

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6956035号
(P6956035)

(45) 発行日 令和3年10月27日(2021.10.27)

(24) 登録日 令和3年10月6日(2021.10.6)

(51) Int.Cl.

F 1

FO2C 3/30 (2006.01)

FO2C 3/30

D

FO2C 3/24 (2006.01)

FO2C 3/24

A

F23R 3/20 (2006.01)

F23R 3/20

請求項の数 5 (全 16 頁)

(21) 出願番号

特願2018-53512(P2018-53512)

(22) 出願日

平成30年3月20日(2018.3.20)

(65) 公開番号

特開2019-163757(P2019-163757A)

(43) 公開日

令和1年9月26日(2019.9.26)

審査請求日

令和3年3月10日(2021.3.10)

(出願人による申告) 平成27~29年度、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構、「ゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクト/COCS対応高効率システム開発/CO₂回収型クローズドIGCC技術開発」委託研究、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願

(73) 特許権者

000006208

三菱重工業株式会社

東京都千代田区丸の内三丁目2番3号

(74) 代理人

100149548

弁理士 松沼 泰史

(74) 代理人

100162868

弁理士 伊藤 英輔

(74) 代理人

100161702

弁理士 橋本 宏之

(74) 代理人

100189348

弁理士 古都 智

(74) 代理人

100196689

弁理士 鎌田 康一郎

(74) 代理人

100210572

弁理士 長谷川 太一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】燃焼器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

軸線を中心とした筒状をなす燃焼筒と、

前記軸線を中心とした筒状をなし、前記燃焼筒の上流側から燃料を噴出する燃料供給部であって、

前記軸線の径方向内側に不活性ガスが導入されて前記燃焼筒に不活性ガスを供給する内周側空間を区画形成し、かつ、径方向外側に不活性ガスが導入されて前記燃焼筒に不活性ガスを供給する外周側空間を区画形成する燃料供給部と、

前記内周側空間に酸素を供給する内周側酸素供給部と、

前記外周側空間に酸素を供給する外周側酸素供給部と、

前記内周側酸素供給部が供給する酸素と前記外周側酸素供給部が供給する酸素との相対量を調整する調整部と、を備え、

前記内周側酸素供給部は、軸線方向に延在する筒状の内周側ノズルと、前記内周側ノズルの先端に設けられた複数の内周側酸素噴射孔と、を有し、前記内周側酸素噴射孔は、可能な限り径方向外側に配置され、

前記外周側酸素供給部は、軸線方向に延在する筒状の外周側ノズルと、前記外周側ノズルの先端に設けられた複数の外周側酸素噴射孔と、を有し、前記外周側酸素噴射孔は、可能な限り径方向内側に配置されている燃焼器。

【請求項 2】

軸線を中心とした筒状をなす燃焼筒と、

10

20

前記軸線を中心とした筒状をなし、前記燃焼筒の上流側から燃料を噴出する燃料供給部であって、

前記軸線の径方向内側に不活性ガスが導入されて前記燃焼筒に不活性ガスを供給する内周側空間を区画形成し、かつ、径方向外側に不活性ガスが導入されて前記燃焼筒に不活性ガスを供給する外周側空間を区画形成する燃料供給部と、

前記内周側空間に酸素を供給する内周側酸素供給部と、

前記外周側空間に酸素を供給する外周側酸素供給部と、

前記内周側酸素供給部が供給する酸素と前記外周側酸素供給部が供給する酸素との相対量を調整する調整部と、を備え、

前記内周側酸素供給部は、軸線方向に延在する筒状の内周側ノズルと、前記内周側ノズルの先端に設けられた複数の内周側酸素噴射孔と、を有し、 10

前記外周側酸素供給部は、軸線方向に延在する筒状の外周側ノズルと、前記外周側ノズルの先端に設けられた複数の外周側酸素噴射孔と、を有し、

前記内周側酸素噴射孔の軸線方向の位置と、前記外周側酸素噴射孔の軸線方向の位置とは異なる燃焼器。

【請求項 3】

前記内周側酸素噴射孔の軸線方向の位置は、前記外周側酸素噴射孔の軸線方向の位置よりも下流側に配置されている請求項2に記載の燃焼器。 20

【請求項 4】

軸線を中心とした筒状をなす燃焼筒と、

前記軸線を中心とした筒状をなし、前記燃焼筒の上流側から燃料を噴出する燃料供給部であって、

前記軸線の径方向内側に不活性ガスが導入されて前記燃焼筒に不活性ガスを供給する内周側空間を区画形成し、かつ、径方向外側に不活性ガスが導入されて前記燃焼筒に不活性ガスを供給する外周側空間を区画形成する燃料供給部と、

前記内周側空間に酸素を供給する内周側酸素供給部と、

前記外周側空間に酸素を供給する外周側酸素供給部と、

前記内周側酸素供給部が供給する酸素と前記外周側酸素供給部が供給する酸素との相対量を調整する調整部と、を備え、

前記燃焼筒内を流れる燃焼ガスのCO濃度を測定するCO濃度測定装置を有し、 30

前記調整部は、

中央部のCO濃度が径方向外側のCO濃度より高い場合、内周側酸素供給部の酸素供給量を増加させ、かつ、外周側酸素供給部の酸素供給量を減少させ、

中央部のCO濃度が径方向外側のCO濃度より低い場合、内周側酸素供給部の酸素供給量を減少させ、かつ、外周側酸素供給部の酸素供給量を増加させる燃焼器。

【請求項 5】

前記調整部は、前記内周側酸素供給部から供給される酸素供給量と前記外周側酸素供給部から供給される酸素供給量とを個別に調整する請求項1から4のいずれか一項に記載の燃焼器。 40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、燃焼器に関する。

【背景技術】

【0002】

例えば、ガスタービンは、圧縮機と燃焼器とタービンにより構成されている。ガスタービンは、空気を圧縮機により圧縮することで高温・高圧の圧縮空気とし、燃焼器にて、この圧縮空気に対して燃料を供給して燃焼させ、高温・高圧の燃焼ガスによりタービンを駆動している。また、ガスタービンでは、タービンに連結された発電機を駆動して発電を行うことができる。 50

また、このようなガスタービンにガス化炉を適用した複合発電システムがある。複合発電システムでは、ガス化炉で固体燃料または液体燃料をガス化し、生成したガスを燃料としてガスタービンへ送給して燃焼させ、発生した燃焼ガスによりタービンを駆動して発電している。また、ガスタービンから排出された高温の排気ガスをボイラに送って蒸気を生成させ、生成された蒸気により蒸気タービンを駆動して発電している。

【0003】

ところで、上述した複合発電システムでは、ガスタービンから排出された排気ガスに、二酸化炭素（CO₂）が含まれている。

特許文献1には、ガス化炉と、排気ガスにガス燃料と酸素を混合して燃焼させるクローズドガスタービンを組み合わせた複合発電システムが記載されている。この複合発電システムは、圧縮機から排出された排気循環ガスに酸素を混入し、燃焼器で燃焼させている。
また、この複合発電システムでは、安全性、及び、燃焼器の圧力損失を考慮して酸素を燃焼領域の直前に投入している。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2011-94573号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

20

特許文献1には、ガス燃料の径方向内側及び径方向外側の両側に酸素を隣接して供給する燃焼器が記載されている。この燃焼器によれば、ガス燃料と酸素との混合を促進させて効率的な燃焼を実現している。

一方、燃焼器の分野では、更に燃焼状態を向上させる要求がある。

【0006】

この発明は、更に燃焼状態を向上させることができる燃焼器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】

【0007】

本発明の第一の態様によれば、燃焼器は、軸線を中心とした筒状をなす燃焼筒と、前記軸線を中心とした筒状をなし、前記燃焼筒の上流側から燃料を噴出する燃料供給部であって、前記軸線の径方向内側に不活性ガスが導入されて前記燃焼筒に不活性ガスを供給する内周側空間を区画形成し、かつ、径方向外側に不活性ガスが導入されて前記燃焼筒に不活性ガスを供給する外周側空間を区画形成する燃料供給部と、前記内周側空間に酸素を供給する内周側酸素供給部と、前記外周側空間に酸素を供給する外周側酸素供給部と、前記内周側酸素供給部が供給する酸素と前記外周側酸素供給部が供給する酸素との相対量を調整する調整部と、を備える。

30

【0008】

このような構成によれば、内周側空間に供給する酸素と外周側空間に供給する酸素との相対量を調整することによって、燃料の燃焼状態に合わせてより適した酸素濃度に近づけることができる。これにより、燃焼ガス中のCO濃度を低減することができる。

40

【0009】

上記燃焼器において、前記調整部は、前記内周側酸素供給部から供給される酸素供給量と前記外周側酸素供給部から供給される酸素供給量とを個別に調整してよい。

【0010】

このような構成によれば、燃料の燃焼状態に合わせた最適な酸素濃度を設定することができる。

【0011】

上記燃焼器において、前記内周側酸素供給部は、軸線方向に延在する筒状の内周側ノズルと、前記内周側ノズルの先端に設けられた複数の内周側酸素噴射孔と、を有し、前記内

50

周側酸素噴射孔は、可能な限り径方向外側に配置され、前記外周側酸素供給部は、軸線方向に延在する筒状の外周側ノズルと、前記外周側ノズルの先端に設けられた複数の外周側酸素噴射孔と、を有し、前記外周側酸素噴射孔は、可能な限り径方向内側に配置されてよい。

【0012】

このような構成によれば、燃料供給部側の酸素濃度が高くなるため、燃料の燃焼が促進され、燃焼ガス中のCO濃度をより低減することができる。

【0013】

上記燃焼器において、前記内周側酸素供給部は、軸線方向に延在する筒状の内周側ノズルと、前記内周側ノズルの先端に設けられた複数の内周側酸素噴射孔と、を有し、前記外周側酸素供給部は、軸線方向に延在する筒状の外周側ノズルと、前記外周側ノズルの先端に設けられた複数の外周側酸素噴射孔と、を有し、前記内周側酸素噴射孔の軸線方向の位置と、前記外周側酸素噴射孔の軸線方向の位置とは異なってよい。10

【0014】

上記燃焼器において、前記内周側酸素噴射孔の軸線方向の位置は、前記外周側酸素噴射孔の軸線方向の位置よりも下流側に配置されてよい。

【0015】

このような構成によれば、内周側では、燃料と酸素の燃焼性が活発化し保炎性が向上し、外周側では火炎温度が抑制されるため、燃焼筒の壁面側の温度上昇を抑制することができる。20

【0016】

上記燃焼器において、前記燃焼筒内を流れる燃焼ガスのCO濃度を測定するCO濃度測定装置を有し、前記調整部は、中央部のCO濃度が径方向外側のCO濃度より高い場合、内周側酸素供給部の酸素供給量を増加させ、かつ、外周側酸素供給部の酸素供給量を減少させ、中央部のCO濃度が径方向外側のCO濃度より低い場合、内周側酸素供給部の酸素供給量を減少させ、かつ、外周側酸素供給部の酸素供給量を増加させてよい。

【発明の効果】

【0017】

本発明によれば、内周側空間に供給する酸素と外周側空間に供給する酸素との相対量を調整することによって、燃料の燃焼状態に合わせてより適した酸素濃度に近づけることができる。これにより、燃焼ガス中のCO濃度を低減することができる。30

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】本発明の第一実施形態の発電システムの概略図である。

【図2】本発明の第一実施形態の燃焼器の概略図である。

【図3】本発明の第一実施形態の燃焼器の詳細図である。

【図4】図3のIV-IV断面図であって、燃焼器を下流側から見た図である。

【図5】本発明の第一実施形態の燃焼器の制御方法について説明するフローチャートである。

【図6】本発明の第二実施形態の燃焼器の詳細図である。40

【図7】本発明の第三実施形態の燃焼器の詳細図である。

【発明を実施するための形態】

【0019】

〔第一実施形態〕

以下、本発明の第一実施形態の燃焼器について図面を参照して詳細に説明する。

図1に示すように、本実施形態の発電システム1は、ガス化炉11と、ガス精製装置12と、酸素製造装置13と、燃焼器22を備えるガスタービン14と、ガスタービン14の駆動力により発電する第一発電機15と、排熱回収ボイラ16(H R S G)と、蒸気タービン17と、第二発電機18と、を備える複合発電システムである。

【0020】

10

20

30

40

50

ガス化炉 11 は、固体燃料としての微粉炭（石炭）を不完全燃焼して未燃ガス（H₂, CO, CO₂, N₂など）を生成する。ガス精製装置 12 は、ガス化炉 11 で生成された未燃ガスから浄化処理などをを行うことで、不純物を除去してガス燃料 F (H₂, CO) を精製する。即ち、ガス化炉 11 で生成された未燃ガスをガス精製装置 12 の各種装置に通過させることで、自身のもつ熱により硫黄分化合物、窒素化合物、その他の有害物質を除去することができる。ガス化炉 11 は、液体燃料をガス化する構成としてもよい。

【0021】

酸素製造装置 13 は、大気から高濃度の純酸素を製造する。酸素製造装置 13 は、例えば、深冷分留法（液化分留法）、ゼオライト吸着剤を使用した圧力掃引吸着（PSA）法、カーボンモレキュラーシーブを使用した圧力掃引吸着（PSA）法などの技術を用いた装置を採用することができる。10

【0022】

ガスタービン 14 は、圧縮機 21 と燃焼器 22 とタービン 23 とを有している。圧縮機 21 とタービン 23 とはタービン軸 24 を介して連結されている。ガスタービン 14 と第一発電機 15 とは、タービン軸 24 を介して連結されている。

【0023】

ガスタービン 14 の圧縮機 21 と燃焼器 22 とは、排気循環ガス供給ライン 25 によって接続されている。

燃焼器 22 とガス精製装置 12 とは、ガス燃料供給ライン 26 によって接続されている。20

燃焼器 22 と酸素製造装置 13 とは、酸素供給ライン 27 によって接続されている。燃焼器 22 とタービン 23 とは、燃焼ガス供給ライン 28 によって接続されている。

【0024】

排熱回収ボイラ 16 は、例えば、高圧ボイラと中圧ボイラと低圧ボイラを有している。排熱回収ボイラ 16 は、ガスタービン 14 から排出された排気ガスにより各ボイラでそれぞれ蒸気を発生させることができる。

タービン 23 と排熱回収ボイラ 16 とは、排気ガス排出ライン 29 によって接続されている。排気ガス排出ライン 29 には、タービン 23 から排出された排気ガス E (CO₂ + H₂O) が導入される。排熱回収ボイラ 16 とガスタービン 14 の圧縮機 21 とは、排気ガス戻しライン 30 によって接続されている。排気ガス戻しライン 30 からは、排気ガス回収ライン 31 が分岐している。30

【0025】

蒸気タービン 17 は、排熱回収ボイラ 16 で発生した蒸気が供給されることで駆動し、連結された第二発電機 18 を運転することができる。蒸気タービン 17 に供給された蒸気は図示しない復水器に送られて凝縮された後、復水ポンプにより排熱回収ボイラ 16 に送られる。なお、この場合、ガスタービン 14 と蒸気タービン 17 とを同軸上に配置し、一つの発電機を共用してもよい。

【0026】

排気循環ガス供給ライン 25 と、燃焼ガス供給ライン 28 と、排気ガス排出ライン 29 と、排気ガス戻しライン 30 と、により排気ガス E の循環経路が構成される。なお、以下の説明では、タービン 23 から排出されたガスを排気ガス E と称し、圧縮機 21 で圧縮され、排気循環ガス供給ライン 25 により燃焼器 22 に供給されるガスを排気循環ガス E と呼ぶ。排気ガス E と排気循環ガス E とは温度と圧力が相違するが、同質のガスである。排気ガス E と排気循環ガス E は、不活性ガスとして機能する。40

【0027】

次に、本実施形態の発電システム 1 の作用について説明する。

ガス化炉 11 では、酸素、窒素、微粉炭が供給され、内部で微粉炭が燃焼して未燃ガスが生成される。未燃ガスは、熱交換器で冷却されてからチャーが除去され、その後、ガス精製装置 12 で硫黄分化合物、窒素化合物、その他の有害物質が除去させてガス燃料 F が精製される。50

【 0 0 2 8 】

ガスタービン 1 4 では、排気ガス戻しライン 3 0 を通して圧縮機 2 1 に取り込まれた排気ガス E が圧縮されることで高温・高圧の圧縮ガス（排気循環ガス E）となる。圧縮ガスは、排気循環ガス E として排気循環ガス供給ライン 2 5 を介して燃焼器 2 2 に送られる。ガス精製装置 1 2 で精製されたガス燃料 F がガス燃料供給ライン 2 6 を介して燃焼器 2 2 に送られるとともに、酸素製造装置 1 3 で製造された酸素（O₂）が酸素供給ライン 2 7 を通して燃焼器 2 2 に送られる。

【 0 0 2 9 】

燃焼器 2 2 では、排気循環ガス E とガス燃料 F と酸素との混合ガスに対して着火され、燃焼する。燃焼器 2 2 で生成された高温・高圧の燃焼ガスは、燃焼ガス供給ライン 2 8 を介してタービン 2 3 に送られ、図示しない複数の静翼及び動翼を通過することでタービン軸 2 4 を駆動回転する。これにより、第一発電機 1 5 が作動して発電が行われる。10

【 0 0 3 0 】

タービン 2 3 から排出された排気ガス E は、排気ガス排出ライン 2 9 を介して排熱回収ボイラ 1 6 に送られる。排熱回収ボイラ 1 6 では、高温・高圧の排気ガス E により蒸気が生成される。生成された蒸気は蒸気タービン 1 7 に送られ、蒸気タービン 1 7 を駆動することで第二発電機 1 8 が作動して発電が行われる。排熱回収ボイラ 1 6 で熱回収された排気ガスは、排気ガス戻しライン 3 0 を介して圧縮機 2 1 に戻され、一部が排気ガス回収ライン 3 1 を通して回収される。

【 0 0 3 1 】

このように構成された本実施形態の発電システム 1 では、燃焼器 2 2 に排気循環ガス E とガス燃料 F と酸素を供給して燃焼させることから、ガス燃料 F と酸素を十分に混合して効率的に燃焼させる必要がある。20

【 0 0 3 2 】

図 2 に示すように、燃焼器 2 2 は、軸線 A を中心とする円筒状をなす内筒 2 と、内筒 2 の外周側に内筒 2 の軸線 A と同軸状に設けられた外筒 3 と、内筒 2 の下流側 D a 2 に接続されてさらに下流側 D a 2 に延びる燃焼筒 4 と、内筒 2 内に配置されたパイロットノズル 5 及びメインノズル 6（燃料供給部）と、燃焼筒 4 を貫通するように形成されたスクープ 7 と、燃焼筒 4 内に酸素を供給する複数の酸素供給部 3 2 と、燃焼筒 4 を流れる燃焼ガスの CO 濃度を測定する CO 濃度測定装置 1 0 と、CO 濃度測定装置 1 0 によって測定された CO 濃度を分析する分析部 1 9 と、分析部 1 9 によって分析された結果に基づいて酸素供給部 3 2 に供給される酸素供給量を調整する調整部 2 0 と、を備えている。30

【 0 0 3 3 】

なお、以下の説明において、内筒 2 の軸線 A が延びている方向を軸線方向 D a とする。また、軸線 A に直交する方向を径方向とし、この径方向で軸線 A から遠ざかる側を径方向外側と言い、この径方向で軸線 A に近づく側を径方向内側という。また、軸線方向 D a であって、図 2 及び図 3 の左側を上流側 D a 1 、図 2 及び図 3 の右側を下流側 D a 2 という。

また、図 2 及び図 3 では、酸素を実線の矢印で示し、排気循環ガス E を一点鎖線の矢印で示し、ガス燃料 F を二点鎖線の矢印で示す。40

【 0 0 3 4 】

外筒 3 と内筒 2 との間には、内筒 2 の端部 2 a で反転して下流側 D a 2 に向かうように排気循環ガス E を導入する排気循環ガス流路 R が形成されている。即ち、排気循環ガス流路 R には、排気循環ガス供給ライン 2 5 を介して排気循環ガス E が導入される。

外筒 3 と燃焼筒 4 との間から燃焼器 2 2 内に流入した排気循環ガス E は、図示しない外筒 3 の端壁で 180° 転回し、内筒 2 の内部（メインノズル 6）に供給される。

【 0 0 3 5 】

燃焼筒 4 は、軸線 A を中心とする筒形状をなし、下流側 D a 2 に排気循環ガス E を流す複数の開口部 3 3 を有している。開口部 3 3 から流される排気循環ガス E は、フィルム流体として機能する。50

【0036】

スクープ7は、燃焼筒4の外周面を径方向外側から燃焼筒4の中心部に向けて貫通する管状部材である。スクープ7は、周方向に等間隔で4つ設けられている。スクープ7の数はこれに限ることではなく、例えば、8つでもよい。

【0037】

パイロットノズル5は、燃焼筒4の上流側Da1に内筒2の軸線Aに沿って設けられている。パイロットノズル5は、ガス精製装置12から供給されるガス燃料Fを先端側から下流側Da2に噴射し、ガス燃料Fに着火することで火炎を生成する。即ち、ガス燃料供給ライン26を介して燃焼器22に導入されるガス燃料Fの一部は、パイロットノズル5に供給される。

10

メインノズル6は、内筒2の径方向内側であって、パイロットノズル5の径方向外側に設けられ、内筒2と同軸状をなすリング形状のノズルである。

【0038】

燃焼器22は、メインノズル6の径方向内側に酸素を供給する内周側酸素供給部32a、メインノズル6の径方向外側に酸素を供給する外周側酸素供給部32b、スクープ7に酸素を供給するスクープ酸素供給部32c、パイロットノズル5に酸素を供給するパイロットノズル酸素供給部32d、の4系統の酸素供給部32を有している。酸素製造装置13から酸素が導入される酸素供給ライン27は、4つに分岐している。

【0039】

内周側酸素供給部32aは、第一酸素供給ライン27aに接続された内周側ノズル37a(図3参照)を有している。

20

外周側酸素供給部32bは、第二酸素供給ライン27bに接続された外周側ノズル37b(図3参照)を有している。

スクープ酸素供給部32cは、第三酸素供給ライン27cに接続されたスクープノズル38(図3参照)を有している。

パイロットノズル酸素供給部32dは、第四酸素供給ライン27dに接続されたパイロットノズル5を有している。即ち、パイロットノズル5は、酸素供給部32として機能する。

【0040】

第一酸素供給ライン27aには、第一酸素供給ライン27aを流れる酸素の流量を調整する第一調整弁42aが設けられている。

30

第二酸素供給ライン27bには、第二酸素供給ライン27bを流れる酸素の流量を調整する第二調整弁42bが設けられている。

第三酸素供給ライン27cには、第三酸素供給ライン27cを流れる酸素の流量を調整する第三調整弁42cが設けられている。

第四酸素供給ライン27dには、第四酸素供給ライン27dを流れる酸素の流量を調整する第四調整弁42dが設けられている。

【0041】

ガス精製装置12から供給されるガス燃料Fは、パイロットノズル5と、メインノズル6に導入される。

40

排気循環ガス供給ライン25から供給される排気循環ガスEは、排気循環ガス流路R及びスクープ7に導入される。本実施形態の燃焼器22では、スクープ7から燃焼筒4の中心部に排気循環ガスEが導入され、燃焼ガスの流れ方向の前後(上流側Da1及び下流側Da2)に流動する。

【0042】

図3に示すように、本実施形態のメインノズル6は、パイロットノズル5の径方向外側に設けられた環状部材である第一リング8と、第一リング8の径方向外側に設けられた環状部材である第二リング9と、を有している。メインノズル6の径方向内側であって、パイロットノズル5と第一リング8との間には、不活性ガスである排気循環ガスEが導入される内周側空間34aが区画形成されている。

50

【0043】

メインノズル6の径方向外側であって、第二リング9と内筒2との間には、不活性ガスである排気循環ガスEが導入される外周側空間34bが区画形成されている。

即ち、排気循環ガス供給ライン25から供給される排気循環ガスEの一部は、メインノズル6の径方向内側の内周側空間34aと、メインノズル6の径方向外側の外周側空間34bとに導入された後、燃焼筒4に供給される。

内周側空間34a、及び外周側空間34bには、スワラ36(旋回羽根)が設けられている。スワラ36は、内周側空間34a、外周側空間34bにおける流れに旋回力を付与する。

本実施形態の内周側空間34aの径方向の幅は、外周側空間34bの径方向の幅よりも大きい。10

【0044】

メインノズル6は、第一リング8と第二リング9との間に設けられ、ガス燃料Fを噴射する燃料噴射ノズル部35を有している。燃料噴射ノズル部35の先端部には、複数の燃料噴射孔35aが形成されている。即ち、ガス燃料供給ライン26から供給されるガス燃料Fの一部は、燃料噴射ノズル部35に導入される。燃料噴射ノズル部35は、燃焼筒4内にガス燃料Fを供給する燃料供給部として機能する。

【0045】

パイロットノズル5の先端部には、複数の燃料噴射孔5aと、複数の酸素噴射孔5bが形成されている。図4に示すように、複数の燃料噴射孔5aは、軸線Aを中心とする周方向に間隔をあけて形成されている。複数の酸素噴射孔5bは、複数の燃料噴射孔5aの径方向内側に、周方向に間隔をあけて形成されている。20

【0046】

内周側酸素供給部32aは、メインノズル6とパイロットノズル5との間(径方向の隙間)で、下流側D a 2から上流側D a 1に向かって延在する内周側ノズル37aを有している。内周側ノズル37aは、メインノズル6とパイロットノズル5との間の内周側空間34aに配置された筒状のノズルである。

内周側ノズル37aは、第一酸素供給ライン27aと接続されている。内周側ノズル37aの先端部には、複数の内周側酸素噴射孔40aが形成されている。内周側酸素噴射孔40a(内周側ノズル37aの先端)は、スワラ36より上流側D a 1に配置されている。

【0047】

外周側酸素供給部32bは、メインノズル6と内筒2との間(径方向の隙間)で、下流側D a 2から上流側D a 1に向かって延在する外周側ノズル37bを有している。外周側ノズル37bは、メインノズル6と内筒2との間の外周側空間34bに配置された筒状のノズルである。

外周側ノズル37bは、第二酸素供給ライン27bと接続されている。外周側ノズル37bの先端部には、複数の外周側酸素噴射孔40bが形成されている。外周側酸素噴射孔40b(外周側ノズル37bの先端)は、スワラ36より上流側D a 1に配置されている。30

【0048】

スクープ酸素供給部32cは、スクープ7の内周側でスクープ7の中心軸に沿うように延在するスクープノズル38を有している。スクープノズル38は、スクープ7と同様に、燃焼筒4を貫通するように形成されており、スクープノズル38の先端には、酸素噴射孔40cが形成されている。スクープノズル38の酸素噴射孔40cから噴射された酸素は、スクープ7を介して導入される排気循環ガスEとともに、燃焼筒4の中心部に導入される。

【0049】

パイロットノズル5は、酸素供給部32として機能する。即ち、第四酸素供給ライン27dを介してパイロットノズル5に供給された酸素は、パイロットノズル5の先端部に形40

成されている酸素噴射孔 5 b から噴射される。第四酸素供給ライン 27 d を介してパイロットノズル 5 に導入された酸素は、燃焼筒 4 の上流側 Da 1 の径方向中心から下流側 Da 2 に向かって供給される。

【0050】

CO 濃度測定装置 10 は、燃焼筒 4 を流れる燃焼ガスの CO 濃度（一酸化炭素濃度）を測定する装置である。CO 濃度測定装置 10 は、燃焼筒 4 の内周面に取り付けられている。CO 濃度測定装置 10 は、径方向に離間して配置された複数の測定点 10 a を有している。測定点 10 a は、少なくとも燃焼筒 4 の径方向の中心部近傍と、燃焼筒 4 の径方向外側（燃焼筒 4 の内周面近傍）とに配置されている。CO 濃度測定装置 10 は、分析部 19 と電気的に接続されている。

10

【0051】

分析部 19 は、CO 濃度測定装置 10 によって測定された燃焼ガスの CO 濃度を分析する。分析部 19 は、例えば、燃焼筒 4 の中央部の CO 濃度と径方向外側の CO 濃度の差 D を算出することができる。

【0052】

分析部 19 と調整部 20 とは、電気的に接続されている。また、調整部 20 と第一調整弁 42 a とは電気的に接続されており、調整部 20 と第二調整弁 42 b とは電気的に接続されている。

調整部 20 は、分析部 19 によって算出された燃焼筒 4 の中央部の CO 濃度と径方向外側の CO 濃度の差 D に基づいて第一調整弁 42 a 及び第二調整弁 42 b の開度を調整する機能を有している。即ち、調整部 20 は、内周側酸素供給部 32 a が供給する酸素と外周側酸素供給部 32 b が供給する酸素との相対量を調整する機能を有している。

20

【0053】

調整部 20 は、差 D が所定値以内か否かを判定し、差 D が所定値以内ではなかった場合に、第一調整弁 42 a 及び第二調整弁 42 b の開度を調整する。

具体的には、調整部 20 は、差 D が所定値以内ではなかった場合で、中央部の CO 濃度が径方向外側の CO 濃度より高い場合、内周側酸素供給部 32 a の酸素供給量を増加させ、かつ、外周側酸素供給部 32 b の酸素供給量を減少させるように第一調整弁 42 a 及び第二調整弁 42 b の開度を調整する。また、調整部 20 は、中央部の CO 濃度が径方向外側の CO 濃度より低い場合、内周側酸素供給部 32 a の酸素供給量を減少させ、かつ、外周側酸素供給部 32 b の酸素供給量を増加させるように第一調整弁 42 a 及び第二調整弁 42 b の開度を調整する。

30

【0054】

次に、燃焼器 22 の制御方法について説明する。

図 5 に示すように、燃焼器の制御方法は、内周側酸素供給部 32 a 及び外周側酸素供給部 32 b から酸素を供給する酸素供給工程 S1 と、燃焼筒 4 の中央部の CO 濃度と径方向外側の CO 濃度の差 D が所定値以内かを判定する濃度差判定工程 S2 と、差 D が所定値以内ではない場合に酸素供給量を変更する酸素供給量変更工程 S3 と、を有している。

【0055】

酸素供給工程 S1 では、内周側酸素供給部 32 a 及び外周側酸素供給部 32 b から酸素を供給する。例えば、内周側酸素供給部 32 a から供給される酸素供給量と、外周側酸素供給部 32 b から供給される酸素供給量とは、等しくすることができる。

40

濃度差判定工程 S2 では、燃焼筒 4 の中央部の CO 濃度と径方向外側の CO 濃度の差 D が所定値以内の場合は、そのまま酸素供給を続行する。一方、差 D が所定値以外の場合は、酸素供給量変更工程 S3 を実行する。

【0056】

酸素供給量変更工程 S3 では、中央部の CO 濃度が径方向外側の CO 濃度より高い場合、内周側酸素供給部 32 a の酸素供給量を増加させ、かつ、外周側酸素供給部 32 b の酸素供給量を減少させるように第一調整弁 42 a 及び第二調整弁 42 b の開度を調整する。また、中央部の CO 濃度が径方向外側の CO 濃度より低い場合、内周側酸素供給部 32 a

50

の酸素供給量を減少させ、かつ、外周側酸素供給部 32b の酸素供給量を増加させるよう
に第一調整弁 42a 及び第二調整弁 42b の開度を調整する。

これらの制御により、燃焼筒 4 内の CO 濃度の均一化を図ることができる。

【0057】

本実施形態の燃焼器 22 では、メインノズル 6 からガス燃料 F 及び酸素が噴射され、内
周側空間 34a 及び外周側空間 34b から排気循環ガス E 及び酸素が噴射され、パイロット
ノズル 5 からガス燃料 F 及び酸素が噴射され、スクープ 7 から中心部に向けて排気循環
ガス E 及び酸素が噴射される。

そのため、ガス燃料 F と酸素は、排気循環ガス E により挟まれた空間で混合し、着火さ
れることとなり、十分な混合が可能となり、適正な位置に火炎面 F L (図 2 参照) が形成
されて効率的に燃焼する。 10

【0058】

メインノズル 6 の燃料噴射ノズル部 35 から噴射されるガス燃料 F は、スクープ 7 から
供給される排気循環ガス E より径方向外側に供給される。

また、ノズル 37a, 37b から噴射された酸素はメインノズル 6 に導入された後、内
周側空間 34a 及び外周側空間 34b にて排気循環ガス E と混合される。この混合気は、
スクープ 7 を介して燃焼筒 4 の中心部に供給される排気循環ガス E より径方向外側に供給
される。

【0059】

本実施形態の燃焼器 22 によれば、内周側空間 34a に供給する酸素と外周側空間 34b
に供給する酸素との相対量を調整することによって、燃料の燃焼状態に合わせてより適
した酸素濃度に近づけることができる。これにより、燃焼ガス中の CO 濃度を低減するこ
とができる。 20

【0060】

また、調整部 20 が内周側酸素供給部 32a から供給される酸素供給量と外周側酸素供
給部 32b から供給される酸素供給量とを個別に調整することによって、燃料の燃焼状態
に合わせた最適な酸素濃度を設定することができる。

【0061】

また、燃焼筒 4 内にて中心部に供給される排気循環ガス E (不活性ガス) より外側にガ
ス燃料 F と酸素が隣接して供給されることで、ガス燃料 F と酸素との混合が良好となる。
これにより、燃焼による酸素の利用率を 100% に近づけることができ、排気循環ガス E
における酸素の残留を抑制し、燃焼効率の向上を図ることができる。 30

また、上記酸素に加えて、スクープノズル 38 を介し、スクープ 7 から酸素を供給して
、二段階で酸素を供給することにより、燃焼ガス温度、及び輻射強度の低減を図ることが
できる。さらに、ガス燃料 F 中に窒素成分が含まれている場合においても、NOx の生成
を抑制することができる。

【0062】

また、燃焼筒 4 の上流側 Da1 の径方向中心から下流側 Da2 に向かって酸素を供給す
る酸素供給部 32 として、パイロットノズル 5 を備えることによって、三段階で酸素を供
給することにより、燃焼ガス温度、及び輻射強度の更なる低減を図ることができる。 40

【0063】

また、パイロットノズル 5 の先端から酸素を供給することによって、ガスタービン 14
の起動時における保炎性を向上させることができる。

【0064】

また、不活性ガスである排気循環ガス E が二酸化炭素を含有し、この排気循環ガス E を
循環させることで、二酸化炭素の排出量を抑制することができる。

【0065】

なお、上記実施形態では、内周側酸素供給部 32a から供給される酸素供給量と外周側
酸素供給部 32b から供給される酸素供給量とを個別に調整する構成としたが、これに限
ることはない。例えば、第二調整弁 42b を廃して、第一調整弁 42a のみを用いて内周
50

側空間 3 4 a に供給する酸素と外周側空間 3 4 b に供給する酸素との相対量を調整してもよい。

【 0 0 6 6 】

〔第二実施形態〕

以下、本発明の第二実施形態の燃焼器について図面を参照して詳細に説明する。なお、本実施形態では、上述した第一実施形態との相違点を中心に述べ、同様の部分についてはその説明を省略する。

図 6 に示すように、本実施形態の内周側ノズル 3 7 a (内周側酸素噴射孔 4 0 a) は、径方向でメインノズル 6 側に偏らせた位置に設置されている。換言すれば、本実施形態の内周側ノズル 3 7 a は、可能な限り径方向外側に配置されている。

10

本実施形態の外周側ノズル 3 7 b (外周側酸素噴射孔 4 0 b) は、メインノズル 6 側に偏らせた位置に設置されている。換言すれば、本実施形態の外周側ノズル 3 7 b は、可能な限り径方向内側に配置されている。

【 0 0 6 7 】

上記実施形態によれば、燃料供給部であるメインノズル 6 側の酸素濃度が高くなるため、燃料の燃焼が促進され、燃焼ガス中の CO 濃度をより低減することができる。

【 0 0 6 8 】

〔第三実施形態〕

以下、本発明の第三実施形態の燃焼器について図面を参照して詳細に説明する。なお、本実施形態では、上述した第二実施形態との相違点を中心に述べ、同様の部分についてはその説明を省略する。

20

図 7 に示すように、本実施形態の内周側酸素噴射孔 4 0 a の軸線方向の位置と、外周側酸素噴射孔 4 0 b の軸線方向の位置とは異なっている。具体的には、内周側酸素噴射孔 4 0 a の軸線方向の位置は、外周側酸素噴射孔 4 0 b の軸線方向の位置よりも下流側 D a 2 に配置されている。

【 0 0 6 9 】

上記実施形態によれば、内周側では、ガス燃料 F と酸素の燃焼性が活発化し保炎性が向上し、外周側では火炎温度が抑制されるため、燃焼筒 4 の壁面側の温度上昇を抑制することができる。

【 0 0 7 0 】

30

なお、上記実施形態では、内周側酸素噴射孔 4 0 a の軸線方向の位置を外周側酸素噴射孔 4 0 b の軸線方向の位置よりも下流側 D a 2 に配置したが、これに限ることはない。例えば、内周側酸素噴射孔 4 0 a の軸線方向の位置を外周側酸素噴射孔 4 0 b の軸線方向の位置よりも上流側 D a 1 に配置してもよい。

このように、排気循環ガスと酸素の混合距離を恣意的に変化させることによって、ノズル出口での酸素混合に分布をもたせることができる。下流での燃焼状態に応じて、敢えて分布を付けることで CO 濃度を低減することができる。ガスの組成や燃焼状態によっては、O₂ に分布を持たせた方が良い可能性がある。

【 0 0 7 1 】

以上、本発明の実施の形態について図面を参照して詳述したが、具体的な構成はこの実施の形態に限られるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲の設計変更等も含まれる。

40

なお、本実施形態の燃焼器 2 2 は、パイロットノズル 5 を有しているが、必ずしもパイロットノズルを設ける必要はない。

【 符号の説明 】

【 0 0 7 2 】

- 1 発電システム
- 2 内筒
- 3 外筒
- 4 燃焼筒

50

5	パイロットノズル	
5 a , 5 b	燃料噴射孔 5 a	
6	メインノズル	
7	スクープ	
8	第一リング	
9	第二リング	
1 0	C O 濃度測定装置	
1 0 a	測定点	
1 1	ガス化炉	10
1 2	ガス精製装置	
1 3	酸素製造装置	
1 4	ガスタービン	
1 5	第一発電機	
1 6	排熱回収ボイラ	
1 7	蒸気タービン	
1 8	第二発電機	
1 9	分析部	
2 0	調整部	
2 1	圧縮機	
2 2	燃焼器	20
2 3	タービン	
2 4	タービン軸	
2 5	排気循環ガス供給ライン	
2 6	ガス燃料供給ライン	
2 7	酸素供給ライン	
2 7 a	第一酸素供給ライン	
2 7 b	第二酸素供給ライン	
2 7 c	第三酸素供給ライン	
2 7 d	第四酸素供給ライン	
2 8	燃焼ガス供給ライン	30
2 9	排気ガス排出ライン	
3 0	排気ガス戻しライン	
3 1	排気ガス回収ライン	
3 2	酸素供給部	
3 2 a	内周側酸素供給部	
3 2 b	外周側酸素供給部	
3 2 c	スクープ酸素供給部	
3 2 d	パイロットノズル酸素供給部	
3 3	開口部	
3 4 a	内周側空間	40
3 4 b	外周側空間	
3 5	燃料噴射ノズル部 (燃料供給部)	
3 5 a	燃料噴射孔	
3 6	スワラ	
3 7 a	内周側ノズル	
3 7 b	外周側ノズル	
3 8	スクープノズル	
4 0	酸素噴射孔	
4 0 a	内周側酸素噴射孔	
4 0 b	外周側酸素噴射孔	50

40c 酸素噴射孔

42 調整弁

4 2 a 第一調整弁

4 2 b 第二調整弁

42c 第三調整弁

4 2 d

A 軸線

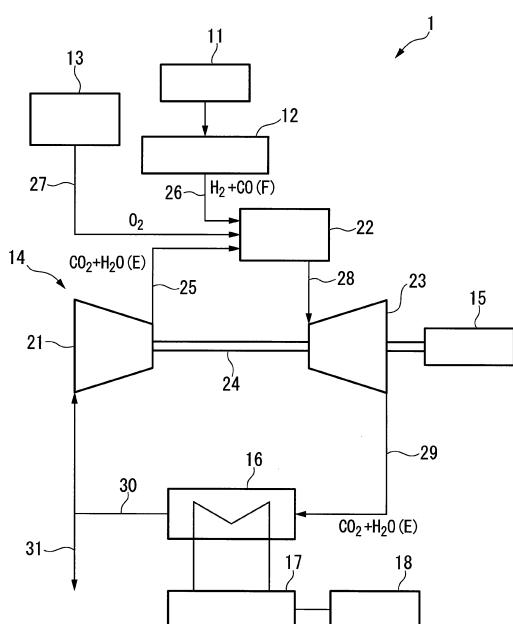
E 排氣循環

F ガス燃料

F L 火炎面

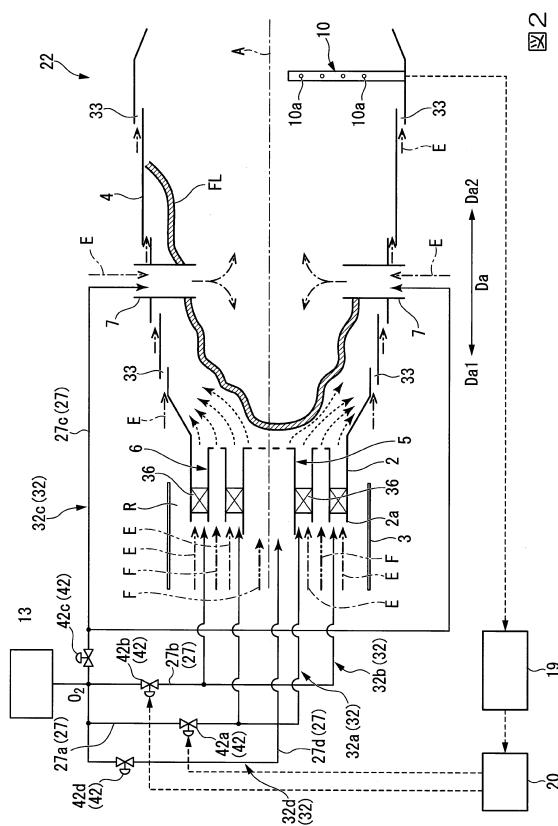
10

【 义 1 】

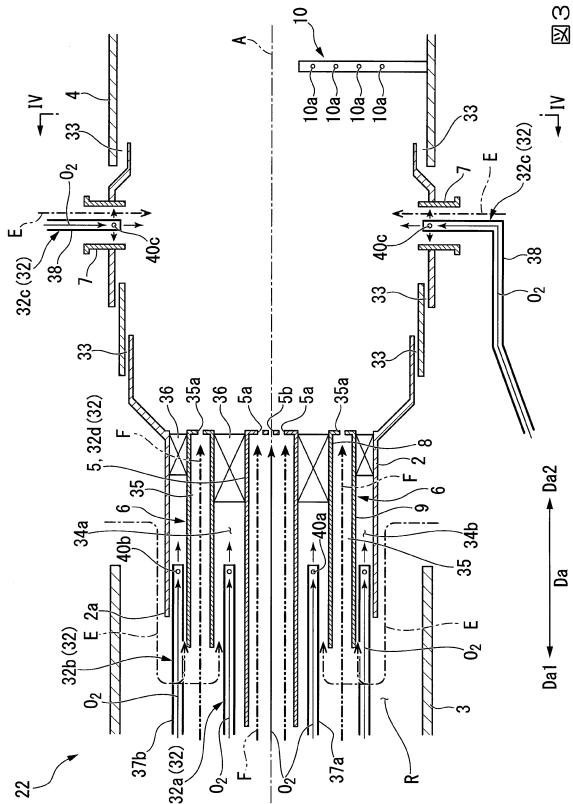


1

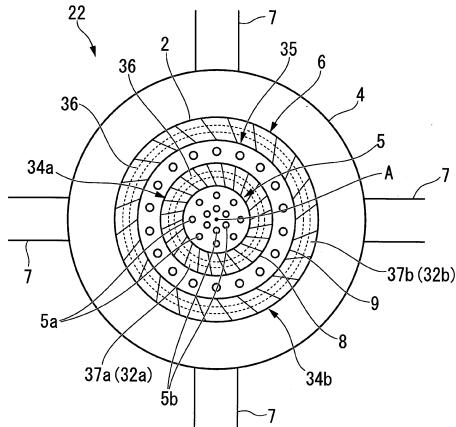
【 図 2 】



【 义 3 】

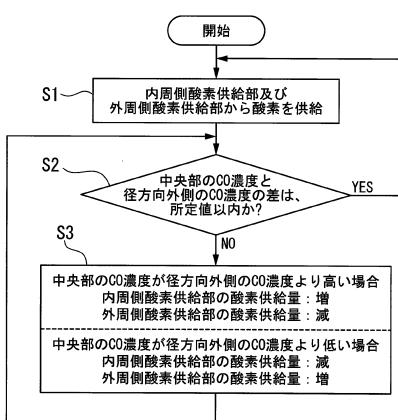


【 図 4 】



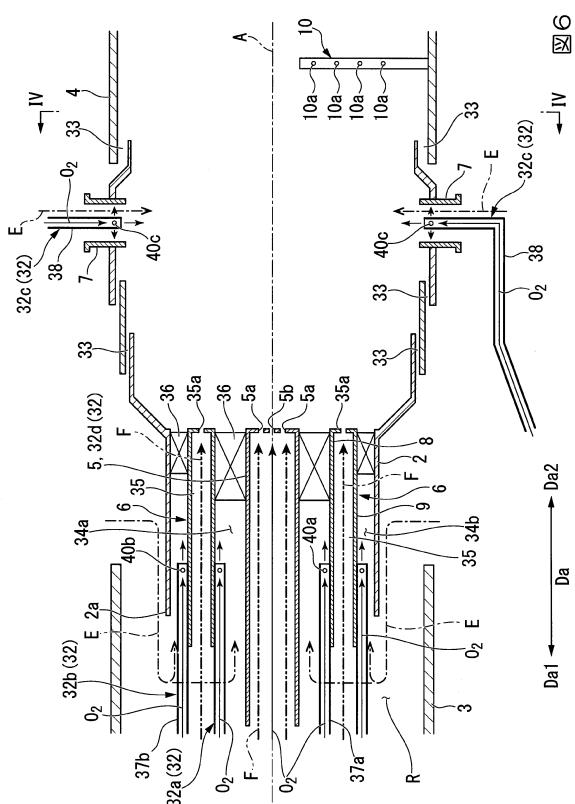
4

【 义 5 】

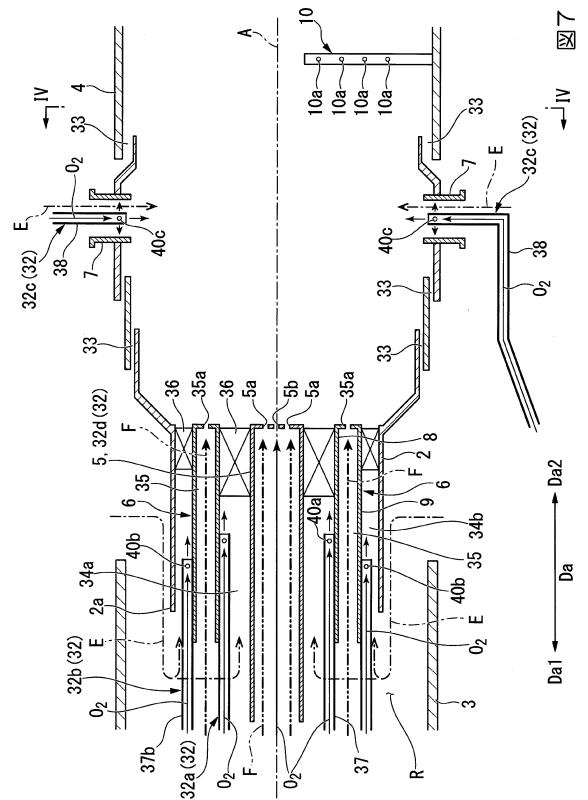


5

【 四 6 】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 中尾 光宏

東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内

(72)発明者 瀧口 智志

東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内

審査官 北村 一

(56)参考文献 特表2016-505101(JP,A)

特開2011-094573(JP,A)

特開2008-249187(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F 02 C 1 / 00 - 9 / 58

F 23 R 3 / 00 - 7 / 00

F 23 C 9 / 08 ; 13 / 00 - 13 / 08 ; 99 / 00 : 3 K 065 の F ターム TA

、 T B、 T C 対応範囲

F 23 N 5 / 00