

明 細 書

発明の名称：

ボイラ監視方法及びボイラ監視装置、ボイラ制御方法及びボイラ制御装置、燃料等調整方法及び燃料等調整装置、並びに、ボイラ

技術分野

[0001] 本発明は、ボイラ監視方法及びボイラ監視装置、ボイラ制御方法及びボイラ制御装置、燃料等調整方法及び燃料等調整装置、並びに、ボイラに関する。

背景技術

[0002] 従来より、燃料を燃焼炉（火炉）で燃焼させることによって得られる高温の排ガスの熱により蒸気を生成するボイラシステムが種々提案されている。かかるボイラシステムにおいては、燃料の性状変動や燃料内腐食性成分の増減に起因して、燃焼炉内における流動不良、ボイラの配管表面へのデポジット（ダスト）付着、付着したデポジットによる配管腐食、といった問題が発生する場合がある。かかる問題を解決するためには、排ガスに含まれるアルカリ金属成分の濃度を測定し、その濃度を減少させるための操作を行うことが考えられる。

[0003] そこで、近年においては、ボイラの集塵機を通過した後の排ガスに含まれるアルカリ金属成分を発光させ、所定の波長域の光を分光して相対発光強度を求めることにより、その波長域の光を発するアルカリ金属成分の濃度を測定する技術が提案されている（例えば、特許文献1参照）。かかる技術を採用すると、排ガス中のアルカリ金属成分の濃度を高精度で測定することができる、とされている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特許第3 1 8 2 9 1 3号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかし、特許文献１に記載された炎光分析を用いる測定方法は、集塵機によって集塵された後の排ガスに含まれるアルカリ金属成分の濃度を測定するものであるため、集塵機によって集塵される前の排ガスに含まれる微小塩粒子（ＫＣＩ等）の濃度を適切に測定することができない、という問題があった。また、特許文献１に記載された炎光分析を用いる測定方法においては、燃焼ガスが流れる煙道内でプラズマ火炎を形成し、その燃焼ガスの一部をプラズマ火炎中で発光させる必要があるため、技術的な不確定要素が多く、測定が難しくなる虞がある。

[0006] 本発明は、かかる事情に鑑みてなされたものであり、ボイラの排ガス中の微小塩粒子の含有量を比較的簡易な方法でモニタリングし、燃料中のアルカリ金属や塩素の含有量を適切に推算することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 前記目的を達成するため、本発明に係るボイラ監視方法は、ボイラの運転状態を監視する方法であって、ボイラの燃焼炉に投入される燃料の燃焼により発生する排ガスを収集する排ガス収集工程と、排ガス収集工程で収集した排ガス中の微小塩粒子の含有量に基づいて燃料中のアルカリ金属及び／又は塩素の含有量を推算する推算工程と、を含むものである。

[0008] また、本発明に係るボイラ監視装置は、ボイラの運転状態を監視する装置であって、ボイラの燃焼炉に投入される燃料の燃焼により発生する排ガスを収集する排ガス収集部と、排ガス収集部で収集した排ガス中の微小塩粒子の含有量に基づいて燃料中のアルカリ金属及び／又は塩素の含有量を推算する推算部と、を備えるものである。

[0009] かかる方法及び構成を採用すると、ボイラの燃焼炉に投入される燃料の燃焼により発生する排ガスを収集し、収集した排ガス中の微小塩粒子（ＫＣＩ等）の含有量に基づいて、燃料中のアルカリ金属や塩素の含有量を推算することができる。そして、推算した燃料中のアルカリ金属や塩素の含有量に基づいて、ボイラの負荷（炉内温度、蒸気温度等）等を制御したり、燃料の量

や組成等を変更したりすることができる。

- [0010] 本発明に係るボイラ監視方法の排ガス収集工程では、ボイラの集塵機の上流側における排ガスを収集することができる。
- [0011] かかる方法を採用すると、ボイラの集塵機で集塵される前の排ガス中の微小塩粒子の含有量に基づいて、燃料中のアルカリ金属や塩素の含有量を適切に推算することができる。
- [0012] 本発明に係るボイラ監視方法の排ガス収集工程では、所定の頻度で排ガスを収集することができる。
- [0013] かかる方法を採用すると、所定の頻度で（例えば一日一回以上）排ガスを収集することができるので、排ガス中の微小塩粒子の含有量を経時的にモニタリングすることができる。
- [0014] 本発明に係るボイラ監視方法の排ガス収集工程では、燃料の種類が変更された際及び／又はボイラの運転状態に異常が見られた際に排ガスを収集することができる。
- [0015] かかる方法を採用すると、燃料の種類と排ガス中の微小塩粒子の含有量との間における相関関係情報や、ボイラ異常と排ガス中の微小塩粒子の含有量との間における相関関係情報を得ることができる。
- [0016] 本発明に係るボイラ制御方法は、既に述べたボイラ監視方法と、ボイラ監視方法の推算工程で推算した含有量に基づいて、ボイラの負荷、及び／又は、ボイラのメンテナンス動作を制御する制御工程と、を含むものである。
- [0017] また本発明に係るボイラ制御装置は、既に述べたボイラ監視装置と、ボイラ監視装置の推算部で推算した含有量に基づいて、ボイラの負荷、及び／又は、ボイラのメンテナンス動作を制御する制御部と、を備えるものである。
- [0018] かかる方法及び構成を採用すると、ボイラの燃焼炉に投入される燃料の燃焼により発生する排ガス中の微小塩粒子の含有量に基づいて、燃料中のアルカリ金属や塩素の含有量を推算し、推算した含有量に基づいて、ボイラの負荷（炉内温度、蒸気温度等）や、ボイラのメンテナンス動作（過熱器や節炭器の伝熱表面のスートブロウ等による清掃動作、バグフィルタのパルス頻度

、等）を制御することができる。このように、ボイラにおける燃料中のアルカリ金属や塩素の含有量を定量的に把握し、その含有量に基づいてボイラ負荷等を制御することにより、既存ボイラ寿命を従来よりも長期化することが可能となる。

[0019] 本発明に係る燃料等調整方法は、既に述べたボイラ監視方法と、ボイラ監視方法の推算工程で推算した含有量に基づいて、燃焼炉に投入される燃料の量、組成、種類、混焼比率の少なくとも何れか一つ、燃焼炉に投入される添加剤の供給量、燃焼炉に投入される流動媒体の供給量、及び／又は、燃焼炉からの流動媒体の排出量を変更する調整工程と、を含むものである。

[0020] 本発明に係る燃料等調整装置は、既に述べたボイラ監視装置と、ボイラ監視装置の推算部で推算した含有量に基づいて、燃焼炉に投入される燃料の量、組成、種類、混焼比率の少なくとも何れか一つ、燃焼炉に投入される添加剤の供給量、燃焼炉に投入される流動媒体の供給量、及び／又は、燃焼炉からの流動媒体の排出量を変更する調整部と、を備えるものである。

[0021] かかる方法及び構成を採用すると、ボイラの燃焼炉に投入される燃料の燃焼により発生する排ガス中の微小塩粒子の含有量に基づいて、燃料中のアルカリ金属や塩素の含有量を推算し、推算した含有量に基づいて、燃焼炉に投入される燃料の量、組成、種類、混焼比率の少なくとも何れか一つ、燃焼炉に投入される添加剤の供給量、燃焼炉に投入される流動媒体の供給量、及び／又は、燃焼炉からの流動媒体の排出量を変更することができる。このように、ボイラにおける燃料中のアルカリ金属や塩素の含有量を定量的に把握し、その含有量に基づいて燃料の量や燃焼炉内容物（添加剤及び流動媒体）の量を調整することにより、既存ボイラ寿命を従来よりも長期化するとともに、ボイラ運転時の投入燃料（木屑、タイヤ、R P F (Refuse Paper & Plastic Fuel)等）の燃料性状の変動、腐食性成分の増減等の管理への対応が可能となる。

[0022] 本発明に係るボイラは、燃焼炉で生じた燃焼ガスの熱を回収する熱回収部と、熱回収部を通過したガスに含まれる煤塵を濾過捕集する集塵機と、を備

えるものであって、熱回収部を通過したガス中の微小塩粒子の含有量をモニタリングするために、熱回収部と集塵機とを連通接続する配管内のガスを回収可能な回収管が接続される接続部が設けられているものである。

- [0023] かかる構成を採用すると、ボイラの集塵機で集塵される前の排ガスを、熱回収部と集塵機とを連通接続する配管及び回収管を介して回収することができる。このため、集塵機で集塵される前の排ガス中の微小塩粒子（ＫＣＩ等）の含有量を適切にモニタリングすることが可能となる。

発明の効果

- [0024] 本発明によれば、ボイラの排ガス中の微小塩粒子の含有量を比較的簡易な方法でモニタリングし、燃料中のアルカリ金属や塩素の含有量を適切に推算することが可能となる。

図面の簡単な説明

- [0025] [図1]本発明の実施形態におけるボイラの全体構成を示す概略図である。
[図2]本発明の実施形態における含有量推定に用いられる相関関係情報の一例（アルカリ金属イオンモニタによる測定値と燃料中のアルカリ金属含有量との間の相関関係を示すグラフ）を示す図である。
[図3]本発明の実施形態における含有量推定に用いられる相関関係情報の一例（塩素検知管による測定値と燃料中の塩素含有量との間の相関関係を示すグラフ）を示す図である。
[図4]本発明の実施形態に係るボイラ監視方法、ボイラ制御方法及び燃料等調整方法を説明するためのフローチャートである。

発明を実施するための形態

- [0026] 以下、図面を参照して、本発明の各実施形態について説明する。なお、以下の各実施形態はあくまでも好適な適用例であって、本発明の適用範囲がこれに限定されるものではない。
- [0027] まず、図1を用いて、本発明の各実施形態における流動床式（ＣＦＢ（Circulating Fluidized Bed）ボイラ（以下、「ＣＦＢボイラ」と称する）1について説明する。

- [0028] C F B ボイラ 1 は、燃料を燃焼し、密閉容器内の水を加熱して蒸気を生成する燃焼炉 2 と、燃焼炉 2 で生じた燃焼ガス（以下、「排ガス」という）G から固形物を分離するサイクロン分離器 4、排ガス G の熱を熱回収する熱回収部 6、サイクロン分離器 4 で排ガス G から分離された飛灰、すなわち排ガス G から分離された流動媒体の一部を燃焼炉 3 の下部に戻すリターンライン 8、熱回収部 6 を通過した排ガス G に含まれる煤塵を濾過捕集するバグフィルタ 10、C F B ボイラ 1 の各種構成を統合制御する中央処理装置 100、等を備えている。
- [0029] 燃焼炉 2 は、外部循環型の流動層式燃焼炉である。燃焼炉 2 には、図示されていない燃料投入口を介して、各種燃料（例えば、モミ殻や E F B (Empty Fruit Bunches) 等のバイオマス燃料、木屑、タイヤ、R P F 等）が投入される。この中でも、モミ殻や E F B 等のバイオマス燃料は、K（カリウム）や N a（ナトリウム）等のアルカリ成分を多く含む低品位燃料である。また、燃焼炉 2 には、燃料投入口を介して石英粒子を主成分とする流動媒体が投入されており、この流動媒体中に下部から空気が供給され、流動媒体が流動して流動床（以下「ベッド」という）F が形成される。ベッド F の形成により、燃料の燃焼が促進される。なお、流動媒体には、砂を種（たね）としてバイオマス燃料中の成分が凝縮、融体、凝集して付着したり砂表面で化学反応したりして粒子形成されたボトムアッシュ B A が含まれる。
- [0030] 燃焼の結果として生じる排ガス G は、流動媒体の一部を随伴しながら燃焼炉 2 内を上昇する。燃焼炉 2 の上部には、排ガスを排出するガス出口 2 A が設けられている。燃焼炉 2 の下部には、ボトムアッシュ B A を排出するための図示されていない排出口が設けられている。燃焼炉 2 の燃料投入口には、燃料の量、組成、種類、混焼比率、添加剤の供給量、流動媒体の供給量、の各々を変更することができる供給調整機構が設けられている。燃焼炉 2 の排出口には、流動媒体の拔出量を変更することができる排出調整機構が設けられている。これら供給調整機構及び排出調整機構が中央処理装置 100 の調整部 40（後述）によって制御されることにより、燃焼炉 2 に投入される燃

料の量や燃焼炉 2 から抜き出される流動媒体の量が調整されることとなる。

[0031] サイクロン分離器 4 は、燃焼炉 2 に隣接して配置されており、ガス出口 2 A を介して燃焼炉 2 に接続されている。サイクロン分離器 4 は、固気分離器として機能するものであり、燃焼炉 2 から排出された排ガス G 及び排ガス G に随伴された流動媒体を受け入れ、遠心分離作用によって排ガス G と流動媒体とを分離し、流動媒体を燃焼炉 2 に戻し、排ガス G を熱回収部 6 に送り込む。サイクロン分離器 4 には、リターンライン 8 が接続されている。

[0032] 熱回収部 6 には、排ガスの熱を回収するための各種熱交換チューブ（例えば、過熱蒸気を発生させる過熱器やボイラ給水を予熱する節炭器等）が配置されている。過熱器は、排ガスの熱を用いて蒸気を過熱して過熱蒸気を生成するものである。過熱蒸気は、図示されていない配管を通り、C F B ボイラ 1 外の図示されていないタービン等に供給されて発電に利用される。節炭器は、排ガスの熱をボイラ給水に伝熱して、ボイラ給水を予熱するものである。

[0033] リターンライン 8 は、燃焼炉 2 の下部に接続された管路からなり、その途中上にはループシール 8 A が設けられている。ループシール 8 A は、燃焼炉 2 からの排ガス G の逆流を防止する設備である。ループシール 8 A 内には、サイクロン分離器 4 から送り込まれた流動媒体が蓄積される。また、ループシール 8 A 内の流動媒体は、ループシール 8 A の出口のリターンシュート部 8 B から燃焼炉 2 内に投入される。

[0034] バグフィルタ 10 は、熱回収部 6 を通過した排ガス G に含まれる煤塵等の微粒子（フライアッシュ F A を含む）を濾過捕集するためのものであり、本発明における集塵機の一例である。なお、フライアッシュ F A とは、流動媒体のうちバイオマス燃料中の成分そのものの凝縮、融体、凝集により形成された粒子（粒子形成されたボトムアッシュ B A の一部が細くなったものを含む）である。熱回収部 6 とバグフィルタ 10 とを連通接続する配管 16 には、配管 16 内を流通する排ガスを回収するために回収管 22（後述）が接続される接続部 16 A が設けられている。

- [0035] バグフィルタ１０は、濾布で形成された円筒状の濾過筒を複数吊り下げた集塵室と、濾過筒から払い落とした煤塵を集めるために集塵室の下部に配置されたホップと、を有している。また、バグフィルタ１０には、各濾過筒の上部から瞬間的に圧縮エアを噴射してパルスジェット気流を生成することにより、各濾過筒の外表面に堆積した煤塵を払い落とすための圧縮エア配管が設けられている。圧縮エアの噴射タイミングは、中央処理装置１００の制御部３０（後述）によって制御される。
- [0036] バグフィルタ１０を通過した濾過済みの排ガスＧは、吸引ポンプ１２によって吸引され、煙突１４からＣＦＢボイラ１外に排出される。バグフィルタ１０によって捕集された煤塵（フライアッシュＦＡを含む）は、ホップの下方に設けられた図示されていない排出口から回収される。
- [0037] 中央処理装置１００は、各種制御プログラムや各種制御用データ等を格納するメモリや、各種制御プログラムを実行するプロセッサ等によって構成されており、複数の機能部（推算部２８、制御部３０、調整部４０、等）を有している。各機能部については、後に詳述することとする。
- [0038] <第一実施形態>
- 次に、図１～図３を用いて、本発明の第一実施形態に係るボイラ監視装置２０について説明する。
- [0039] 本実施形態に係るボイラ監視装置２０は、ＣＦＢボイラ１の運転状態を監視する装置であって、排ガス収集部（回収管２２、水槽２４、吸引ポンプ２６）と、推算部２８と、を備えている。
- [0040] 排ガス収集部は、ＣＦＢボイラ１の燃焼炉２に投入される燃料の燃焼により発生する排ガスを収集するように機能するものであり、熱回収部６とバグフィルタ１０とを連通接続する配管１６に接続された回収管２２と、内部に水が貯留されている水槽２４と、吸引ポンプ２６と、を有している。回収管２２の上端は配管１６に接続されており、回収管２２の下端は水槽２４内の水中に浸されている。そして、吸引ポンプ２６で水槽２４内の空気を吸引して水槽２４内の圧力を大気圧よりも低くすることにより、回収管２２を介し

て配管 16 内（すなわちバグフィルタ 10 よりも上流側）の排ガスを吸引して水槽 24 内に収集することができるようになっている。このように収集された排ガスには、バグフィルタ 10 によって濾過捕集される前の煤塵も含まれている。吸引ポンプ 26 の動作は、C F B ボイラ 1 の監視者によって操作される。

[0041] 推算部 28 は、排ガス収集部で収集した排ガス中の微小塩粒子の含有量に基づいて、燃料中のアルカリ金属及び塩素の含有量を推算するように機能するものであり、中央処理装置 100 の機能部の一つである。本実施形態においては、回収管 22 を介して水槽 24 内に収集された排ガスに含まれる微小塩粒子（K C l 等）の単位体積当たりの重量（m g / L）を、図示されていないアルカリ金属イオンモニタ及び塩素検知管によって測定し、測定値を中央処理装置 100 に入力し、入力した測定値に基づいて推算部 28 で燃料中のアルカリ金属及び塩素の単位重量当たりの重量（m g / k g）を推算するようにしている。

[0042] 推算部 28 は、アルカリ金属イオンモニタでの測定値（収集した排ガス中のアルカリ金属イオン（例えばカリウムイオンやナトリウムイオン）の含有量（m g / L））に基づいて、C F B ボイラ 1 の燃料中のアルカリ金属の含有量（m g / k g）を推算する。本実施形態においては、アルカリ金属イオンモニタによる測定値と燃料中のアルカリ金属含有量との間の相関関係情報を予め実験によって求めておき、この相関関係情報を用いて推算を行うようにしている。相関関係情報の一例としては、例えば図 2 に示すような線形のグラフ L 1 が挙げられる。

[0043] また、推算部 28 は、塩素検知管での測定値（収集した排ガス中の塩素イオンの含有量（m g / L））に基づいて、C F B ボイラ 1 の燃料中の塩素の含有量（m g / k g）を推算する。本実施形態においては、塩素検知管による測定値と燃料中の塩素含有量との間の相関関係情報を予め実験によって求めておき、この相関関係情報を用いて推算を行うようにしている。相関関係情報の一例としては、例えば図 3 に示すような線形のグラフ L 2 が挙げられる。

- [0044] 本実施形態においては、燃料中のアルカリ金属含有量に上限値 U_1 （図2）を設定するとともに、燃料中の塩素含有量に上限値 U_2 （図3）を設定しておき、推算部28で推算される燃料中のアルカリ金属及び塩素の含有量の少なくとも何れか一方が、各々の上限値 U_1 、 U_2 を超えた場合には、後述するボイラ制御や燃料等調整を行うようにしている。
- [0045] なお、本実施形態においては、ボイラ監視装置20の推算部28を用いて含有量を推算する代わりに、CFBボイラ1の監視者が手作業で含有量を推算する。すなわち、監視者は、配管16内の排ガスを溶け込ませた水槽24内の水を採取し、採取した水の中に含まれる微小塩粒子（アルカリ金属イオン及び塩素イオン）の含有量量（ mg/L ）をアルカリ金属イオンモニタ及び塩素検知管で測定し、図2及び図3に示すようなグラフ L_1 及び L_2 を参照して燃料中のアルカリ金属及び塩素の含有量（ mg/kg ）を推算する。各々の上限値 U_1 、 U_2 を超えた場合には、後述するボイラ制御や燃料等調整を監視者が行うことも可能である。
- [0046] 次いで、本実施形態に係る中央処理装置100の制御部30について説明する。
- [0047] 制御部30は、中央処理装置100の機能部の一つであり、推算部28やCFBボイラ1の監視者が推算した燃料中のアルカリ金属及び塩素の含有量に基づいて、CFBボイラ1の負荷及び／又はメンテナンス動作を制御するものである。なお、本実施形態におけるボイラ監視装置20及び制御部30によって、本発明におけるボイラ制御装置が構成される。
- [0048] 制御部30は、推算部28で推算された燃料中のアルカリ金属及び塩素の含有量の少なくとも何れか一方が、各々の上限値 U_1 、 U_2 を超えた場合に、CFBボイラ1の燃焼炉2内の温度や熱回収部6によって発生する蒸気温度等を低下させるようにCFBボイラ1の負荷（出力）を制御することにより、ボイラ運転を継続させることができる。
- [0049] また、制御部30は、推算部28やCFBボイラ1の監視者によって推算された燃料中のアルカリ金属及び塩素の含有量の少なくとも何れか一方が、

各々の上限値U1、U2を超えた場合に、CFBボイラ1の熱回収部6における過熱器や節炭器の伝熱表面の清掃を通常よりも頻繁に行うようにスートブロワの動作を制御することにより当該表面へのデポジット付着を抑制したり、CFBボイラ1のバグフィルタ10の圧縮エア配管から噴射される圧縮エアの噴射頻度を通常よりも高めるように制御することによりバグフィルタ10の集塵機能を回復させたりすることができる。これらスートブロワの動作制御や圧縮エアの噴射頻度の制御は、CFBボイラ1のメンテナンス動作に相当するものである。

[0050] なお、本実施形態においては、制御部30がCFBボイラ1の各種構成要素を制御する代わりに、CFBボイラ1の監視者がマニュアルでCFBボイラ1の各種構成要素を操作することにより、CFBボイラ1の負荷やメンテナンス動作を制御することも可能である。

[0051] 続いて、本実施形態に係る中央処理装置100の調整部40について説明する。

[0052] 調整部40は、中央処理装置100の機能部の一つであり、推算部28で推算した含有量に基づいて、CFBボイラ1の燃焼炉2に投入される燃料の量、組成、種類、混焼比率、の少なくとも何れか一つを変更するとともに、燃焼炉2に投入される添加剤の供給量、燃焼炉2に投入される流動媒体の供給量、燃焼炉2からの流動媒体の抽出量、の少なくとも何れか一つを変更するものである。ここで、供給量や抽出量を「変更する」とは、供給量や抽出量を第一の量から第二の量へと変更することを意味し、第一の量及び第二の量の何れか一方をゼロとすること（供給や抽出を行わない状態から行う状態に移行させること、供給や抽出を行う状態から行わない状態に移行させること）のみならず、第一の量と第二の量が同一であること（供給量や抽出量の変更量がゼロである（すなわち供給量や抽出量を変更しない）こと）をも含む。本実施形態におけるボイラ監視装置20及び調整部40によって、本発明における燃料等調整装置が構成される。

[0053] 調整部40は、推算部28で推算された燃料中のアルカリ金属及び塩素の

含有量の少なくとも何れか一方が、各々の上限値U1、U2を超えた場合に、CFBボイラ1の燃焼炉2に投入される燃料の量を低下させたり、燃料の組成や種類をアルカリや塩素が少ないものに変更したり、燃料の混焼比率を適切な値に変更したりするように、燃焼炉2の燃料投入口に設けられた供給調整機構を制御することにより、ボイラ運転を継続させることができる。

[0054] また、調整部40は、推算部28で推算されたアルカリ金属及び塩素の含有量の少なくとも何れか一方が、各々の上限値U1、U2を超えた場合に、CFBボイラ1の燃焼炉2に投入される添加剤の供給量を増大させたり、燃焼炉2に投入される流動媒体の供給量を増大させたりするように燃焼炉2の燃料投入口に設けられた供給調整機構を制御したり、燃焼炉2からの流動媒体の抽出量を増大させるように燃焼炉2の排出口に設けられた排出調整機構を制御したりすることにより、ボイラ運転を継続させることができる。

[0055] なお、本実施形態においては、調整部40が装置を制御する代わりに、CFBボイラ1の監視者がマニュアルで燃料の投入量等を調整し、CFBボイラ1の負荷を制御することでボイラ運転を継続させることが可能である。

[0056] 次に、図4のフローチャートを用いて、本実施形態に係るボイラ監視方法等について説明する。

[0057] まず、CFBボイラ1の燃焼炉2に投入される燃料の燃焼により発生する排ガスを、排ガス収集部（回収管22、水槽24、吸引ポンプ26）を用いて収集する（排ガス収集工程：S1）。本実施形態における排ガス収集工程S1では、既に述べたようにCFBボイラ1のバグフィルタ10の上流側における排ガスを収集している。排ガスを収集する時期や頻度は、CFBボイラ1の仕様等に応じて適宜設定することができる。例えば、一日一回以上所定の時刻に排ガスを収集したり、燃料の種類が変更された際に排ガスを収集したり、CFBボイラ1の運転状態に異常が見られた際に排ガスを収集したりすることができる。このようにすると、排ガス中の微小塩粒子の含有量の経時的なモニタリングが可能となるとともに、燃料の種類と排ガス中の微小塩粒子の含有量との間における相関関係情報や、ボイラ異常と排ガス中の微

小塩粒子の含有量との間における相関関係情報を得ることができる。

- [0058] 次いで、排ガス収集工程 S 1 で収集した排ガス中の微小塩粒子の含有量に基づいて、燃料中のアルカリ金属及び塩素の含有量を推算する（推算工程：S 2）。C F B ボイラ 1 の監視者は、既に述べたように、アルカリ金属イオンモニタによる測定値（収集した排ガス中のアルカリ金属イオンの含有量（ mg/L ））と、C F B ボイラ 1 の燃料中のアルカリ金属の含有量（ mg/kg ）と、の間の相関関係（例えば図 2 に示す線形のグラフ L 1）を用いて燃料中のアルカリ金属の含有量を推算するとともに、塩素検知管による測定値（収集した排ガス中の塩素イオンの含有量（ mg/L ））と、C F B ボイラ 1 の燃料中の塩素の含有量（ mg/kg ）と、の間の相関関係（例えば図 3 に示す線形のグラフ L 2）を用いて燃料中の塩素の含有量を推算する。
- [0059] 次いで、C F B ボイラ 1 の監視者は、推算工程 S 2 で推算した燃料中のアルカリ金属及び塩素の含有量の少なくとも何れか一方が所定の上限値 U 1、U 2 を超えるか否かを判定する（判定工程：S 3）。判定工程 S 3 において、推算した燃料中のアルカリ金属及び塩素の含有量が上限値 U 1、U 2 以下であると判定された場合には、排ガス収集工程 S 1 に戻ってそれ以降の工程を繰り返し実施する。
- [0060] 一方、判定工程 S 3 において、推算した燃料中のアルカリ金属及び塩素の含有量が上限値 U 1、U 2 を超えたものと判定された場合には、C F B ボイラ 1 の監視者が、C F B ボイラ 1 の負荷及び／又はメンテナンス動作を制御する（ボイラ制御工程：S 4）とともに、C F B ボイラ 1 に燃焼炉 2 に投入される燃料の量、組成、種類、混焼比率の少なくとも何れか一つ、燃焼炉 2 に投入される添加剤の供給量、燃焼炉 2 に投入される流動媒体の供給量、及び／又は、燃焼炉 2 からの流動媒体の拔出量、の少なくとも何れか一つを変更する（燃料等調整工程：S 5）。なお、供給量や拔出量を「変更する」とは、既に述べたように、供給量や拔出量を第一の量から第二の量へと変更することを意味し、第一の量及び第二の量の何れか一方をゼロとすることのみならず、第一の量と第二の量が同一であることを含む。

- [0061] C F B ボイラ 1 の監視者は、ボイラ制御工程 S 4 において、C F B ボイラ 1 の燃焼炉 2 内の温度や熱回収部 6 によって発生する蒸気温度等を低下させるように C F B ボイラ 1 の負荷（出力）を制御することにより、ボイラ運転を継続させることができる。また、C F B ボイラ 1 の監視者は、ボイラ制御工程 S 4 において、C F B ボイラ 1 の熱回収部 6 における過熱器や節炭器の伝熱表面の清掃を通常よりも頻繁に行うようにスートブロワの動作を制御することにより当該表面へのデポジット付着を抑制したり、C F B ボイラ 1 のバグフィルタ 10 の圧縮エア配管から噴射される圧縮エアの噴射頻度を通常よりも高めるように制御することによりバグフィルタ 10 の集塵機能を回復させたりすることができる。
- [0062] C F B ボイラ 1 の監視者は、燃料等調整工程 S 5 において、C F B ボイラ 1 の燃焼炉 2 に投入される燃料の量を低下させたり、燃料の組成や種類をアルカリや塩素が少ないものに変更したり、燃料の混焼比率を適切な値に変更したりするように、燃焼炉 2 の燃料投入口に設けられた供給調整機構を制御することにより、C F B ボイラ 1 の負荷を制御することでボイラ運転を継続させることができる。また、C F B ボイラ 1 の監視者は、燃料等調整工程 S 5 において、C F B ボイラ 1 の燃焼炉 2 に投入される添加剤の供給量を増大させたり、燃焼炉 2 に投入される流動媒体の供給量を増大させたりするように燃焼炉 2 の燃料投入口に設けられた供給調整機構を制御したり、燃焼炉 2 からの流動媒体の排出量を増大させるように燃焼炉 2 の排出口に設けられた排出調整機構を制御したりすることにより、C F B ボイラ 1 の負荷を制御することでボイラ運転を継続させることができる。
- [0063] 本実施形態における排ガス収集工程 S 1 及び推算工程 S 2 は、本発明におけるボイラ監視方法の一例を構成する。本実施形態における排ガス収集工程 S 1、推算工程 S 2、判定工程 S 3 及びボイラ制御工程 S 4 は、本発明におけるボイラ制御方法の一例を構成する（ここで、判定工程 S 3 及びボイラ制御工程 S 4 は、本発明における制御工程の一例を構成する）。本実施形態における排ガス収集工程 S 1、推算工程 S 2、判定工程 S 3 及び燃料等調整工

程 S 5 は、本発明における燃料等調整方法の一例を構成する（ここで、判定工程 S 3 及び燃料等調整工程 S 5 は、本発明における調整工程の一例を構成する）。

[0064] 以上説明した実施形態に係るボイラ監視方法においては、C F B ボイラ 1 の燃焼炉 2 に投入される燃料の燃焼により発生する排ガスを収集し、収集した排ガス中の微小塩粒子の含有量に基づいて燃料中のアルカリ金属及び塩素の含有量を推算することができる。そして、推算した燃料中のアルカリ金属及び塩素の含有量に基づいて、C F B ボイラ 1 の負荷（炉内温度、蒸気温度等）等を制御したり、燃料の量や組成等を変更したりすることができる。特に、本実施形態における排ガス収集工程 S 1 では、C D B ボイラ 1 のバグフィルタ 10 の上流側における排ガスを収集しているため、バグフィルタ 10 で集塵される前の排ガス中の微小塩粒子（K C l 等）の含有量をモニタリングし、燃料中のアルカリ金属及び塩素の含有量を適切に推算することができる。

[0065] また、以上説明した実施形態に係るボイラ制御方法においては、C F B ボイラ 1 の燃焼炉に投入される燃料の燃焼により発生する排ガス中の微小塩粒子の含有量から推算した燃料中のアルカリ金属及び塩素の含有量に基づいて、C F B ボイラ 1 の負荷（炉内温度、蒸気温度等）や、C F B ボイラ 1 のメンテナンス動作（過熱器や節炭器の伝熱表面のストロブ等による清掃、バグフィルタのパルス頻度、等）を制御することができる。このように、C F B ボイラ 1 における燃料中のアルカリ金属及び塩素の含有量を定量的に把握し、その含有量に基づいてボイラ負荷等を制御することにより、既存ボイラ寿命を従来よりも長期化することが可能となる。

[0066] また、以上説明した実施形態に係る燃料等調整方法においては、C F B ボイラ 1 の燃焼炉 2 に投入される燃料の燃焼により発生する排ガス中の微小塩粒子の含有量から推算した燃料中のアルカリ金属及び塩素の含有量に基づいて、燃焼炉 2 に投入される燃料の量、組成、種類、混焼比率の少なくとも何れか一つ、燃焼炉 2 に投入される添加剤の供給量、燃焼炉に投入される流動

媒体の供給量、及び／又は、燃焼炉 2 からの流動媒体の抽出量を変更することができる。このように、C F B ボイラ 1 における燃料中のアルカリ金属及び塩素の含有量を定量的に把握し、その含有量に基づいて燃料の量や燃焼炉内容物（添加剤及び流動媒体）の量を調整することにより、既存ボイラ寿命を従来よりも長期化するとともに、ボイラ運転時の投入燃料（木屑、タイヤ、R P F (Refuse Paper & Plastic Fuel) 等）の燃料性状の変動、腐食性成分の増減等の管理への対応が可能となる。

[0067] <第二実施形態>

続いて、本発明の第二実施形態に係るボイラ監視方法等について説明する。

[0068] 本実施形態においては、C F B ボイラ 1 の監視者がマニュアルで含有量推算・制御・調整を行う代わりに、ボイラ監視装置 20 の推算部 28 を用いて燃料中のアルカリ金属及び塩素の含有量の推算を行い、制御部 30 によって C F B ボイラ 1 の負荷やメンテナンス動作を制御し、かつ、調整部 40 によって燃料の投入量等を調整する。ボイラ監視装置 20（推算部 28）、制御部 30 及び調整部 40 の構成は第一実施形態と同様であるため、詳細な説明を省略する。なお、本実施形態に係るボイラ監視方法等の各工程の内容は、（主体は変更されているものの）第一実施形態と共通するため、図 4 のフローチャートを適宜参照して説明することとする。

[0069] まず、C F B ボイラ 1 の燃焼炉 2 に投入される燃料の燃焼により発生する排ガスを、排ガス収集部（回収管 22、水槽 24、吸引ポンプ 26）を用いて収集する（排ガス収集工程：S1）。本実施形態の排ガス収集工程 S1 においても、C F B ボイラ 1 のバグフィルタ 10 の上流側における排ガスを収集している。本実施形態においては、中央処理装置 100 の制御部 30 で吸引ポンプ 26 を制御することにより、所定の時期や頻度で排ガスを収集することとしている。排ガスを収集する時期や頻度は、C F B ボイラ 1 の仕様等に応じて適宜設定することができる。例えば、一日一回以上所定の時刻に排ガスを収集したり、燃料の種類が変更された際に排ガスを収集したり、C F

Bボイラ1の運転状態に異常が見られた際に排ガスを収集したりすることができる。

[0070] 次いで、中央処理装置100の推算部28によって、排ガス収集工程S1で収集した排ガス中の微小塩粒子の含有量に基づいて、燃料中のアルカリ金属及び塩素の含有量を推算する（推算工程：S2）。推算部28は、既に述べたように、アルカリ金属イオンモニタによる測定値（収集した排ガス中のアルカリ金属イオンの含有量（mg/L））と、CFBボイラ1の燃料中のアルカリ金属の含有量（mg/kg）と、の間の相関関係（例えば図2に示す線形のグラフL1）を用いて燃料中のアルカリ金属の含有量を推算するとともに、塩素検知管による測定値（収集した排ガス中の塩素イオンの含有量（mg/L））と、CFBボイラ1の燃料中の塩素の含有量（mg/kg）と、の間の相関関係（例えば図3に示す線形のグラフL2）を用いて燃料中の塩素の含有量を推算する。

[0071] 次いで、中央処理装置100は、推算工程S2で推算した燃料中のアルカリ金属及び塩素の含有量の少なくとも何れか一方が所定の上限值U1、U2を超えるか否かを判定する（判定工程：S3）。判定工程S3において、推算した燃料中のアルカリ金属及び塩素の含有量が上限値U1、U2以下であると判定された場合には、排ガス収集工程S1に戻ってそれ以降の工程を繰り返し実施する。

[0072] 一方、判定工程S3において、推算した燃料中のアルカリ金属及び塩素の含有量が上限値U1、U2を超えたものと判定された場合には、中央処理装置100の制御部30が、CFBボイラ1の負荷及び／又はメンテナンス動作を制御する（ボイラ制御工程：S4）とともに、中央処理装置100の調整部40が、CFBボイラ1に燃焼炉2に投入される燃料の量、組成、種類、混焼比率の少なくとも何れか一つ、燃焼炉2に投入される添加剤の供給量、燃焼炉2に投入される流動媒体の供給量、及び／又は、燃焼炉2からの流動媒体の抽出量、の少なくとも何れか一つを変更する（燃料等調整工程：S5）。

- [0073] 制御部30は、ボイラ制御工程S4において、CFBボイラ1の燃焼炉2内の温度や熱回収部6によって発生する蒸気温度等を低下させるようにCFBボイラ1の負荷（出力）を制御することにより、ボイラ運転を継続させることができる。また、制御部30は、ボイラ制御工程S4において、CFBボイラ1の熱回収部6における過熱器や節炭器の伝熱表面の清掃を通常よりも頻繁に行うようにスートブロワの動作を制御することにより当該表面へのデポジット付着を抑制したり、CFBボイラ1のバグフィルタ10の圧縮エア配管から噴射される圧縮エアの噴射頻度を通常よりも高めるように制御することによりバグフィルタ10の集塵機能を迅速に回復させたりすることができる。
- [0074] 調整部40は、燃料等調整工程S5において、CFBボイラ1の燃焼炉2に投入される燃料の量を低下させたり、燃料の組成や種類をアルカリ金属や塩素が少ないものに変更したり、燃料の混焼比率を適切な値に変更したりするように、燃焼炉2の燃料投入口に設けられた供給調整機構を制御することにより、CFBボイラ1の負荷を制御することでボイラ運転を継続させることができる。また、調整部40は、燃料等調整工程S5において、CFBボイラ1の燃焼炉2に投入される添加剤の供給量を増大させたり、燃焼炉2に投入される流動媒体の供給量を増大させたりするように燃焼炉2の燃料投入口に設けられた供給調整機構を制御したり、燃焼炉2からの流動媒体の排出量を増大させるように燃焼炉2の排出口に設けられた排出調整機構を制御したりすることにより、CFBボイラ1の負荷を制御することでボイラ運転を継続させることができる。
- [0075] 以上説明した実施形態に係るボイラ監視装置20においては、CFBボイラ1の燃焼炉2に投入される燃料の燃焼により発生する排ガスを収集し、収集した排ガス中の微小塩粒子の含有量に基づいて燃料中のアルカリ金属及び塩素の含有量を推算することができる。そして、推算した燃料中のアルカリ金属及び塩素の含有量に基づいて、CFBボイラ1の負荷（炉内温度、蒸気温度等）等を制御したり、燃料の量や組成等を変更したりすることができる。

。特に、本実施形態における排ガス収集工程S1では、CDBボイラ1のバグフィルタ10の上流側における排ガスを収集しているため、バグフィルタ10で集塵される前の排ガス中の微小塩粒子(KCl等)の含有量をモニタリングし、燃料中のアルカリ金属及び塩素の含有量を適切に推算することができる。

[0076] また、以上説明した実施形態に係るボイラ制御装置(ボイラ監視装置20及び制御部30)においては、CFBボイラ1の燃焼炉に投入される燃料の燃焼により発生する排ガス中の微小塩粒子の含有量から推算される燃料中のアルカリ金属及び塩素の含有量に基づいて、CFBボイラ1の負荷(炉内温度、蒸気温度等)や、CFBボイラ1のメンテナンス動作(過熱器や節炭器の伝熱表面のストブロウ等による清掃、バグフィルタのパルス頻度、等)を制御することができる。このように、CFBボイラ1における燃料中のアルカリ金属及び塩素の含有量を定量的に把握し、その含有量に基づいてボイラ負荷等を制御することにより、既存ボイラ寿命を従来よりも長期化することができる。

[0077] また、以上説明した実施形態に係る燃料等調整装置(ボイラ監視装置20及び調整部40)においては、CFBボイラ1の燃焼炉2に投入される燃料の燃焼により発生する排ガス中の微小塩粒子の含有量から推算される燃料中のアルカリ金属及び塩素の含有量に基づいて、燃焼炉2に投入される燃料の量、組成、種類、混焼比率の少なくとも何れか一つ、燃焼炉2に投入される添加剤の供給量、燃焼炉に投入される流動媒体の供給量、及び／又は、燃焼炉2からの流動媒体の抽出量を変更することができる。このように、CFBボイラ1における燃料中のアルカリ金属及び塩素の含有量を定量的に把握し、その含有量に基づいて燃料の量や燃焼炉内容物(添加剤及び流動媒体)の量を調整することにより、既存ボイラ寿命を従来よりも長期化するとともに、ボイラ運転時の投入燃料(木屑、タイヤ、RPF(Refuse Paper & Plastic Fuel)等)の燃料性状の変動、腐食性成分の増減等の管理への対応が可能となる。

[0078] 本発明は、以上の各実施形態に限定されるものではなく、これら実施形態に当業者が適宜設計変更を加えたものも、本発明の特徴を備えている限り、本発明の範囲に包含される。すなわち、前記各実施形態が備える各要素及びその配置、材料、条件、形状、サイズ等は、例示したものに限定されるわけではなく適宜変更することができる。また、前記各実施形態が備える各要素は、技術的に可能な限りにおいて組み合わせることができ、これらを組み合わせたものも本発明の特徴を含む限り本発明の範囲に包含される。

[0079] なお、2021年4月8日出願された日本国特許出願2021-066036号の開示は、その全体が参照により本明細書に取り込まれる。また、明細書に記載された全ての文献、特許出願、及び技術規格は、個々の文献、特許出願、及び技術規格が参照により取り込まれることが具体的かつ個々に記された場合と同程度に、本明細書中に参照により取り込まれる。

産業上の利用可能性

[0080] 本発明は、ボイラの排ガス中の微小塩粒子の含有量を比較的簡易な方法でモニタリングし、燃料中のアルカリ金属や塩素の含有量を適切に推算する際に有用である。

符号の説明

- [0081] 1…C F B ボイラ
2…燃焼炉
6…熱回収部
10…バグフィルタ（集塵機）
16…配管
16A…接続部
20…ボイラ監視装置
22…回収管（排ガス収集部）
24…水槽（排ガス収集部）
26…吸引ポンプ（排ガス収集部）
28…推算部

3 0 …制御部

4 0 …調整部

S 1 …排ガス収集工程

S 2 …推算工程

S 3 …判定工程（制御工程、調整工程）

S 4 …ボイラ制御工程（制御工程）

S 5 …燃料等調整工程（調整工程）

請求の範囲

- [請求項1] ボイラの運転状態を監視する方法であって、
 前記ボイラの燃焼炉に投入される燃料の燃焼により発生する排ガスを収集する排ガス収集工程と、
 前記排ガス収集工程で収集した排ガス中の微小塩粒子の含有量に基づいて前記燃料中のアルカリ金属及び／又は塩素の含有量を推算する推算工程と、
 を含む、ボイラ監視方法。
- [請求項2] 前記排ガス収集工程では、前記ボイラの集塵機の上流側における排ガスを収集する、請求項1に記載のボイラ監視方法。
- [請求項3] 前記排ガス収集工程では、所定の頻度で前記排ガスを収集する、請求項1又は2に記載のボイラ監視方法。
- [請求項4] 前記排ガス収集工程では、前記燃料の種類が変更された際及び／又は前記ボイラの運転状態に異常が見られた際に前記排ガスを収集する、請求項1又は2に記載のボイラ監視方法。
- [請求項5] 請求項1から4の何れか一項に記載のボイラ監視方法と、
 前記ボイラ監視方法の前記推算工程で推算した含有量に基づいて、前記ボイラの負荷、及び／又は、前記ボイラのメンテナンス動作を制御する制御工程と、
 を含む、ボイラ制御方法。
- [請求項6] 請求項1から4の何れか一項に記載のボイラ監視方法と、
 前記ボイラ監視方法の前記推算工程で推算した含有量に基づいて、前記燃焼炉に投入される前記燃料の量、組成、種類、混焼比率の少なくとも何れか一つ、前記燃焼炉に投入される添加剤の供給量、前記燃焼炉に投入される流動媒体の供給量、及び／又は、前記燃焼炉からの流動媒体の抽出量を変更する調整工程と、
 を含む、燃料等調整方法。
- [請求項7] ボイラの運転状態を監視する装置であって、

前記ボイラの燃焼炉に投入される燃料の燃焼により発生する排ガスを収集する排ガス収集部と、

前記排ガス収集部で収集した排ガスに含まれる成分に基づいて前記燃料中のアルカリ金属及び／又は塩素の含有量を推算する推算部と、を備える、ボイラ監視装置。

[請求項8]

請求項7に記載のボイラ監視装置と、

前記ボイラ監視装置の前記推算部で推算した含有量に基づいて、前記ボイラの負荷、及び／又は、前記ボイラのメンテナンス動作を制御する制御部と、を備える、ボイラ制御装置。

[請求項9]

請求項7に記載のボイラ監視装置と、

前記ボイラ監視装置の前記推算部で推算した含有量に基づいて、前記燃焼炉に投入される前記燃料の量、組成、種類、混焼比率の少なくとも何れか一つ、前記燃焼炉に投入される添加剤の供給量、前記燃焼炉に投入される流動媒体の供給量、及び／又は、前記燃焼炉からの流動媒体の拔出量を変更する調整部と、を備える、燃料等調整装置。

[請求項10]

燃焼炉で生じた燃焼ガスの熱を回収する熱回収部と、前記熱回収部を通過したガスに含まれる煤塵を濾過捕集する集塵機と、を備えるボイラであって、

前記熱回収部を通過したガス中の微小塩粒子の含有量をモニタリングするために、前記熱回収部と前記集塵機とを連通接続する配管内のガスを回収可能な回収管が接続される接続部が設けられている、ボイラ。