冷却水が経由する熱交換器を適切に切り換え、燃焼排ガスの温度を十分に低下させることができる。

[0014] 本発明の一態様に係るガス化複合発電設備においては、前記循環系統部が、前記ガスタービン設備が前記可燃性ガスを燃焼させる場合は前記冷却水が前記第1熱交換器と前記第2熱交換器と前記ガス冷却器とを直列に経由する直列の熱交換系統を形成し、前記ガスタービン設備が前記補助燃料を燃焼させる場合は、前記冷却水が前記ガス冷却器を経由せずに前記第1熱交換器と前記第2熱交換器とをそれぞれ個別に経由する個別の熱交換系統を形成し、前記燃焼排ガスが前記排熱回収ボイラから所定の排気温度範囲で排出される構成にしてもよい。

[0015] 本構成によれば、ガスタービン設備が補助燃料を燃焼させる場合は、冷却水がガス冷却器を経由せずに第1熱交換器と第2熱交換器とをそれぞれ個別に経由する個別の熱交換系統が形成される。

このようにすることで、第1熱交換器と第2熱交換器とにより直列の熱交換系統を形成する場合に比べ、排熱回収ボイラによる燃焼排ガスからの熱回

収効率を増加させることができる。

したがって、ガス化炉が生成する可燃性ガスの代替となる補助燃料をガスタービン設備にて燃焼させて燃焼排ガスを生成する場合であっても、排熱回収ボイラによる燃焼排ガスからの熱回収効率を維持することが可能なガス化複合発電設備を提供することができる。

[0016] 上記構成のガス化複合発電設備においては、前記ガスタービン設備が前記補助燃料を燃焼させる場合に形成される前記個別の熱交換系統は、前記第1熱交換器に前記冷却水を循環させる第1熱交換系統と、前記第2熱交換器に前記冷却水を循環させる第2熱交換系統とを含み、前記第1熱交換系統は、前記第1熱交換器により熱交換された前記冷却水が導かれるとともに該冷却水から分離した蒸気を前記蒸気タービン設備へ供給する汽水分離器を有し、前記循環系統部は、前記汽水分離器から前記蒸気タービン設備への蒸気の供給量に応じて、前記第2熱交換系統から前記第1熱交換系統への前記冷却水の流入量を調節する調節弁を有していてもよい。

[0017] このようなガス化複合発電設備によれば、ガスタービン設備が補助燃料を燃焼させる場合に形成される第1熱交換系統が有する汽水分離器は、第1熱交換器により熱交換された冷却水から蒸気を分離して蒸気タービン設備へ供給する。そして、汽水分離器から蒸気タービン設備への蒸気の供給量に応じて第2熱交換系統から第1熱交換系統への冷却水の流入量が調節弁により調節される。そのため、第1熱交換系統を流通する冷却水の流量が適切に維持される。

[0018] 本発明の一態様に係るガス化複合発電設備の運転方法は、前記ガス化複合発電設備が、酸素含有気体を用いて固体炭素質燃料をガス化反応させて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と冷却水との熱交換により該冷却水から蒸気を生成するガス冷却器と、前記ガス冷却器により冷却された前記可燃性ガス、またはガス供給部から供給される補助燃料を燃焼させ回転動力を得るガスタービン設備と、前記ガスタービン設備から排出される燃焼排ガスの熱量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回転動力を得る蒸気タービン設備と、前記ガスタービン設備および前記蒸気タービン設備が供給する前記回転動力により駆動される発電機とを備え、前記排熱回収ボイラが、前記燃焼排ガスと前記冷却水との熱交換を行う第1熱交換器と、前記燃焼排ガスと前記冷却水との熱交換を行う第2熱交換器とを有し、前記ガスタービン設備が前記可燃性ガスを燃焼させる場合と、前記補助燃料を燃焼させる場合とに応じて、前記冷却水が前記第1熱交換器と前記第2熱交換器と前記ガス冷却器のいずれを経由するかを切り換える工程とを備える。

[0019] 本発明の一態様に係るガス化複合発電設備の運転方法において、ガス化炉により可燃性ガスが生成される場合、ガス冷却器により冷却された可燃性ガスは、ガスタービン設備により燃焼されて燃焼排ガスとなって排熱回収ボイラに導かれる。この場合、ガス冷却器が可燃性ガスから熱回収するとともに蒸気を発生し、発生した蒸気量に見合う給水が、排熱回収ボイラが有する第1熱交換器（第1中圧節炭器）と第2熱交換器（第2中圧節炭器）を通じてガス冷却器に供給される。燃焼ガスと第1熱交換器（第1中圧節炭器）と第2熱交換器（第2中圧節炭器）が十分に熱交換するため、排熱回収ボイラ出口における燃焼排ガスの温度が下がり、燃焼排ガスの熱量が十分に回収される。

[0020] 一方、ガス化炉により可燃性ガスが生成されない場合、補助燃料がガス供給部からガスタービン設備に供給され、燃焼排ガスとなって排熱回収ボイラに導かれる。この場合、ガス冷却器による熱回収が無いため給水が行われず、排熱回収ボイラが有する第2熱交換器（第2中圧節炭器）を通過する給水量が少なくなり、燃焼排ガスの温度を十分に下げることができない。

[0021] そこで、本発明の一態様に係るガス化複合発電設備の運転方法においては、ガスタービン設備が可燃性ガスを燃焼させる場合と、補助燃料を燃焼させる場合とに応じて、冷却水が第1熱交換器と第2熱交換器とガス冷却器のいずれを経由するかを切り換えるようにした。

このようにすることで、ガスタービン設備が可燃性ガスを燃焼させる場合

と、補助燃料を燃焼させる場合とに応じて、冷却水が経由する熱交換器を適切に切り換え、燃焼排ガスの温度を十分に低下させることができる。

[0022] 本発明の一態様に係るガス化複合発電設備の運転方法においては、前記切り換える工程は、前記ガスタービン設備が前記可燃性ガスを燃焼させる場合に前記冷却水が前記第1熱交換器と前記第2熱交換器と前記ガス冷却器とを直列に経由する直列の熱交換系統を形成し、前記ガスタービン設備が前記補助燃料を燃焼させる場合に、前記冷却水が前記ガス冷却器を経由せずに前記第1熱交換器と前記第2熱交換器とをそれぞれ個別に経由する個別の熱交換系統を形成し、前記燃焼排ガスが前記排熱回収ボイラから所定の排気温度範囲で排出される構成にしてもよい。

[0023] 本構成によれば、ガスタービン設備が補助燃料を燃焼させる場合は、冷却水がガス冷却器を経由せずに第1熱交換器と第2熱交換器とをそれぞれ個別に経由する個別の熱交換系統が形成される。

このようにすることで、第1の熱交換器と第2の熱交換器とにより直列の熱交換系統を形成する場合に比べ、排熱回収ボイラによる燃焼排ガスからの熱回収効率を増加させることができる。

したがって、ガス化炉が生成する可燃性ガスの代替となる補助燃料をガスタービン設備にて燃焼させて燃焼排ガスを生成する場合であっても、排熱回収ボイラによる燃焼排ガスからの熱回収効率を維持することが可能なガス化複合発電設備の運転方法を提供することができる。

[0024] 上記構成のガス化複合発電設備の運転方法においては、前記個別の熱交換系統が、前記第1熱交換器に前記冷却水を循環させる第1熱交換系統と、前記第2熱交換器に前記冷却水を循環させる第2熱交換系統とを含み、前記第1熱交換系統が、前記第1熱交換器により熱交換された前記冷却水が導かれるとともに該冷却水から分離した蒸気を前記蒸気タービン設備へ供給する汽水分離器を有し、前記汽水分離器から前記蒸気タービン設備への蒸気の供給量に応じて、前記第2熱交換系統から前記第1熱交換系統への前記冷却水の流入量を調節する調節工程を有していてもよい。

[0025] このようなガス化複合発電設備の運転方法によれば、ガスタービン設備が補助燃料を燃焼させる場合に形成される第1熱交換系統が有する汽水分離器は、第1熱交換器により熱交換された冷却水から蒸気を分離して蒸気タービン設備へ供給する。そして、汽水分離器から蒸気タービン設備への蒸気の供給量に応じて第2熱交換系統から第1熱交換系統への冷却水の流入量が調節弁により調節される。そのため、第1熱交換系統を流通する冷却水の流量が適切に維持される。

発明の効果

[0026] 本発明によれば、ガス化炉やガス精製設備が不調、又はその他の要因で長期的に停止する場合でも、ガス化炉が生成する可燃性ガスの代替となる補助燃料をガスタービン設備にて燃焼させて燃焼排ガスを生成し、排熱回収ボイラによる燃焼排ガスからの熱回収効率を維持することが可能なガス化複合発電設備およびその運転方法を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0027] [図1]本発明の一実施形態の石炭ガス化複合発電設備を示す系統図であり、ガス化炉が生成する可燃性ガスを燃焼させる状態を示す図である。

[図2]本発明の一実施形態の石炭ガス化複合発電設備を示す系統図であり、補助燃料を燃焼させる状態を示す図である。

[図3]本発明の一実施形態の石炭ガス化複合発電設備の動作を示すフローチャートである。

[図4]比較例の石炭ガス化複合発電設備を示す系統図であり、ガス化炉が生成する可燃性ガスを燃焼させる状態を示す図である。

[図5]比較例の石炭ガス化複合発電設備を示す系統図であり、補助燃料を燃焼させる状態を示す図である。

発明を実施するための形態

[0028] 以下、本発明の一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、図2に示すように、本実施形態の石炭ガス化複合発電設備（Integra

ted Gasification Combined Cycle: IGCC) 1 は、主燃料供給部 10 と、ガス化炉 20 と、ガス冷却器 30 と、ガス精製設備 40 と、ガスタービン設備 50 と、補助燃料供給部（ガス供給部）60 と、排熱回収ボイラ 70 と、蒸気タービン設備 80 と、発電機 90 と、循環系統部 100 と、制御装置 C1 とを備える。

[0029] 主燃料供給部 10 は、固体炭素質燃料である石炭を、石炭ミル（図示略）を用いて粉砕して微粉炭を生成し、ガス化炉 20 へ供給する装置である。主燃料供給部 10 により、生成された微粉炭は、空気分離装置（図示略）から供給される窒素ガスによって搬送されることにより、ガス化炉 20 へ供給される。

[0030] ガス化炉 20 は、主燃料供給部 10 から供給される微粉炭を酸素含有気体であるガス化剤によりガス化反応させてガス化し、可燃性ガスを生成する装置である。ガス化炉 20 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。ガス化炉 20 は、生成した可燃性ガスをガス冷却器 30 に供給する。ガス化炉 20 は、ガス冷却器 30 とともにガス化炉設備を構成している。

酸素含有気体としては、酸素を含む空気や、空気分離装置（図示略）にて生成される酸素ガスが用いられる。

[0031] ガス冷却器 30 は、ガス化炉 20 から供給される可燃性ガスと冷却水との熱交換により冷却水から蒸気を生成する熱交換器である。ガス冷却器 30 は、排熱回収ボイラ 70 の第 2 中圧節炭器 70b から供給される冷却水と可燃性ガスとの熱交換により蒸気を生成し、生成した蒸気を高圧蒸気タービン 80a へ供給する。

ガス冷却器 30 にて熱回収された可燃性ガスは、チャー回収装置（図示略）によりチャーが回収された後にガス精製設備 40 へと導かれる。

[0032] ガス精製設備 40 は、チャー回収装置でチャーが分離除去された可燃性ガスを精製して硫黄分等の不純物を取り除き、ガスタービン設備 50 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 40 により

精製された可燃性ガスは、ガスタービン設備 50 の燃焼器（図示略）に供給される。

[0033] ガスタービン設備 50 は、燃焼器（図示略）と、圧縮機（図示略）と、ガスタービン（図示略）を備える。燃焼器は、ガス精製設備 40 から供給される可燃性ガスを、圧縮機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からガスタービンへ供給される。この結果、高温高压の燃焼ガスが仕事をしてガスタービンを駆動し、高温の燃焼排ガスが排出される。ガスタービンの回転軸出力は、発電機 90 a や圧縮機の駆動源として使用される。

[0034] 補助燃料供給部（ガス供給部）60 は、主燃料供給部 10 から微粉炭がガス化炉 20 に供給されず、ガス化炉 20 により可燃性ガスが生成されない場合に、ガスタービン設備 50 に可燃性ガスである補助燃料を供給する装置である。制御装置 C U は、主燃料供給部 10 から微粉炭がガス化炉 20 に供給されない場合、補助燃料供給部 60 から補助燃料を供給するよう補助燃料供給部 60 を制御する。

補助燃料としては、例えば、天然ガス等の炭化水素系ガスを用いることができる。その他、炭化水素系ガス以外にも、種々の可燃性ガスを用いることができる。

[0035] 排熱回収ボイラ 70 は、ガスタービン設備 50 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 70 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 80 へ供給する。排熱回収ボイラ 70 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煙突 95 から大気へ放出する。

[0036] 排熱回収ボイラ 70 は、ガスタービン設備 50 から排出される高温の燃焼排ガスと冷却水または蒸気との熱交換をするための複数の熱交換器を備えている。複数の熱交換器は、燃焼排ガスの流通方向の下流側から上流側に向かって、第 1 中圧節炭器 70 a、第 2 中圧節炭器 70 b、中圧蒸発器 70 c、

高圧蒸発器 70 d の順に配置されている。

[0037] 蒸気タービン設備 80 は、排熱回収ボイラ 70 から供給される蒸気を駆動源として運転され、発電機 90 b が連結される回転軸を回転させる設備である。発電機 90 b は、回転軸の回転による回転動力を用いて発電を行う。

蒸気タービン設備 80 は、高圧蒸気タービン 80 a と、中圧蒸気タービン 80 b と、低圧蒸気タービン 80 c を備えている。

[0038] 循環系統部 100 は、ガス冷却器 30 と、排熱回収ボイラ 70 と、蒸気タービン設備 80 との間で、冷却水および冷却水が蒸発した蒸気とを循環させる各種の装置とそれら装置を接続する流路からなる系統である。

循環系統部 100 は、中圧給水ポンプ 100 a と、高圧給水ポンプ 100 b と、循環ポンプ 100 c と、調節弁 100 d と、切換弁 100 e, 100 f, 100 g, 100 h, 100 i, 100 j を備える。また、循環系統部 100 は、汽水分離器 100 k と逆止弁 100 l とを備える。

[0039] 中圧給水ポンプ 100 a は、低圧蒸気タービン 80 c で仕事をした低圧蒸気を冷却する復水器 96 に貯留した冷却水を給水するポンプである。

高圧給水ポンプ 100 b は、第 2 中圧節炭器 70 b から排出される冷却水を、中圧蒸発器 70 c, 高圧蒸発器 70 d, およびガス冷却器 30 へ給水するポンプである。

循環ポンプ 100 c は、汽水分離器 100 k にて蒸気が分離された冷却水を第 1 中圧節炭器 70 a へ給水するポンプである。

[0040] 汽水分離器 100 k は、第 1 中圧節炭器 70 a にて加熱されて切換弁 100 g により減圧された冷却水を、蒸気とドレン水とに分離する装置である。汽水分離器 100 k により分離された蒸気は、低圧蒸気タービン 80 c に供給される。一方、汽水分離器 100 k により分離されたドレン水は、第 1 中圧節炭器 70 a に供給される。

調節弁 100 d は、汽水分離器 100 k により分離された蒸気に相当する量の冷却水を、第 1 中圧節炭器 70 a を循環する循環系統に供給するための弁である。

逆止弁 100 l は、調節弁 100 d の下流側に設けられており、調節弁 100 d に冷却水が逆流することを防止する弁である。

[0041] 切換弁 100 e, 100 f, 100 g, 100 h, 100 i, 100 j は、循環系統部 100 を構成する流路上に設けられ、開閉状態を切り換えることで循環系統部 100 に第 1 中圧節炭器 70 a と、第 2 中圧節炭器 70 b とガス冷却器 30 とが関連する複数の熱交換系統を形成することができる切換弁である。

[0042] 制御装置（制御部）CU は、石炭ガス化複合発電設備 1 の各部を制御する装置である。制御装置 CU 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、各種の制御動作を実行する。

[0043] 以下、制御装置 CU により実行される処理について図 3 のフローチャートを用いて説明する。

制御装置 CU は、図 3 のフローチャートに示す動作を実行することにより、ガス化炉 20 による可燃性ガスの生成が行われているか否かに応じて冷却水の熱交換系統を形成し、燃焼排ガスからの熱回収効率を維持する。

[0044] ステップ S301 で、制御装置 CU は、ガス化炉 20 が可燃性ガスを生成しているかどうかを判断し、YES であればステップ S302 に処理を進め、NO であればステップ S303 に処理を進める。

制御装置 CU は、主燃料供給部 10 からガス化炉 20 へ主燃料である微粉炭が供給されている場合は、YES と判断する。一方、制御装置 CU は、異常等により主燃料供給部 10 からガス化炉 20 への微粉炭の供給が停止している場合は、NO と判断する。

[0045] ステップ S302（第 1 熱交換工程）で、制御装置 CU は、第 1 中圧節炭器 70 a と、第 2 中圧節炭器 70 b とガス冷却器 30 とにより直列の熱交換系統を形成するように、切換弁 100 e, 100 f, 100 g, 100 h, 100 i および調節弁 100 d の開閉状態を制御する。

制御装置 CU は、切換弁 100 e, 100 g, 100 h, 100 i を閉状

態（図 1 中の黒色の弁）とし、切換弁 100f および調節弁 100d を開状態（図 1 中の白色の弁）とするよう制御する。

[0046] ここで、切換弁 100j の開閉状態の切換は、ガス冷却器 30 内に設置されたドラム（図示略）の水位レベルにより制御される。ガス化炉 20 からガス冷却器 30 に供給される可燃性ガスとの熱交換によりドラム内の冷却水が蒸発して水位レベルが低下すると、水位レベルを維持するために、切換弁 100j が開状態となる。ガス化炉 20 から供給される可燃性ガスが減少すると、水位レベルが低下しないため、切換弁 100j は平状態を維持する。

[0047] ここでは、切換弁 100j の開閉状態の切換について説明したが、他の切換弁 100e, 100f, 100g, 100h, 100i については、例えば、制御装置 CU が、他の切換弁に内蔵された駆動機構を制御して弁体を駆動することにより行われる。また例えば、他の切換弁に駆動機構が内蔵されていない場合、他の切換弁の開閉状態の切換は、制御装置 CU が表示装置（図示略）に他の切換弁を開状態とするべきか閉状態とするべきかの指示を表示することにより行われる。後者の場合、他の切換弁の開閉状態は、表示装置の指示に応じて作業者が手動で切り換える。

[0048] ここで、ステップ S302 の動作によって形成される直列の熱交換系統について図 1 を用いて説明する。

図 1 において、中圧給水ポンプ 100a により圧送される冷却水は、調節弁 100d と逆止弁 100l を経由して第 1 中圧節炭器 70a に導かれる。第 1 中圧節炭器 70a に導かれた冷却水は、燃焼排ガスとの熱交換により加熱された後、切換弁 100f を経由して第 2 中圧節炭器 70b に導かれる。

[0049] 第 2 中圧節炭器 70b に導かれた冷却水は、燃焼排ガスとの熱交換により加熱された後、一部が高圧給水ポンプ 100b に導かれ、他の一部が中圧蒸発器 70c に導かれる。中圧蒸発器 70c に導かれた冷却水は、燃焼排ガスとの熱交換により加熱されて蒸気となり、中圧蒸気タービン 80b へ導かれる。

[0050] 高圧給水ポンプ 100b に導かれた冷却水は、一部が切換弁 100j を経

由してガス冷却器 30 へ導かれ、他の一部が高圧蒸発器 70 d に導かれる。高圧蒸発器 70 d に導かれた冷却水は、燃焼排ガスとの熱交換により加熱されて蒸気となり、高圧蒸気タービン 80 a へ導かれる。ガス冷却器 30 へ導かれた冷却水は、ガス化炉 20 により生成された可燃性ガスとの熱交換により加熱されて蒸気となり、その蒸気が排熱回収ボイラ 70 に導かれ熱交換器（図示略）により加熱された後に高圧蒸気タービン 80 a へ導かれる。

[0051] 高圧蒸気タービン 80 a へと導かれた蒸気は、高圧蒸気タービン 80 a で回転動力として利用される。高圧蒸気タービン 80 a で仕事をして温度が低下した蒸気は、排熱回収ボイラ 70 内で再熱された後に中圧蒸気タービン 80 b に導かれ、中圧蒸気タービン 80 b で回転動力として利用される。

[0052] 中圧蒸気タービン 80 b で仕事をして温度が低下した蒸気は、低圧蒸気タービン 80 c へ導かれて回転動力として利用される。低圧蒸気タービン 80 c で仕事をして温度が低下した蒸気は、復水器 96 により冷却されて液化し、復水器 96 の貯留部（図示略）に貯留する。復水器 96 の貯留部に貯留した水は冷却水として再び高圧給水ポンプ 100 b に導かれる。

[0053] 以上のように、ガス化炉 20 が可燃性ガスを生成している場合、制御装置 CU は、第 1 中圧節炭器 70 a と、第 2 中圧節炭器 70 b とガス冷却器 30 とにより直列の熱交換系統を形成する。この直列の熱交換系統においては、第 1 中圧節炭器 70 a と、第 2 中圧節炭器 70 b と、ガス冷却器 30 とによる熱交換が行われるため、ガス冷却器 30 に単位時間あたりに流通する冷却水の流量は、第 1 中圧節炭器 70 a と、第 2 中圧節炭器 70 b と、ガス冷却器 30 とにより回収される熱量に応じた流量となる。

[0054] 一方、図 3 のステップ S 303 で制御装置 CU は、ガス化炉 20 が可燃性ガスを生成していないことから、ガスタービン設備 50 に供給する燃料をガス化炉 20 が生成する可燃性ガスから補助燃料供給部 60 が供給する補助燃料に切り換える。制御部 CU は、補助燃料供給部 60 へ制御信号を送信することにより、補助燃料供給部 60 からガスタービン設備 50 へ補助燃料が供給されるようにする。

[0055] ステップS304（第2熱交換工程）で、制御装置CUは、第1中圧節炭器70aと、第2中圧節炭器70bとガス冷却器30とのそれぞれにより個別の熱交換系統（第1熱交換系統、第2熱交換系統）を形成するように、切換弁100e、100f、100g、100h、100iおよび調整弁100dの開閉状態を制御する。

制御装置CUは、切換弁100fを閉状態（図2中の黒色の弁）とし、切換弁100e、100g、100h、100iを開状態（図2中の白色の弁）とするよう制御する。なお、後述するように調整弁100dの開閉状態は、汽水分離器100kにより分離される蒸気の量に応じて、適宜に調整される。

[0056] ここで、ステップS304の動作によって形成される個別の熱交換系統について図2を用いて説明する。

ステップS304の動作によって形成される個別の熱交換系統の一方は、第1中圧節炭器70aに冷却水を循環させる第1熱交換系統である。個別の熱交換系統の他方は、第2中圧節炭器70bに冷却水を循環させる第2熱交換系統である。第1熱交換系統と第2熱交換系統は、それぞれ独立して冷却水を循環させる熱交換系統となっている。

[0057] まず始めに、第1中圧節炭器70aに冷却水を循環させる第1熱交換系統について説明する。

第1熱交換系統は、循環ポンプ100cが圧送する冷却水を、切換弁100hを経由して第1中圧節炭器70aに導く。第1中圧節炭器70aに導かれた冷却水は、燃焼排ガスとの熱交換により加熱された後、切換弁100gを経由して汽水分離器100kに導かれる。切換弁100gにて減圧された冷却水は、水と蒸気とが混合した状態の冷却媒体として汽水分離器100kに導かれる。汽水分離器100kは、切換弁100gから導かれた冷却媒体から蒸気を分離し、切換弁100iを経由して低圧蒸気タービン80cへ供給する。

[0058] 一方、汽水分離器100kは、切換弁100gから導かれた冷却媒体から

ドレン水を分離し、循環ポンプ100cへ供給する。循環ポンプ100cは、汽水分離器100kが分離したドレン水（冷却水）を、切換弁100hを経由して第1中圧節炭器70aに再び導く。このように、冷却水は、循環ポンプ100cと切換弁100hと第1中圧節炭器70aと切換弁100gと汽水分離器100kとにより構成される第1熱交換系統を循環する。

[0059] ここで、汽水分離器100kにより分離された蒸気は第1熱交換系統の外部である低圧蒸気タービン80cに導かれる。そのため、第1熱交換系統を流通する冷却水の流量は、分離された蒸気の量に応じた分だけ減少してしまう。そこで、本実施形態では、制御装置CUが、汽水分離器100kにより分離された蒸気の量に応じた冷却水を、第2熱交換系統から第1熱交換系統へ流入させるよう調節弁100dの開度を調節する。

[0060] 制御装置CUは、汽水分離器100kが有する液面センサが一定の液面高さを示すように、調節弁100dの開度を調節する。制御装置CUは、液面センサが検出する液面高さが目標高さより低くなった場合は調節弁100dの開度を大きくして第2熱交換系統から第1熱交換系統へ冷却水を流入させる。また、制御装置CUは、液面センサが検出する液面高さが目標高さより高くなった場合は調節弁100dを閉状態にして第2熱交換系統から第1熱交換系統へ冷却水が流入しないようにする。

[0061] 次に、第2中圧節炭器70bに冷却水を循環させる第2熱交換系統について説明する。

図2において、中圧給水ポンプ100aにより圧送される冷却水は、切換弁100eを経由して第2中圧節炭器70bに導かれる。第2中圧節炭器70bに導かれた冷却水は、燃焼排ガスとの熱交換により加熱された後、一部が高圧給水ポンプ100bに導かれ、他の一部が中圧蒸発器70cに導かれる。中圧蒸発器70cに導かれた冷却水は、燃焼排ガスとの熱交換により加熱されて蒸気となり、中圧蒸気タービン80bへ導かれる。

[0062] 高圧給水ポンプ100bに導かれた冷却水は、その全部が高圧蒸発器70dに導かれる。高圧蒸発器70dに導かれた冷却水は、燃焼排ガスとの熱交

換により加熱されて蒸気となり、高圧蒸気タービン 80 a へ導かれる。

高圧蒸気タービン 80 a へと導かれた蒸気は、高圧蒸気タービン 80 a の回転動力として利用される。高圧蒸気タービン 80 a で仕事をして温度が低下した蒸気は、排熱回収ボイラ 70 内で再熱された後に中圧蒸気タービン 80 b に導かれ、中圧蒸気タービン 80 b で回転動力として利用される。

[0063] このように、ステップ S 304 の動作によって第 1 熱交換系統と第 2 熱交換系統からなる個別の熱交換系統を形成する場合、それぞれの熱交換系統において独立して冷却水が循環することとなる。特に、第 1 熱交換系統は、汽水分離器 100 k で蒸気として分離されない分の冷却水が第 1 中圧節炭器 70 a を循環して熱交換を行うこととなる。そのため、単位時間あたりに第 1 中圧節炭器 70 a を循環する冷却水の流量を増加させ、燃焼排ガスからの熱回収効率を高めることができる。

[0064] 以上説明したように、制御装置 C U は、図 3 のフローチャートに示す動作を実行することにより、ガス化炉 20 による可燃性ガスの生成が行われているか否かに応じて、冷却水の熱交換系統として、直列あるいは個別の循環系統のいずれかを形成し、排熱回収ボイラ 70 の熱回収効率を維持することができる。

[0065] ここで、図 4 および図 5 を用いて、本実施形態の比較例の石炭ガス化複合発電設備 1' について説明する。

本実施形態の石炭ガス化複合発電設備 1 は、排熱回収ボイラ 70 が第 1 中圧節炭器 70 a と第 2 中圧節炭器 70 b とを備える。

それに対して、比較例の石炭ガス化複合発電設備 1' は、排熱回収ボイラ 70' が単一の中圧節炭器 70 e を備える。

なお、図 4 および図 5 において、図 1 および図 2 と同一の符号を付したものは、図 1 および図 2 と同一のものであるため、説明を省略する。

[0066] 図 4 に示すように、ガス化炉 20 が可燃性ガスを生成しガスタービン設備 50 が可燃性ガスを燃焼させる場合、高圧給水ポンプ 100 b に導かれた冷却水は、一部が切換弁 100 j を介してガス冷却器 30 へ導かれ、他の一部

が高压蒸発器 70 d に導かれる。

[0067] 図 4 に示す状態では、ガス冷却器 30 で可燃性ガスと冷却水との熱交換により蒸気が発生する。そのため、ガス冷却器 30 には、高压給水ポンプ 100 b を介して十分な給水量で冷却水が継続的に流入する。よって、中圧節炭器 70 e, 中圧蒸発器 70 c, 高压蒸発器 70 d を流通する冷却水の給水量が十分な量となり、排熱回収ボイラ 70' による熱回収効率は、高い状態に維持される。

[0068] 一方、図 5 に示すように、ガス化炉 20 が補助燃料を燃焼させる場合、高压給水ポンプ 100 b に導かれた冷却水は、その全部が高压蒸発器 70 d に導かれる。この場合、高压給水ポンプ 100 b に導かれた冷却水は、切換弁 100 j を介してガス冷却器 30 へ導かれることがない。これは、ガス冷却器 30 で可燃性ガスと冷却水との熱交換が行われず、蒸気が発生しないからである。そのため、ガス冷却器 30 には、高压給水ポンプ 100 b を介して冷却水が殆ど流入しない。よって、中圧節炭器 70 e, 中圧蒸発器 70 c, 高压蒸発器 70 d を流通する冷却水の給水量が十分な量とならず、排熱回収ボイラ 70' による熱回収効率は、低い状態となってしまう。

[0069] このように比較例の石炭ガス化複合発電設備 1' では、ガス化炉 20 が補助燃料を燃焼させる場合、ガス冷却器 30 に冷却水が殆ど流入せず、それに伴って、排熱回収ボイラ 70' による熱回収効率は、低い状態となってしまう。

例えば、比較例の石炭ガス化複合発電設備 1' において、ガスタービン設備 50 が可燃性ガスを燃焼させる場合に排熱回収ボイラ 70' から排出される燃焼排ガスの温度が約 120℃である場合、ガスタービン設備 50 が補助燃料を燃焼させる場合に排熱回収ボイラ 70' から排出される燃焼排ガスの温度が約 200℃となる。

[0070] 一方、本実施形態の石炭ガス化複合発電設備 1 では、ガス化炉 20 が補助燃料を燃焼させる場合であっても、第 1 熱交換系統と第 2 熱交換系統からなる個別の熱交換系統が形成されるため、排熱回収ボイラ 70 による熱回収効

率は、高い状態に維持される。

例えば、本実施形態の石炭ガス化複合発電設備 1 において、ガスタービン設備 50 が可燃性ガスを燃焼させる場合に排熱回収ボイラ 70 から排出される燃焼排ガスの温度が約 120℃である場合、ガスタービン設備 50 が補助燃料を燃焼させる場合に排熱回収ボイラ 70 から排出される燃焼排ガスの温度も約 120℃となる。

[0071] なお、本実施形態の石炭ガス化複合発電設備 1 において、排熱回収ボイラ 70 から排出される燃焼排ガスの所定の排気温度範囲は、約 120℃となるのが望ましい。所定の排気温度範囲は、例えば、110℃以上かつ 130℃以下の範囲であってよい。より好ましくは、115℃以上かつ 125℃以下の範囲である。

[0072] このように、ガス化炉 20 が補助燃料を燃焼させる場合について、比較例の石炭ガス化複合発電設備 1' と本実施形態の石炭ガス化複合発電設備 1 を対比すると、比較例よりも本実施形態の方が、熱回収効率が高くなる。

本実施形態の石炭ガス化複合発電設備 1 は、ガス化炉 20 が補助燃料を燃焼させる場合に第 1 中圧節炭器 70a により熱回収される熱量は、汽水分離器 100k により分離される蒸気として低圧蒸気タービン 80c へ供給される。

一例として、汽水分離器 100k により分離される冷却水（ドレン水）の質量流量に対する蒸気の質量流量の比が約 10%となるようにした場合、ガス化炉 20 が補助燃料を燃焼させる際の本実施形態の石炭ガス化複合発電設備 1 の発電効率が、比較例の石炭ガス化複合発電設備 1' の発電効率よりも約 2%高くなる。

[0073] 次に、本実施形態の石炭ガス化複合発電設備 1 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複合発電設備 1 において、ガス化炉 20 により可燃性ガスが生成される場合、ガス冷却器 30 により冷却された可燃性ガスは、ガスタービン設備 50 により燃焼されて燃焼排ガスとなって排熱回収ボイ

ラ 70 に導かれる。この場合、排熱回収ボイラ 70 が有する第 1 中圧節炭器 70 a (第 1 熱交換器) と第 2 中圧節炭器 70 b (第 2 熱交換器) とが燃焼排ガスから熱回収するとともに、ガス冷却器 30 が可燃性ガスから熱回収する。この場合、第 1 中圧節炭器 70 a と第 2 中圧節炭器 70 b とガス冷却器 30 とにより直列の熱交換系統が形成されるため、第 1 中圧節炭器 70 a と第 2 中圧節炭器 70 b とガス冷却器 30 とにより回収される熱量に応じた流量の冷却水が循環系統部 100 を単位時間あたりに流通することとなる。

[0074] 一方、ガス化炉 20 により可燃性ガスが生成されない場合、補助燃料が補助燃料供給部 (ガス供給部) 60 からガスタービン設備 50 に供給され、燃焼排ガスとなって排熱回収ボイラ 70 に導かれる。この場合、排熱回収ボイラ 70 が有する第 1 中圧節炭器 70 a と第 2 中圧節炭器 70 b とが燃焼排ガスから熱回収する一方で、ガス冷却器 30 による熱回収は行われない。この場合、第 1 中圧節炭器 70 a と第 2 中圧節炭器 70 b とのそれぞれにより個別の熱交換系統が形成される。そのため、循環系統部 100 を単位時間あたりに流通する冷却水の流量は、第 1 中圧節炭器 70 a を形成する第 1 熱交換系統を単位時間あたりに流通する冷却水の流量と第 2 中圧節炭器 70 b を形成する第 2 熱交換系統を単位時間あたりに流通する冷却水の流量とを合算した流量となる。

[0075] そのため、第 1 中圧節炭器 70 a と第 2 中圧節炭器 70 b とにより直列の熱交換系統を形成する場合に比べ、循環系統部 100 を単位時間あたりに流通する冷却水の流量が増加する。これにより、直列の熱交換系統を形成する場合に比べ、排熱回収ボイラ 70 による燃焼排ガスからの熱回収効率を増加させることができる。

したがって、ガス化炉 20 が生成する可燃性ガスの代替となる補助燃料をガスタービン設備 50 にて燃焼させて燃焼排ガスを生成する場合であっても、排熱回収ボイラ 70 による燃焼排ガスからの熱回収効率を維持することが可能な石炭ガス化複合発電設備 1 を提供することができる。

[0076] また、本実施形態の石炭ガス化複合発電設備 1 によれば、ガスタービン設

備 5 0 が補助燃料を燃焼させる場合に循環系統部 1 0 0 が形成する第 1 熱交換系統が有する汽水分離器 1 0 0 k は、第 1 中圧節炭器 7 0 a により熱交換された冷却水から蒸気を分離して蒸気タービン設備 8 0 へ供給する。そして、汽水分離器 1 0 0 k から蒸気タービン設備 8 0 への蒸気の供給量に応じて第 2 熱交換系統から第 1 熱交換系統への冷却水の流入量が調節弁 1 0 0 d により調節される。そのため、第 1 熱交換系統を流通する冷却水の流量が適切に維持される。

[0077] 〔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）をガス化するガス化炉 2 0 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。

[0078] 以上の説明においては、ガスタービン設備 5 0 と蒸気タービン設備 8 0 とが、それぞれに専用に設けられた発電機 9 0 a, 9 0 b 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 5 0 と蒸気タービン設備 8 0 とが、単一の発電機 9 0 に駆動力を与える態様であってもよい。

符号の説明

[0079] 1, 1' 石炭ガス化複合発電設備（ガス化複合発電設備）

1 0 主燃料供給部

2 0 ガス化炉

3 0 ガス冷却器

4 0 ガス精製設備

5 0 ガスタービン設備

6 0 補助燃料供給部（ガス供給部）

7 0, 7 0' 排熱回収ボイラ

7 0 a 第 1 中圧節炭器（第 1 熱交換器）

7 0 b 第 2 中圧節炭器（第 2 熱交換器）

7 0 c 中圧蒸発器

7 0 d 高圧蒸発器

8 0 蒸気タービン設備

9 0 発電機

1 0 0 循環系統部

1 0 0 k 汽水分離器

C U 制御装置

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反応させて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と冷却水との熱交換により該冷却水から蒸気を生成するガス冷却器と、

前記ガス冷却器により冷却された前記可燃性ガス、またはガス供給部から供給される補助燃料を燃焼させ回転動力を得るガスタービン設備と、

前記ガスタービン設備から排出される燃焼排ガスの熱量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回転動力を得る蒸気タービン設備と、

前記ガスタービン設備および前記蒸気タービン設備が供給する前記回転動力により駆動される発電機と、

前記排熱回収ボイラにおいて前記冷却水の熱交換をさせる循環系統部とを備え、

前記排熱回収ボイラが、前記燃焼排ガスと前記冷却水との熱交換を行う第1熱交換器および第2熱交換器とを有し、

前記ガスタービン設備が前記可燃性ガスを燃焼させる場合と、前記補助燃料を燃焼させる場合とに応じて、前記循環系統部は、前記冷却水が前記第1熱交換器と前記第2熱交換器と前記ガス冷却器のいずれを経由するかを切り換えるガス化複合発電設備。

[請求項2]

前記循環系統部は、前記ガスタービン設備が前記可燃性ガスを燃焼させる場合は前記冷却水が前記第1熱交換器と前記第2熱交換器と前記ガス冷却器とを直列に経由する直列の熱交換系統を形成し、前記ガスタービン設備が前記補助燃料を燃焼させる場合は、前記冷却水が前記ガス冷却器を経由せずに前記第1熱交換器と前記第2熱交換器とをそれぞれ個別に経由する個別の熱交換系統を形成し、

前記燃焼排ガスが前記排熱回収ボイラから所定の排気温度範囲で排出される請求項 1 に記載のガス化複合発電設備。

[請求項3] 前記ガスタービン設備が前記補助燃料を燃焼させる場合に形成される前記個別の熱交換系統は、前記第 1 熱交換器に前記冷却水を循環させる第 1 熱交換系統と、前記第 2 熱交換器に前記冷却水を循環させる第 2 熱交換系統とを含み、

前記第 1 熱交換系統は、前記第 1 熱交換器により熱交換された前記冷却水が導かれるとともに該冷却水から分離した蒸気を前記蒸気タービン設備へ供給する汽水分離器を有し、

前記循環系統部は、前記汽水分離器から前記蒸気タービン設備への蒸気の供給量に応じて、前記第 2 熱交換系統から前記第 1 熱交換系統への前記冷却水の流入量を調節する調節弁を有する請求項 2 に記載のガス化複合発電設備。

[請求項4] ガス化複合発電設備の運転方法であって、

前記ガス化複合発電設備が、

酸素含有気体を用いて固体炭素質燃料をガス化反応させて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と冷却水との熱交換により該冷却水から蒸気を生成するガス冷却器と、

前記ガス冷却器により冷却された前記可燃性ガス、またはガス供給部から供給される補助燃料を燃焼させ回転動力を得るガスタービン設備と、

前記ガスタービン設備から排出される燃焼排ガスの熱量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回転動力を得る蒸気タービン設備と、

前記ガスタービン設備および前記蒸気タービン設備が供給する前記回転動力により駆動される発電機とを備え、

前記排熱回収ボイラが、
前記燃焼排ガスと前記冷却水との熱交換を行う第 1 熱交換器と、
前記燃焼排ガスと前記冷却水との熱交換を行う第 2 熱交換器とを有し、

前記ガスタービン設備が前記可燃性ガスを燃焼させる場合と、前記補助燃料を燃焼させる場合とに応じて、前記冷却水が前記第 1 熱交換器と前記第 2 熱交換器と前記ガス冷却器のいずれを経由するかを切り換える工程とを備えるガス化複合発電設備の運転方法。

[請求項5] 前記切り換える工程は、前記ガスタービン設備が前記可燃性ガスを燃焼させる場合に前記冷却水が前記第 1 熱交換器と前記第 2 熱交換器と前記ガス冷却器とを直列に經由する直列の熱交換系統を形成し、前記ガスタービン設備が前記補助燃料を燃焼させる場合に、前記冷却水が前記ガス冷却器を経由せずに前記第 1 熱交換器と前記第 2 熱交換器とをそれぞれ個別に經由する個別の熱交換系統を形成し、

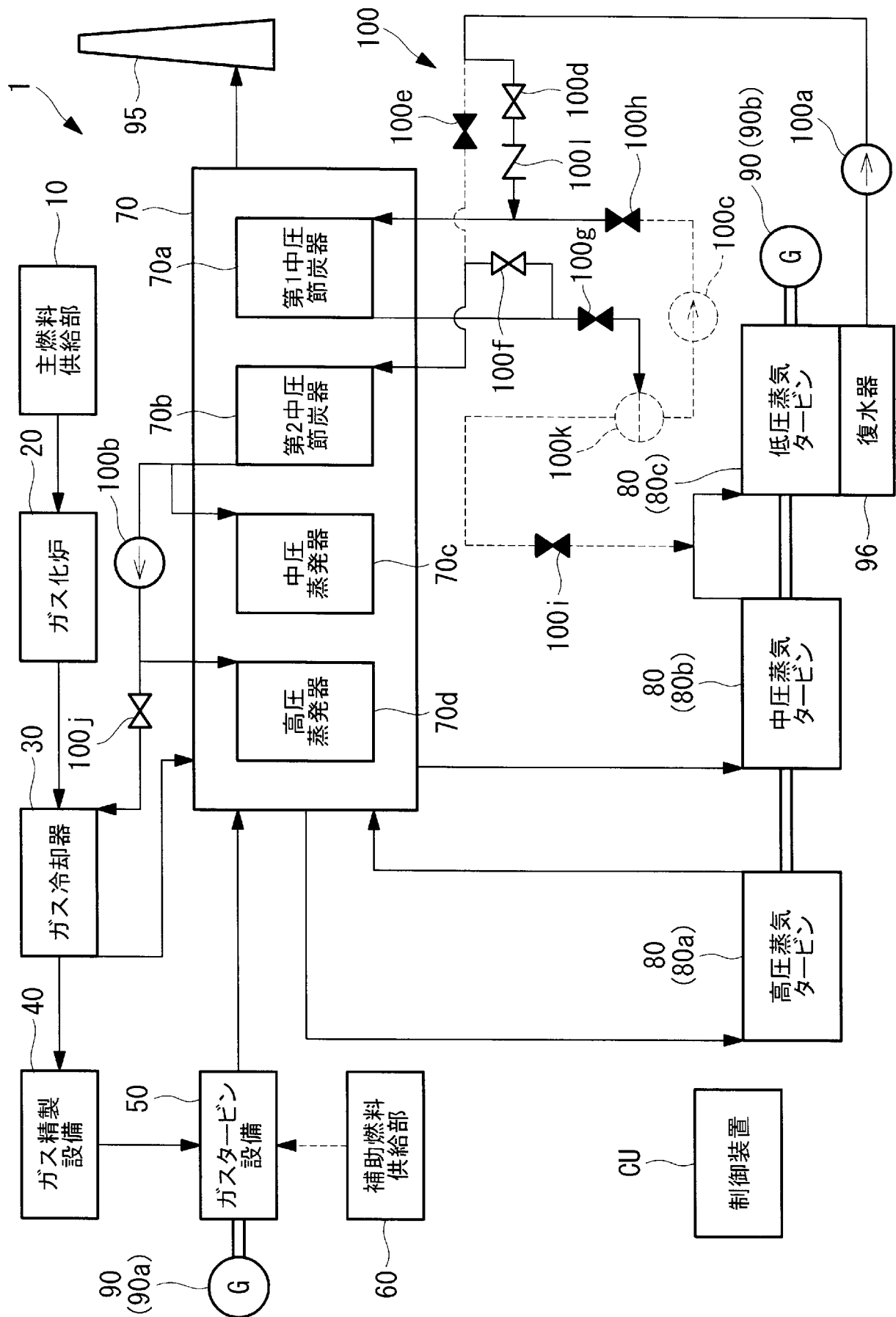
前記燃焼排ガスが前記排熱回収ボイラから所定の排気温度範囲で排出される請求項 4 に記載のガス化複合発電設備の運転方法。

[請求項6] 前記個別の熱交換系統は、前記第 1 熱交換器に前記冷却水を循環させる第 1 熱交換系統と、前記第 2 熱交換器に前記冷却水を循環させる第 2 熱交換系統とを含み、

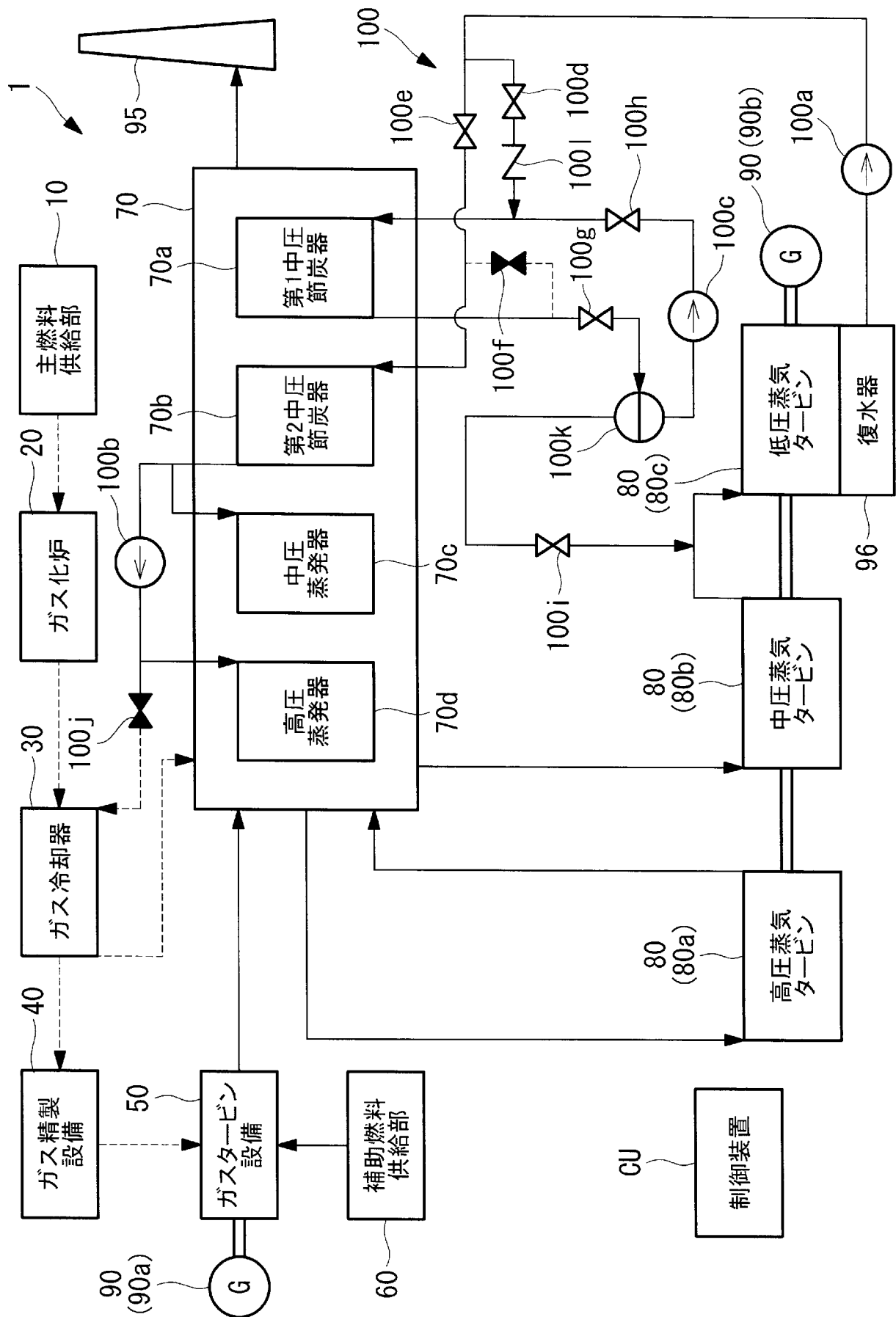
前記第 1 熱交換系統は、前記第 1 熱交換器により熱交換された前記冷却水が導かれるとともに該冷却水から分離した蒸気を前記蒸気タービン設備へ供給する汽水分離器を有し、

前記汽水分離器から前記蒸気タービン設備への蒸気の供給量に応じて、前記第 2 熱交換系統から前記第 1 熱交換系統への前記冷却水の流入量を調節する調節工程を有する請求項 5 に記載のガス化複合発電設備の運転方法。

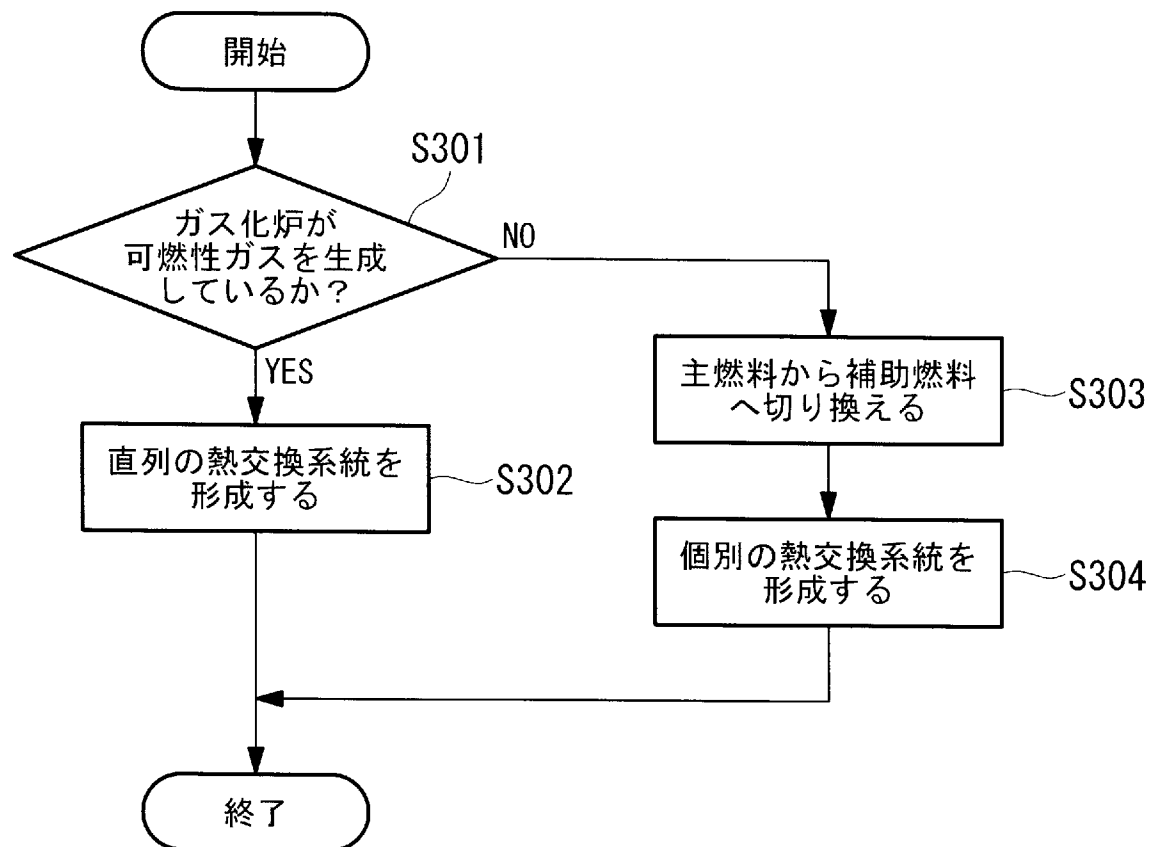
[図1]



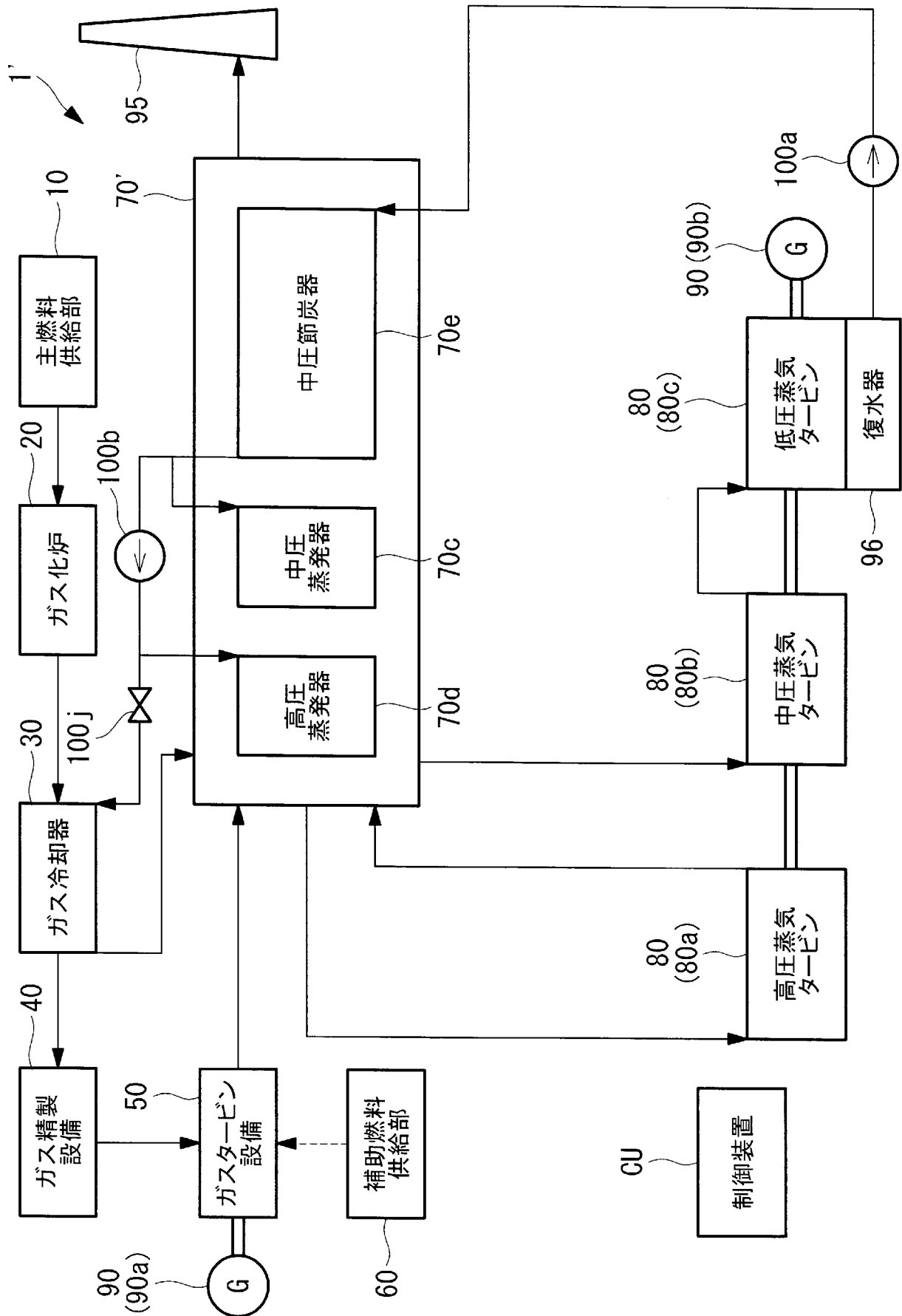
[図2]



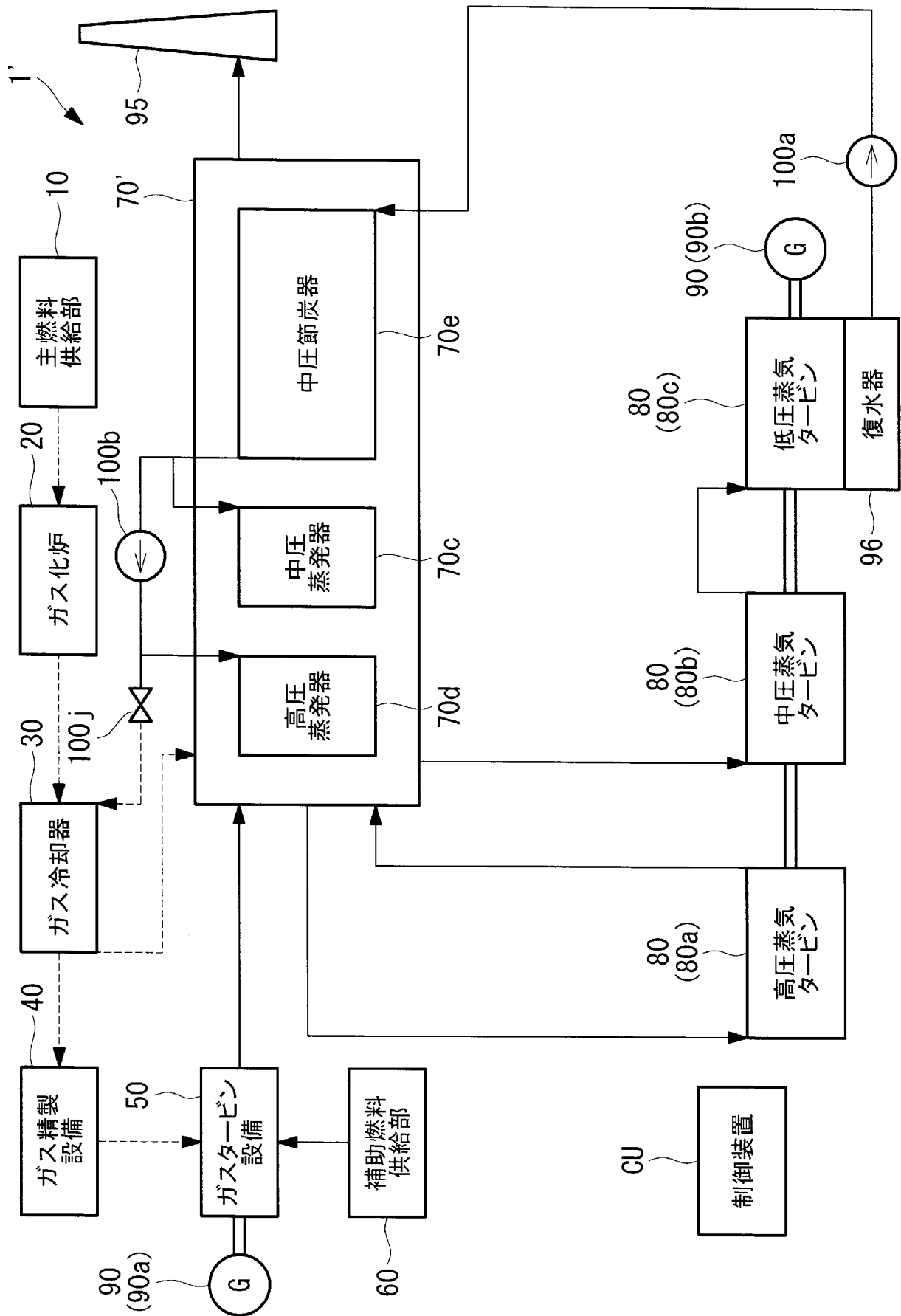
[図3]



[図4]



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/068533

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F02C3/28(2006.01)i, C10J3/46(2006.01)i, C10J3/48(2006.01)i, F01K23/10(2006.01)i, F02C3/22(2006.01)i, F02C6/00(2006.01)i, F02C6/18(2006.01)i, F22B1/18(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)

F02C3/28, C10J3/46, C10J3/48, F01K23/10, F02C3/22, F02C6/00, F02C6/18, F22B1/18

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 2009-197693 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 03 September 2009 (03.09.2009), entire text; all drawings (Family: none)	1-6
A	JP 61-233084 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 17 October 1986 (17.10.1986), fig. 1 (Family: none)	1-6
A	JP 2013-249745 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 12 December 2013 (12.12.2013), fig. 1 to 2 (Family: none)	1-6

☒ 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
18 September 2015 (18.09.15)

Date of mailing of the international search report
06 October 2015 (06.10.15)

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

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/068533

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 11-100584 A (Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd.), 13 April 1999 (13.04.1999), all drawings (Family: none)	1-6

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. F02C3/28(2006.01)i, C10J3/46(2006.01)i, C10J3/48(2006.01)i, F01K23/10(2006.01)i,
F02C3/22(2006.01)i, F02C6/00(2006.01)i, F02C6/18(2006.01)i, F22B1/18(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. F02C3/28, C10J3/46, C10J3/48, F01K23/10, F02C3/22, F02C6/00, F02C6/18, F22B1/18

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 2009-197693 A（三菱重工業株式会社）2009.09.03, 全文、全図（ファミリーなし）	1-6
A	JP 61-233084 A（三菱重工業株式会社）1986.10.17, 第1図（ファミリーなし）	1-6
A	JP 2013-249745 A（三菱重工業株式会社）2013.12.12, 図1-2（ファミリーなし）	1-6

☒ 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

1 8 . 0 9 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

0 6 . 1 0 . 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）

橋本 敏行

3 G

3 9 2 7

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

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 11-100584 A (石川島播磨重工業株式会社) 1999. 04. 13, 全図 (ファミリーなし)	1-6