(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3831804号
(P3831804)
(45)発行日　平成18年10月11日(2006.10.11)　(24)登録日　平成18年7月28日(2006.7.28)

(51)Int.Cl.　　F I
B01D 53/56 (2006.01)　　B01D 53/34 129E
B01D 53/74 (2006.01)　　B01D 53/34 ZAB
B01D 53/34 (2006.01)

請求項の数 3　(全 14 頁)

(21)出願番号　特願平10-41882
(22)出願日　平成10年2月24日(1998.2.24)
(65)公開番号　特開平11-235516
(43)公開日　平成11年8月31日(1999.8.31)
審査請求日　平成17年2月18日(2005.2.18)

(73)特許権者　000211307
中国電力株式会社
広島県広島市中区小町４番３３号
(73)特許権者　000005441
バブコック日立株式会社
東京都千代田区外神田四丁目１４番１号
(74)代理人　100066979
弁理士　鵜沼　辰之
(72)発明者　藤井　準次
広島県広島市中区小町４番３３号
中国電力株式会社内
(72)発明者　世良　裕明
広島県広島市中区小町４番３３号
中国電力株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】排ガスの脱硝装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

燃料を燃焼させて発生した燃焼排ガスにアンモニアを注入して前記燃焼排ガス中の窒素酸化物を低減した低減処理排ガスとし、更に該低減処理排ガスにアンモニアを注入し触媒の存在の下に該低減処理排ガスの窒素酸化物を除去する排ガスの脱硝装置において、前記燃焼排ガスにアンモニアを注入する注入位置より上流側で該燃焼排ガスの窒素酸化物濃度を計測し、該計測した窒素酸化物濃度による制御信号に基づいて前記燃焼排ガスに注入するアンモニア注入量を制御する第１のアンモニア注入制御手段と、前記低減処理排ガスにアンモニアを注入する注入位置より上流側で前記低減処理排ガスの窒素酸化物濃度及びアンモニア濃度を計測し、該計測した窒素酸化物濃度及びアンモニア濃度の計測信号から演算された制御信号に基づいて前記低減処理排ガスに注入するアンモニア注入量を制御する第２のアンモニア注入制御手段を備えたことを特徴とする排ガスの脱硝装置。

【請求項２】

請求項１において、前記第２のアンモニア注入制御手段は、前記触媒を通過した触媒通過排ガスの窒素酸化物濃度を計測し、該計測した窒素酸化物濃度の計測信号で、前記計測した低減処理排ガスの窒素酸化物濃度及びアンモニア濃度の計測信号から演算された制御信号を補正して前記低減処理排ガスに注入するアンモニア注入量を制御することを特徴とする排ガスの脱硝装置。

【請求項３】

請求項１又は２において、前記第２のアンモニア注入制御手段は、前記触媒を通過した

触媒通過排ガスのアンモニア濃度を計測し、該計測したアンモニア濃度の計測信号で、前記計測した低減処理排ガスの窒素酸化物濃度及びアンモニア濃度の計測信号から演算された制御信号を補正して前記低減処理排ガスに注入するアンモニア注入量を制御することを特徴とする排ガスの脱硝装置。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】

本発明は、燃料を燃焼させて発生した排ガスにアンモニア（以下「NH_3」とも云う）を注入して窒素酸化物（以下「ＮＯｘ」とも云う）を除去する排ガスの脱硝装置に係り、特に加圧流動層ボイラ（ＰＦＢＣボイラ）から発生する排ガスの窒素酸化物を除去する排ガスの脱硝装置に関するものである。

【０００２】

【従来の技術】

近年、地球環境問題として、環境汚染物質の排出規制が厳しくなってきている。化石燃料を燃焼し発電する火力発電は、環境性能向上、発電効率向上に向け、研究開発がなされている。この中で現在注目されているのがボイラを圧力容器の中に入れ加圧化で石炭を燃焼させ発電する加圧流動層ボイラを利用した発電装置である。

【０００３】

加圧流動層ボイラを利用した発電装置は、ガスタービン（以下「ＧＴ」との云う）とスチームタービンを組み合わせた複合発電によって発電効率の向上を図り、流動層を形成する石灰石によって炉内脱硫を行なうことにより脱硫装置を省き、更に比較的低温で燃焼させること及び流動層中のカーボン等の還元物質による還元反応で流動層出口のＮＯｘ濃度を低減すること等のメリットを有するものである。

【０００４】

しかし、従来の排ガスの脱硝技術では触媒のみによる脱硝によりガスタービン排気ガス中のＮＯｘ濃度を低減しており、脱硝装置の性能上、脱硝効率には上限があり、それ以上の脱硝性能の向上は出来なかった。

【０００５】

図１０は、加圧流動層ボイラを利用した発電装置に使用された従来の排ガスの脱硝装置の一例を示す系統図である。コンプレッサ６に導入された燃焼空気５は、火炉入口配管４を通って圧力容器３内の加圧流動層ボイラ１に導入される。燃料（ＣＷＰ（Coal Water Paste)と云う）供給ノズル２３を介して流動層を形成する流動媒体（ＢＭ）２に供給される燃料が燃焼することによって発生する排ガスは、火炉出口配管７を通りガスタービン８に導入され発電を行なうと同時にコンプレッサ６を駆動する。ガスタービン８を出た排ガスは、ガスタービン出口ダクト９を通って節炭器１０に導入されるが、排ガス温度が約４００℃と高温であるため、節炭器１０で熱回収され、煙突出口ダクト１２を通り煙突２９より放出される。

【０００６】

上記加圧流動層ボイラを利用した発電装置の中でＮＯｘを低減、除去する装置は、節炭器１０内に設けられた脱硝触媒を有する触媒脱硝装置１１のみである。触媒脱硝装置１１入口に設けられた有触媒入口ＮＯｘ濃度計測装置２２ａにより有触媒必要アンモニア量が計算され、アンモニア気化器１５から送られたアンモニアは、有触媒アンモニア流量調整弁１９で流量調整され、アンモニア希釈空気１４が加えられ有触媒アンモニア注入ノズル１３より注入される。有触媒脱硝装置１１入口ＮＯｘ濃度が計画値以上の場合、アンモニアを過剰に注入する必要があり、有触媒脱硝装置１１出口の漏洩アンモニア（以下「リークアンモニア」とも云う）も多くなり煙突２９より排出されることになるが、一方ではこれにより煙突２９から排出されるＮＯｘ濃度を低減している。

【０００７】

図１１は、ボイラ燃焼装置に使用された従来の別の排ガスの脱硝装置の例を示す系統図である。このボイラ燃焼装置は、燃焼室４０の出口側に設けられた無触媒脱硝手段４１と、

同無触媒脱硝手段４１の下流部で煙道４２に設けられた触媒脱硝手段４３とを有すると共に、熱交換器４４にて排ガスと空気とが熱交換されるものである（実開昭５３－１６３３４７号）。

【０００８】

図１２は、加圧流動層ボイラを利用した発電装置に使用された従来の更に別の排ガスの脱硝装置の例を示す系統図である。この排ガスの脱硝装置は、ＧＴ５５下流の触媒脱硝装置５８入口のＮＯｘ濃度５６に応じて、触媒脱硝装置５８入口でのアンモニア注入５７と、加圧容器５０内の火炉５１で発生した排ガスに対して無触媒脱硝用のアンモニア注入５２、５４とを調整して行なうものである。尚、符号５３は脱塵装置、符号５９は低圧給水ヒータ、符号６０は高圧給水ヒータ、符号６１は煙突である。（特表平５－５０４２９０号）

【０００９】

【発明が解決しようとする課題】

図１０に示した排ガスの脱硝装置は、触媒脱硝装置１１により排ガス中のＮＯｘ濃度を低減し、環境規制値以下として煙突より排出するものであるが、脱硝効率の上限値以上を出すことが出来ず、リークアンモニアも過剰となり、それ以上の脱硝効率の向上を行なうことは困難であった。

【００１０】

図１１に示した排ガスの脱硝装置は、高温度の熱還元雰囲気下で熱還元による無触媒脱硝を行ない低温度域で触媒脱硝を行なうものであるが、消費するアンモニア量を最小とする目的で各箇所に注入するアンモニア量を最適に制御する手段がない。この従来技術を加圧流動層ボイラに適用する場合、高温度の熱還元雰囲気領域は、図１０に示したガスタービン８の上流側に該当するが、加圧流動層ボイラではガスタービン入口までは高温条件に加えて高圧条件であるため、排ガス中の酸素分圧は図１１に示したボイラ燃焼装置の約１０倍程度であり、その結果この領域に注入するアンモニアが酸素により窒素と水蒸気に分解する反応が顕著となり、注入アンモニアが充分有効に脱硝反応に使用されないことになる。更に加圧流動層ボイラは部分負荷においては排ガス圧力が１０気圧から５気圧程度まで減少するため、注入アンモニアの分解反応も運転圧力に大きく影響を受ける。

【００１１】

更に、このボイラ燃焼装置に使用された排ガスの脱硝装置は、注入するアンモニアの有効利用効率が運転負荷によって大きく左右される加圧流動層ボイラにおいて、注入するアンモニア量を最小とする経済的な制御を実施することは出来ない。

【００１２】

図１２に示した排ガスの脱硝装置は、無触媒脱硝と触媒脱硝の組み合わせにより煙突入口までの脱硝効率向上が可能であるが、ガスタービン５５上流の無触媒脱硝でのアンモニア注入量は、触媒脱硝装置５８入口ＮＯｘ濃度５６を設定値になるように決定され、触媒脱硝装置５８入口でのアンモニア注入量は触媒脱硝装置入口ＮＯｘ濃度５６に応じて決定されるため、排ガス中の残存アンモニア濃度、即ちリークアンモニアを最小にするアンモニア注入配分については、特に配慮されていなかった。

【００１３】

本発明の課題は、上記問題点を解決し、外部に排出される窒素酸化物濃度を環境規制値以下に維持すると共に、排ガスの脱硝に使用するアンモニア量と外部に排出される漏洩アンモニア量を最小にすることである。

【００１４】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するため本発明は、燃料を燃焼させて発生した燃焼排ガスにアンモニアを注入して前記燃焼排ガス中の窒素酸化物を低減した低減処理排ガスとし、更に該低減処理排ガスにアンモニアを注入し触媒の存在の基に該低減処理排ガスの窒素酸化物を除去する排ガスの脱硝装置において、前記燃焼排ガスにアンモニアを注入する注入位置より上流側で該燃焼排ガスの窒素酸化物濃度を計測し、該計測した窒素酸化物濃度による制御信号に

基づいて前記燃焼排ガスに注入するアンモニア注入量を制御する第１のアンモニア注入制御手段を備えたことである。

【００１５】

第１のアンモニア注入制御手段を備えたことにより、燃料、例えばＣＷＰを燃焼させる加圧流動層ボイラで発生した燃焼排ガス中のＮＯｘは、第１のアンモニア注入制御手段により注入されるアンモニアで気相還元反応を起こして窒素と水に分解され低減される。この際、低減されるべき燃焼排ガス中の窒素酸化物濃度を計測し、この計測信号から演算された制御信号に基づいてアンモニア注入量が決められるので必要以上の過剰なアンモニアが注入されることがない。

【００１６】

更に、上記排ガスの脱硝装置において、前記低減処理排ガスにアンモニアを注入する注入位置より上流側で前記低減処理排ガスの窒素酸化物濃度及びアンモニア濃度を計測し、該計測した窒素酸化物濃度及びアンモニア濃度の計測信号から演算された制御信号に基づいて前記低減処理排ガスに注入するアンモニア注入量を制御する第２のアンモニア注入制御手段を備えたことである。

【００１７】

第２のアンモニア注入制御手段を備えた排ガスの脱硝装置は、上記排ガスの脱硝装置の作用に加え、第１のアンモニア注入制御手段により低減されたＮＯｘが、第２のアンモニア注入制御手段により更に除去され流動層ボイラ全体としての脱硝性能を向上させる。ここで、第１のアンモニア注入制御手段は、無触媒脱硝反応又は気相還元反応で利用され、第２のアンモニア注入制御手段は、有触媒脱硝反応で利用される。

【００１８】

更に、上記第２のアンモニア注入制御手段を備えた排ガスの脱硝装置において、前記第２のアンモニア注入制御手段は、前記触媒を通過した触媒通過排ガスの窒素酸化物濃度を計測し、該計測した窒素酸化物濃度の計測信号で、前記計測した低減処理排ガスの窒素酸化物濃度及びアンモニア濃度の計測信号から演算された制御信号を補正して前記低減処理排ガスに注入するアンモニア注入量を制御することである。

【００１９】

第２のアンモニア注入制御手段が窒素酸化物濃度及びアンモニア濃度の計測信号から演算された制御信号を補正して低減処理排ガスに注入するアンモニア注入量を制御する排ガスの脱硝装置は、上記第２のアンモニア注入制御手段を備えた排ガスの脱硝装置の作用に加え、触媒脱硝装置出口煙道又は煙突入口にＮＯｘ濃度計測装置を設置して、触媒脱硝装置出口ＮＯｘ濃度値が規制値に対して一定偏差以上の差異を生じた場合には、偏差幅に応じて、有触媒脱硝装置入口又は流動層ボイラ出口でのアンモニア注入量を補助的に制御することで、応答性を向上することが可能である。

【００２０】

更に、上記第２のアンモニア注入制御手段を備えたいずれかの排ガスの脱硝装置において、前記第２のアンモニア注入制御手段は、前記触媒を通過した触媒通過排ガスのアンモニア濃度を計測し、該計測したアンモニア濃度の計測信号で、前記計測した低減処理排ガスの窒素酸化物濃度及びアンモニア濃度の計測信号から演算された制御信号を補正して前記低減処理排ガスに注入するアンモニア注入量を制御することである。

【００２１】

第２のアンモニア注入制御手段が窒素酸化物濃度及びアンモニア濃度の計測信号から演算された制御信号を補正して前記低減処理排ガスに注入するアンモニア注入量を制御する排ガスの脱硝装置は、上記第２のアンモニア注入制御手段を備えたいずれかの排ガスの脱硝装置の作用に加え、触媒脱硝装置出口煙道又は煙突入口にアンモニア濃度計測装置を設置して、触媒脱硝装置出口残存アンモニア濃度が一定値以下になるように、計測値との偏差に応じて有触媒脱硝装置入口又は流動層ボイラ出口でのアンモニア注入量を補助的に制御することで、リークアンモニア量を補助的に制御することが出来る。

【００２２】

更に、先の第１のアンモニア注入制御手段を備えた排ガスの脱硝装置において、前記触媒を通過した触媒通過排ガスの窒素酸化物濃度を計測し、該計測した窒素酸化物濃度の計測信号から演算された制御信号に基づいて、前記低減処理排ガスにアンモニアを注入し、前記触媒通過排ガスの窒素酸化物濃度が予め設定された濃度範囲に収まるように制御する第３のアンモニア注入制御手段を備えたことである。

【００２３】

第３のアンモニア注入制御手段を備えた排ガスの脱硝装置は、先の第１のアンモニア注入制御手段を備えた排ガスの脱硝装置の作用に加え、触媒脱硝装置出口ＮＯｘ濃度が規制値以下になるということは、アンモニアが過剰の状態であることを示し、アンモニア流出量が増加している可能性を示す。逆に触媒脱硝装置出口のＮＯｘ濃度が規制値以上になるということはアンモニアは脱硝反応に消費されて排出量が減少している一方で系外への流出ＮＯｘが増加していることを示す。従って、触媒脱硝装置出口又は下流ダクトで計測するＮＯｘ濃度が規制値上限と下限の範囲内に維持出来るよう触媒脱硝装置入口又は上流ダクトに注入するアンモニア量を制御することにより触媒脱硝装置出口のＮＯｘ排出量及びアンモニア排出量を低減することが出来る。

【００２４】

そして、先の第１のアンモニア注入制御手段を備えた排ガスの脱硝装置において、前記触媒を通過した触媒通過排ガスのアンモニア濃度を計測し、該計測したアンモニア濃度の計測信号から演算された制御信号に基づいて、前記低減処理排ガスにアンモニアを注入し、前記触媒通過排ガスのアンモニア濃度が予め設定された濃度範囲に収まるように制御する第４のアンモニア注入制御手段を備えたことである。

【００２５】

第４のアンモニア注入制御手段を備えた排ガスの脱硝装置は、先の第１のアンモニア注入制御手段を備えた排ガスの脱硝装置の作用に加え、触媒脱硝装置出口ＮＯｘ濃度が規制値以下になるということは、アンモニアが不足の状態であることを示し、ＮＯｘ流出量が増加している可能性を示す。逆に触媒脱硝装置出口のNH_3濃度が規制値以上になるというとこは、アンモニアが過剰に存在している状態でＮＯｘの排出は抑制されているが系外への流出アンモニアが増加していることを示す。従って、触媒脱硝装置出口又は下流ダクトで計測するNH_3濃度が規制値上限と下限の範囲内に維持出来るよう触媒脱硝装置入口又は上流ダクトに注入するアンモニア量を制御することにより触媒脱硝装置出口のＮＯｘ排出量及びアンモニア排出量を低減することが出来る。

【００２６】

ところで、アンモニアは物性上熱分解を起こしやすい特性を有しているため、注入されたアンモニアが熱分解を起こす前にＮＯｘを還元することが出来る能力には上限がある。即ち、第１のアンモニア注入手段において一定量以上の過剰のアンモニアを注入しても、ある割合からはＮＯｘ濃度は平衡傾向となる。そこで、アンモニア注入位置の上流側でＮＯｘ濃度を計測し、この計測信号から演算される必要ＮＯｘ／NH_3のモル比率に相当する適正アンモニア（ＮＯｘ低減に寄与する必要最小限の過剰アンモニア）を注入することで、不必要に過剰なアンモニア注入を避けることが出来る。

【００２７】

熱分解やＮＯｘとの気相還元反応を起こさずに残留したアンモニアは、第２のアンモニア注入手段によって注入されるアンモニアと合わせて再利用される。脱硝触媒を設けた触媒脱硝装置入口のアンモニア注入位置より上流側に設置するＮＯｘ濃度計測装置から触媒脱硝装置出口のＮＯｘ濃度を規制値に維持するのに必要なアンモニア量が計算出来、アンモニア濃度計測装置から低減処理排ガス中に残存するアンモニア量が計算出来るため、必要アンモニア量から残存アンモニア量を差し引いた量のアンモニアを触媒脱硝装置入口に注入すれば、必要最小限の過剰アンモニア量以上に注入することがなくなるのでリークアンモニア量を最小化出来る。

【００２８】

無触媒脱硝は、NH_3によるＮＯｘの気相直接熱還元反応を利用したものであるが、同時

にNH_3自体も熱分解してN_2とH_2Oになる。

【００２９】

$4NH_3+6NO \rightarrow 5N_2+6H_2O$

$4NH_3+3O_2 \rightarrow 2N_2+6H_2O$

従って、注入したNH_3は一部がＮＯｘの還元に寄与し、残りの一部は酸素によって分解されN_2とH_2Oとなり、残りの他の一部はリークアンモニアとなる。本発明者等の試験実績によれば、NH_3／ＮＯモル比で２～３以上はNH_3を過剰に投入してもＮＯｘは殆ど平衡値に達し、投入NH_3の脱硝としての有効利用率は低下する。

【００３０】

図８は、加圧流動層ボイラ排ガスの無触媒脱硝におけるNH_3／ＮＯｘモル比とＮＯｘ濃度、注入NH_3の関係曲線図である。この図に示すように、出口ＮＯｘ濃度に応じてNH_3を注入する場合は、NH_3／ＮＯｘモル比が過剰であっても一定割合以上はNH_3の有効利用率が低く経済的でない。

【００３１】

本発明においては、入口ＮＯｘ濃度に応じて一定モル比のNH_3を注入することでNH_3を有効に利用出来る範囲までＮＯｘ濃度を低減するものである。加圧流動層ボイラにおいては最適モル比は約２～３であり、この場合無触媒脱硝だけだと出口ＮＯｘ濃度が規制値を守れない恐れがあるが、加圧流動層ボイラにおいてはガスタービン（ＧＴ）出口に有触媒脱硝装置があるので、規制値までの低減は有触媒脱硝で行なう。

【００３２】

有触媒脱硝では、触媒脱硝装置入口のＮＯｘ濃度を触媒脱硝装置出口で規制値まで除去するのに必要なNH_3を入口ＮＯｘ濃度計測値から計算で予測する。但し、触媒脱硝装置入口の低減処理排ガス中に上流の無触媒脱硝での残留NH_3が含まれるため、触媒脱硝装置入口で注入するNH_3量は、計算予想値（必要値）から残留NH_3分を除いた差分に相当するNH_3を注入すれば良い。

【００３３】

図９は、加圧流動層ボイラ排ガスの触媒脱硝における運転負荷とＮＯｘ濃度、残留NH_3濃度、有触媒入口NH_3濃度の関係曲線図である。加圧流動層ボイラにおいては、ボイラ出口～ＧＴまでのガス温度、ガス圧力が負荷によって変動するため上記の関係を横軸を運転負荷で整理すると、無触媒脱硝は熱還元反応のため注入NH_3モル比が一定でも排ガス温度が低下する部分負荷時には脱硝効率が低下するため触媒脱硝装置入口でのＮＯｘ濃度は上昇傾向となる（図９の▲１▼）。

【００３４】

一方、無触媒脱硝の余剰NH_3の熱分解反応は部分負荷で温度が低下することと、排ガス圧力低下に伴うO_2分圧低下に伴い分解が抑制される傾向であるため、残留NH_3としての存在割合が上昇する（図９の▲２▼）。従って、有触媒入口においては、部分負荷でＮＯｘ濃度が上昇するため排ガス量に対して必要NH_3割合も増加する（図９の▲３▼）が、無触媒脱硝での残留NH_3濃度も増加するので、必要量から残留NH_3量を引いた有触媒入口でのNH_3注入量は著しく増加することはない（図９の▲４▼）。

【００３５】

有触媒入口でのＮＯｘ濃度に対して一定割合のNH_3を注入する場合は、既に排ガス中に存在する残留NH_3量がNH_3に加算されるので、必要以上に過剰なNH_3がリークNH_3として煙突へ排出されることになるので経済的ではない。尚、無触媒脱硝での残留NH_3量は、上記のように加圧流動層特有の排ガス温度と排ガス圧力によって変動するので計算等で精度よく予想することは困難であり、実際の測定値を制御信号として使用することが応答性の面でも効果的である。以上より、煙突入口ダクトでのＮＯｘ及びリークアンモニアを最小レベルに抑えることが出来る。

【００３６】

次に、燃料を燃焼させて発生した燃焼排ガスにアンモニアを注入して前記燃焼排ガス中の窒素酸化物を低減した低減処理排ガスとし、更に該低減処理排ガスにアンモニアを注入し

触媒の存在の基に該低減処理排ガスの窒素酸化物を除去する排ガスの脱硝装置において、前記燃料を燃焼させる燃焼装置にかかる負荷の負荷信号に応じて前記燃焼排ガスに注入するアンモニア注入量を制御する第５のアンモニア注入制御手段を備え、先の第３のアンモニア注入制御手段又は第４のアンモニア注入制御手段を備えたことである。

【００３７】

第５のアンモニア注入制御手段を備えた排ガスの脱硝装置は、先の第３のアンモニア注入制御手段又は第４のアンモニア注入制御手段を備えた排ガスの脱硝装置の作用に加え、例えば流動層ボイラの運転条件を負荷によって一定のパターンに固定して運転する場合は、ＮＯｘ濃度を計測しなくても、注入するアンモニア量を負荷と相関させた制御関数として予め設定し、負荷信号により、気相還元脱硝部に注入するアンモニア量を制御することも可能である。

【００３８】

本発明の排ガスの脱硝装置は、第１のアンモニア注入制御手段３１又は第５のアンモニア注入制御手段３５である無触媒脱硝装置により低減されたＮＯｘは、触媒脱硝装置１１で第２～第４のアンモニア注入制御手段３２、３３、３４により注入されたアンモニアによって更に除去され脱硝効率を触媒脱硝装置１１のみによる場合の上限値以上に向上させることが可能となり、厳しい環境規制値に対応することが出来る。

【００３９】

又、無触媒脱硝と有触媒脱硝で使用するアンモニア量を、煙突入口ＮＯｘ濃度を規制値以下に維持しつつ、分解消失するアンモニア量と未反応で系外に排出されるアンモニア量を最小にするように制御する。

【００４０】

【発明の実施の形態】

以下、本発明に係る排ガスの脱硝装置の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。尚、図１～７において、同一又は同等部分には同一符号を付けて示し、図２～７における図１と同じ符号部分の説明は省略する。

【００４１】

図１は、加圧流動層ボイラを利用した発電装置に使用された本発明に係る排ガスの脱硝装置の第１実施形態を示す系統図である。ガスタービン８によって駆動されるコンプレッサ６に導入された燃焼空気５は、火炉入口配管４を通って圧力容器３内の加圧流動層ボイラ１に導入される。流動層を形成する流動媒体（ＢＭ）２にＣＷＰ供給ノズル２３によって供給された燃料としてのＣＷＰは、燃焼することによって燃焼排ガスG_1を発生する。加圧流動層ボイラ１で発生した燃焼排ガスG_1は、火炉出口配管７内で気相還元反応による無触媒脱硝が行なわれる。窒素酸化物が低減された低減処理排ガスG_2は、更に火炉出口配管７を通りガスタービン８に導入され発電を行なうと同時にコンプレッサ６を駆動する。ガスタービン８を出た低減処理排ガスG_2は、ガスタービン出口ダクト９より上流側の節炭器１０に導入されるが、排ガス温度が約４００℃と高温であるため、上流側の節炭器１０及び下流側の節炭器１０を通って熱回収され煙突入口ダクト１２を通過し煙突２９より放出される。

【００４２】

ここで、第１実施形態の排ガスの脱硝装置は、燃料としてＣＷＰを燃焼させる加圧流動層ボイラ１で発生した燃焼排ガスG_1にアンモニアを注入して燃焼排ガスG_1中の窒素酸化物を低減して低減処理排ガスG_2とし、更にこの低減処理排ガスG_2にアンモニアを注入し脱硝触媒（触媒）を有する脱硝触媒装置１１で低減処理排ガスG_2の窒素酸化物を除去し、触媒通過排ガスG_3として系外に排出するものである。そして、燃焼排ガスG_1にアンモニアを注入する注入位置I_1より上流側で燃焼排ガスG_1の窒素酸化物濃度を計測する火炉出口ＮＯｘ濃度計測装置２１を有し、このＮＯｘ濃度計測装置２１で計測した窒素酸化物濃度による制御信号c_0に基づいて燃焼排ガスG_1に注入するアンモニア注入量を制御する第１のアンモニア注入制御手段３１を備えている。

【００４３】

更に、低減処理排ガスG_2にアンモニアを注入する注入位置I_2より上流側に低減処理排ガスG_2の窒素酸化物濃度を計測する有触媒入口ＮＯｘ濃度計測装置２２ａ及びアンモニア濃度を計測する有触媒入口NH_3濃度計測装置２２ｂが設置され、これらの計測装置で計測した窒素酸化物濃度及びアンモニア濃度の計測信号i_2、i_3から演算された制御信号c_1に基づいて低減処理排ガスG_2に注入するアンモニア注入量を制御する第２のアンモニア注入制御手段３２を備えている。

【００４４】

そして、第１実施形態の排ガスの脱硝装置において、第１のアンモニア注入制御手段３１は、火炉出口ＮＯｘ濃度計測装置２１によって火炉出口ＮＯｘ濃度を計測し、この計測信号によってアンモニア必要量が計算された後、制御信号c_0を無触媒アンモニア流量調整弁２０に送って制御する。制御信号c_0を受けた無触媒アンモニア流量調整弁２０は、触媒脱硝と共用されるアンモニア気化器１５から必要量のアンモニアを火炉出口配管７内の圧力以上に昇圧する無触媒アンモニア昇圧ファン（コンプレッサ）１６に送る。無触媒アンモニア昇圧ファン１６から送られたアンモニアは、混合器３０においてアンモニア希釈空気１７を混合され無触媒アンモニアノズル１８より火炉出口配管７内に注入される。

【００４５】

注入されたアンモニアは、火炉出口配管７内の排ガス中に拡散し気相還元反応によりＮＯｘを低減すると同時に熱分解を起こしながらガスタービン８を経て触媒脱硝装置１１入口まで到達する。このときのＮＯｘ濃度及びアンモニア濃度をＮＯｘ濃度計測装置２２ａ及びNH_3濃度計測装置２２ｂにて計測し、その計測信号i_2、i_3を触媒層入口NH_3注入量演算装置２５に取り込み、触媒脱硝で必要とする注入アンモニア量を演算し、演算された制御信号c_1を有触媒アンモニア流量調整弁１９に送って制御し、この有触媒アンモニア流量調整弁１９から送られたアンモニアをアンモニア希釈空気１４で希釈し、有触媒アンモニア注入ノズル１３より注入する。

【００４６】

触媒脱硝装置１１入口でのＮＯｘは、触媒により更に除去され、無触媒脱硝の第１のアンモニア注入手段３１と組み合わせることで脱硝触媒のみで行なう脱硝効率の限界値を結果的にさらに向上させることになる。又、無触媒脱硝でのリークアンモニアを有触媒脱硝で有効利用することから煙突から排出されるアンモニア濃度も最小とすることが出来る。消費するアンモニアは常に注入位置の上流側のＮＯｘ濃度に必要な最小限に過剰な量とすることが出来るので、アンモニア消費量を最小とすることが出来る。

【００４７】

図２は、第２実施形態を示す系統図である。第２実施形態の排ガスの脱硝装置は、上記第２のアンモニア注入制御手段３２に、触媒脱硝装置１１を通過した触媒通過排ガスG_3の窒素酸化物濃度を計測する有触媒出口ＮＯｘ濃度計測装置２４ａを有し、この有触媒出口ＮＯｘ濃度計測装置２４ａで計測した窒素酸化物濃度の計測信号i_4で、先に計測した低減処理排ガスG_2の窒素酸化物濃度及びアンモニア濃度の計測信号i_2、i_3から演算された制御信号c_1を触媒層入口NH_3注入量補正演算装置２６で補正して制御信号c_2を有触媒アンモニア流量調整弁１９に送って制御し、有触媒アンモニア注入ノズル１３よりアンモニアを低減処理排ガスG_2に注入、制御する。出口ＮＯｘ濃度が設定又は規制ＮＯｘ濃度値より小さくなるように補正する。

【００４８】

図３は、第３実施形態を示す系統図である。第３実施形態の排ガスの脱硝装置は、上記第２のアンモニア注入制御手段３２に、触媒脱硝装置１１を通過した触媒通過排ガスG_3のアンモニア濃度を計測する有触媒出口NH_3濃度計測装置２４ｂを有し、この有触媒出口ＮＯｘ濃度計測装置２４ｂで計測したNH_3濃度の計測信号i_5で、先に計測した低減処理排ガスG_2の窒素酸化物濃度及びアンモニア濃度の計測信号i_2、i_3から演算された制御信号c_1を触媒層入口NH_3注入量補正演算装置２６で補正して制御信号c_3とし、制御信号c_3を有触媒アンモニア流量調整弁１９に送って制御し、低減処理排ガスG_2に注入するアンモニア注入量を制御する。出口NH_3濃度が設定濃度値より小さくなるように補正を

加え有触媒アンモニア流量調整弁１９を制御し有触媒アンモニア注入ノズル１３よりアンモニアを注入する。

【００４９】

図４は、第４実施形態を示す系統図である。第４実施形態の排ガスの脱硝装置は、触媒通過排ガスG_3の窒素酸化物濃度が予め設定された濃度範囲に収まるように制御する第３のアンモニア注入制御手段３３を備えている。第３のアンモニア注入制御手段３３は、触媒脱硝装置１１を通過した触媒通過排ガスG_3の窒素酸化物濃度を計測する有触媒出口ＮＯｘ濃度計測装置２４ａを有し、この有触媒出口ＮＯｘ濃度計測装置２４ａで計測した窒素酸化物濃度の計測信号i_4を触媒層入口NH_3注入演算装置２７に入力し、この触媒層入口NH_3注入演算装置２７から演算された制御信号c_4に基づいて、有触媒アンモニア流量調整弁１９を制御して低減処理排ガスG_2にアンモニアを注入する。

【００５０】

更に、第４実施形態の排ガスの脱硝装置において、火炉出口配管７の気相還元脱硝部に注入するアンモニアは、第１のアンモニア注入手段３１で注入する。一方、触媒脱硝装置１１入口部に注入するアンモニアは、触媒脱硝装置１１出口ＮＯｘ濃度を計測して、その値が設定した濃度範囲以内になるように第３のアンモニア注入制御手段３３で注入する。触媒脱硝装置１１出口ＮＯｘ濃度が設定値以下になるということは、アンモニアが過剰の状態であることを示し、アンモニアが流出している可能性があることを示す。逆に、触媒脱硝装置１１出口ＮＯｘ濃度が設定値以上になるということは、アンモニアは反応に使用され流出の心配がなくなるが、ＮＯｘは系外に流出することになる。従って、有触媒出口ＮＯｘ濃度計測装置２４ａにより計測したＮＯｘ濃度が、設定上限及び下限の範囲内の値になるように有触媒アンモニア注入ノズル１３からのアンモニア注入量を制御することにより、ＮＯｘ及びNH_3の排出を低減させることが出来る。この場合、有触媒出口ＮＯｘ濃度計測装置２４ａだけで、上記の効果を発揮させ得るので、ＮＯｘ計測装置及びNH_3計測装置を多くいらない。

【００５１】

図５は、第５実施形態を示す系統図である。第５実施形態の排ガスの脱硝装置は、触媒通過排ガスG_3のアンモニア濃度が予め設定された濃度範囲に収まるように制御する第４のアンモニア注入制御手段３４を備えている。第４のアンモニア注入制御手段３４は、触媒脱硝装置１１を通過した触媒通過排ガスG_3のアンモニア濃度を計測する有触媒出口NH_3濃度計測装置２４ｂを有し、この有触媒出口NH_3濃度計測装置２４ｂで計測したアンモニア濃度の計測信号i_5を触媒層入口NH_3注入演算装置２７に入力し、この触媒層入口NH_3注入演算装置２７から演算された制御信号c_5に基づいて、有触媒アンモニア流量調整弁１９を制御して低減処理排ガスG_2にアンモニアを注入する。

【００５２】

更に、第５実施形態の排ガスの脱硝装置において、火炉出口配管７の気相還元脱硝部に注入するアンモニアは、第１のアンモニア注入手段３１で注入する。一方、触媒脱硝装置１１入口部に注入するアンモニアは、触媒脱硝装置１１出口NH_3濃度を計測して、その値が設定した濃度範囲以内になるように第４のアンモニア注入制御手段３４で注入する。触媒脱硝装置１１出口NH_3濃度が設定値以下になるということは、ＮＯｘが過剰の状態であることを示し、ＮＯｘが流出している可能性があることを示す。逆に、触媒脱硝装置１１出口NH_3濃度が設定値以上になるということは、ＮＯｘは反応に使用され流出の心配が無くなるが、NH_3は系外に流出することになる。従って、有触媒出口NH_3濃度計測装置２４ｂにより計測したNH_3濃度が、設定上限及び下限の範囲内の値になるように有触媒アンモニア注入ノズル１３からのアンモニア注入量を制御することにより、ＮＯｘ及びNH_3の流出を低減させることが出来る。この場合、有触媒出口NH_3濃度計測装置２４ｂだけで、上記効果を発揮させ得るので、ＮＯｘ計測装置及びNH_3計測装置を多くいらない。

【００５３】

図６は、第６実施形態を示す系統図である。第６実施形態の排ガスの脱硝装置は、ＣＷＰ

の燃料を燃焼させる加圧流動層ボイラ１にかかる負荷の負荷信号ｆに応じて燃焼排ガスG_1に注入するアンモニア注入量を制御する第５のアンモニア注入制御手段３５を備えている。更に、触媒脱硝装置１１の出口のＮＯｘ濃度を計測し、触媒脱硝装置１１の入口のアンモニア注入位置I_2でのアンモニア注入量を制御する第３のアンモニア注入制御手段３３を備えている。

【００５４】

第１～５実施形態の排ガスの脱硝装置は、火炉出口に注入するアンモニア量を加圧流動層ボイラ火炉出口配管７のアンモニア注入位置より上流側に火炉出口ＮＯｘ濃度計測装置を設置して、このＮＯｘ計測装置の計測信号c_0に応じて加圧流動層ボイラ出口煙道へのアンモニア注入量を制御するが、第６実施形態の排ガスの脱硝装置は、加圧流動層ボイラの運転条件を負荷によって一定のパターンに固定して運転する場合は、ＮＯｘ濃度を計測しなくても、注入するアンモニア量を負荷と相関させた制御関数として予め設定し、負荷信号ｆにより、気相還元脱硝部に注入するアンモニア量を制御する。

【００５５】

図７は、第７実施形態を示す系統図である。第７実施形態の排ガスの脱硝装置は、第６実施形態の排ガスの脱硝装置と同様にＣＷＰの燃料を燃焼させる加圧流動層ボイラ１にかかる負荷の負荷信号ｆに応じて燃焼排ガスG_1に注入するアンモニア注入量を制御する第５のアンモニア注入制御手段３５を備えているが、第６実施形態の排ガスの脱硝装置における触媒脱硝装置１１の出口のＮＯｘ濃度を計測する有触媒出口ＮＯｘ計測装置２４ａの代わりに有触媒出口NH_3計測装置２４ｂを有する第４のアンモニア注入制御手段３４を備えている。

【００５６】

第６実施形態の排ガスの脱硝装置と同様に、第７実施形態の排ガスの脱硝装置は、加圧流動層ボイラの運転条件を負荷によって一定のパターンに固定して運転する場合は、ＮＯｘ濃度を計測しなくても、注入するアンモニア量を負荷と相関させた制御関数として予め設定し、負荷信号ｆにより、気相還元脱硝部に注入するアンモニア量を制御する。

【００５７】

【発明の効果】

本発明の排ガスの脱硝装置によれば、外部に排出される窒素酸化物濃度を環境規制値以下に維持すると共に、排ガスの脱硝に使用するアンモニア量と外部に排出される漏洩アンモニア量を最小にする。

【図面の簡単な説明】

【図１】加圧流動層ボイラを利用した発電装置に使用された本発明に係る排ガスの脱硝装置の第１実施形態を示す系統図である。

【図２】第２実施形態を示す系統図である。

【図３】第３実施形態を示す系統図である。

【図４】第４実施形態を示す系統図である。

【図５】第５実施形態を示す系統図である。

【図６】第６実施形態を示す系統図である。

【図７】第７実施形態を示す系統図である。

【図８】加圧流動層ボイラ排ガスの無触媒脱硝におけるNH_3／ＮＯｘモル比とＮＯｘ濃度、注入NH_3の関係曲線図である。

【図９】加圧流動層ボイラ排ガスの触媒脱硝における運転負荷とＮＯｘ濃度、残留NH_3濃度、有触媒入口NH_3濃度の関係曲線図である。

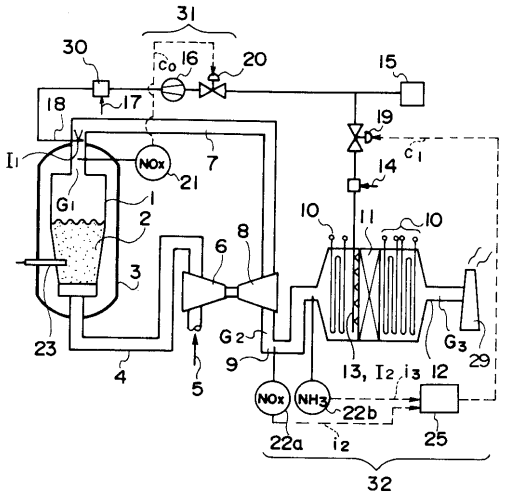
【図１０】加圧流動層ボイラを利用した発電装置に使用された従来の排ガスの脱硝装置の一例を示す系統図である。

【図１１】ボイラ燃焼装置に使用された従来の別の排ガスの脱硝装置の例を示す系統図である。

【図１２】加圧流動層ボイラを利用した発電装置に使用された従来の更に別の排ガスの脱硝装置の例を示す系統図である。

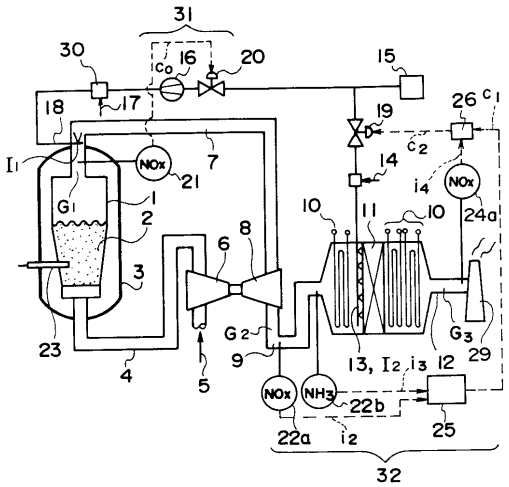
【符号の説明】
３１　第１のアンモニア注入手段
３２　第２のアンモニア注入手段
３３　第３のアンモニア注入手段
３４　第４のアンモニア注入手段
３５　第５のアンモニア注入手段
I_1、I_2　注入位置
i_2～i_5　計測信号
c_0～c_5　制御信号
ｆ　負荷信号
G_1　燃焼排ガス
G_2　低減処理排ガス
G_3　触媒通過排ガス

【図１】

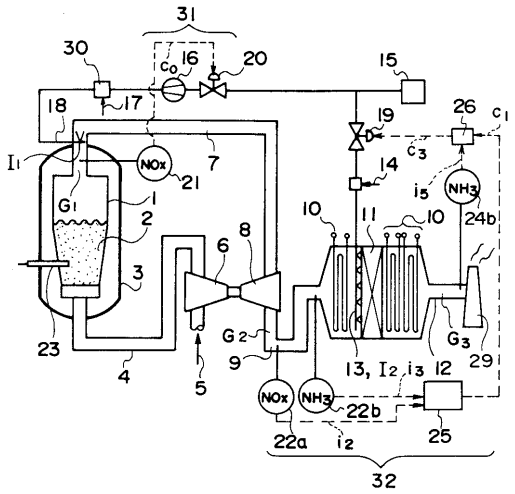


31：第１のアンモニア注入制御手段
32：第２のアンモニア注入制御手段
c_1：制御信号
i_1～i_3：計測信号
G1：燃焼排ガス
G2：低減処理排ガス
G3：触媒通過排ガス

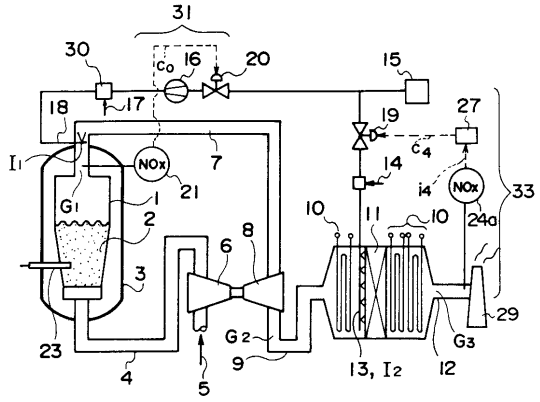
【図２】



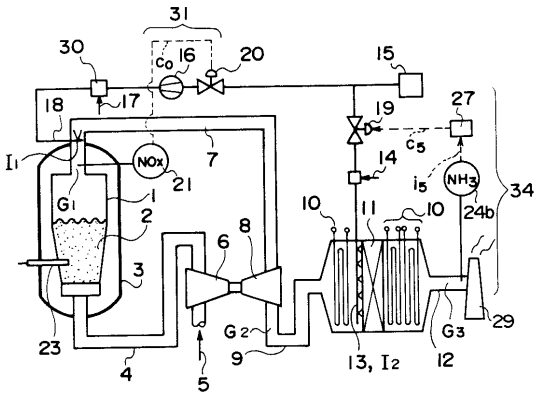
【図３】



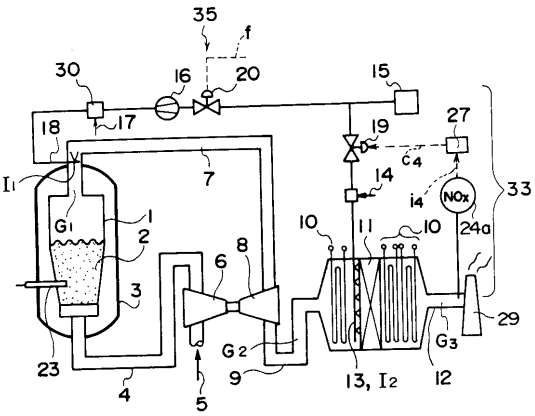
【図４】



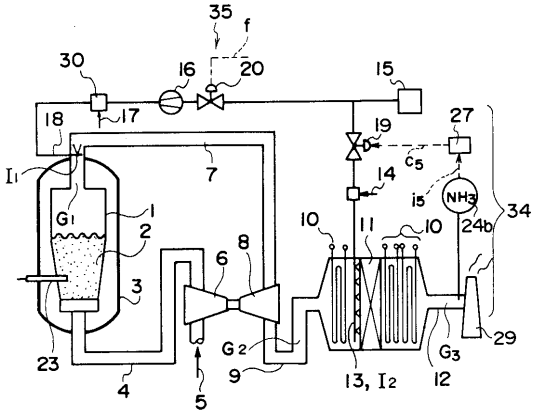
【図５】



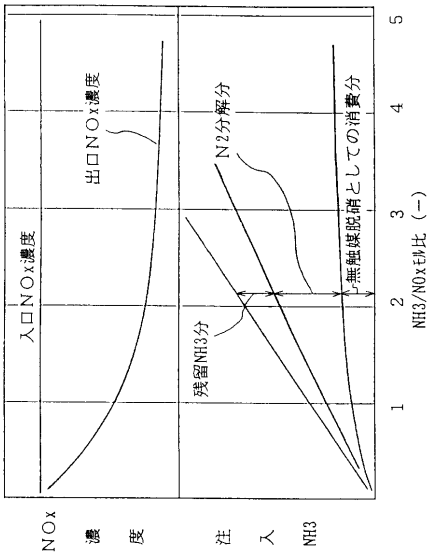
【図６】



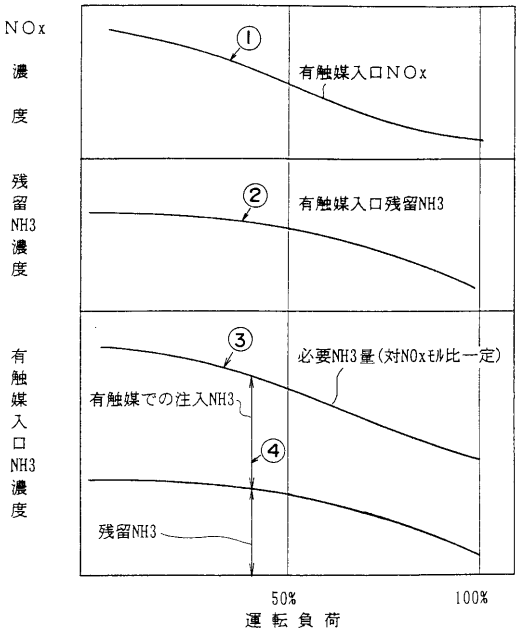
【図７】



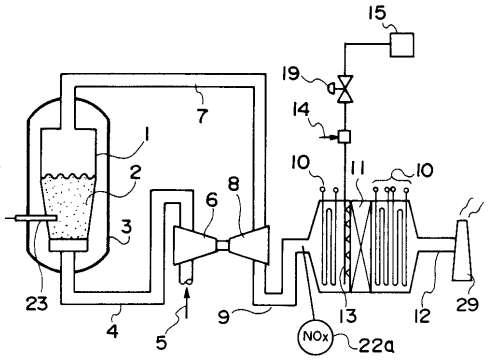
【図８】



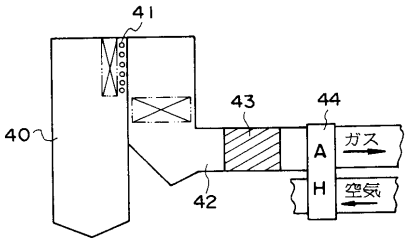
【図９】



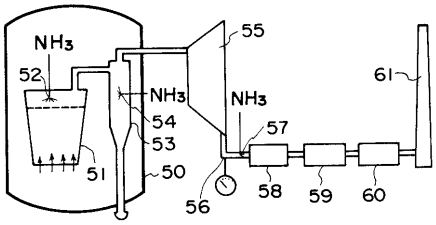
【図１０】



【図１１】



【図１２】



フロントページの続き

(72)発明者　岩瀬　徹哉
広島県呉市宝町６番９号　バブコック日立株式会社　呉工場内
(72)発明者　近藤　直之
広島県呉市宝町６番９号　バブコック日立株式会社　呉工場内
(72)発明者　森　喜通
広島県呉市宝町６番９号　バブコック日立株式会社　呉工場内

審査官　小川　慶子

(56)参考文献　特表平５－５０４２９０（ＪＰ，Ａ）
特開昭５３－１４６９６８（ＪＰ，Ａ）
特開昭６１－１５３１２４（ＪＰ，Ａ）
特開昭５７－４８３３２（ＪＰ，Ａ）
特開平７－４９１１２（ＪＰ，Ａ）
特開平８－２９９７５７（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
B01D 53/34-53/96