

(57)要約

本発明は、排ガス中のCO、NOx濃度及びダイオキシン等を低減することを目的とした、ゴミ焼却炉の燃焼制御方法である。そのための、主煙道温度計14、O₂濃度計16、CO濃度計17、後燃焼火格子下気圧計18aなどの測定値に基づき、後燃焼火格子3c上のごみの状態を判断し、温度不足、空気不足あるいは燃料不足の状態に陥る傾向をいち早く判断し、後燃焼火格子3cへの空気量又は後燃焼火格子3cへの空気量と後燃焼火格子の動速度を制御する。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード(参考情報)

AL	アルバニア	FI	フィンランド	LR	リベリア	SK	スロヴァキア
AM	アルメニア	FR	フランス	LS	レソト	SL	シエラ・レオネ
AT	オーストリア	GA	ガボン	LT	リトアニア	SN	セネガル
AU	オーストラリア	GB	英国	LU	ルクセンブルグ	SZ	スワジランド
AZ	アゼルバイジャン	GD	グレナダ	LV	ラトヴィア	TD	チャード
BA	ボスニア・ヘルツェゴビナ	GE	グルジア	MC	モナコ	TG	トーゴ
BB	バルバドス	GH	ガーナ	MD	モルドヴァ	TJ	タジキスタン
BE	ベルギー	GM	ガンビア	MG	マダガスカル	TM	トルクメニスタン
BF	ブルキナ・ファソ	GN	ギニア	MK	マケドニア旧ユーゴスラヴィア 共和国	TR	トルコ
BG	ブルガリア	GW	ギニア・ビサオ	ML	マリ	TT	トリニダード・トバゴ
BJ	ベナン	GR	ギリシャ	MN	モンゴル	UA	ウクライナ
BR	ブラジル	HR	クロアチア	MR	モーリタニア	UG	ウガンダ
BY	ベラルーシ	HU	ハンガリー	MW	マラウイ	US	米国
CA	カナダ	ID	インドネシア	MX	メキシコ	UZ	ウズベキスタン
CF	中央アフリカ	IE	アイルランド	NE	ニジェール	VN	ヴェトナム
CG	コンゴ	IL	イスラエル	NL	オランダ	YU	ユーゴスラビア
CH	スイス	IS	アイスランド	NO	ノールウェー	ZW	ジンバブエ
CI	コートジボアール	IT	イタリア	NZ	ニュージーランド		
CM	カメルーン	JP	日本	PL	ポーランド		
CN	中国	KE	ケニア	PT	ポルトガル		
CU	キューバ	KG	キルギスタン	RO	ルーマニア		
CY	キプロス	KP	北朝鮮	RU	ロシア		
CZ	チェッコ	KR	韓国	SD	スーダン		
DE	ドイツ	KZ	カザフスタン	SE	スウェーデン		
DK	デンマーク	LC	セントルシア	SG	シンガポール		
EE	エストニア	LI	リヒテンシュタイン	SI	スロヴェニア		
ES	スペイン	LK	スリ・ランカ				

明細書
ごみ焼却炉の燃焼制御方法及びその装置

〔技術分野〕

本発明は、火格子式ごみ焼却炉の燃焼制御方法及びそのための装置に関する。

〔背景技術〕

都市ごみ焼却炉は、社会生活において排出される様々な廃棄物を処理するという重要な役割を担っている。これに加え、ごみの燃焼により発生する熱を利用して蒸気発電を行う等、ごみエネルギーの有効な活用が図られている。

ごみ焼却炉では、ごみはクレーンによって数十分の間隔で間欠的にホッパに投入され一時的に貯留される。そして、このホッパの下にフィーダを兼ねた乾燥火格子がありごみは炉内に一定の供給量で送り込まれる。送り込まれたごみは数段の火格子上で各火格子の下から吹き込まれる一次空気によって燃焼し、炉の後方では灰となり排出される。これらの火格子の最終段が後燃焼火格子である。

一方、燃焼帯の上方には二次空気が吹き込まれ、未燃焼成分を酸化するとともに炉の過熱を防ぐ。二次空気は直接炉出口へ向かわず燃焼ガスと良く混ざるように、吹き込み口上方に隔壁が設けられている。燃焼ガスはこの隔壁を迂回して炉の上方へ向かうが、隔壁の炉前方側の迂回路は副煙道、後方側の迂回路は主煙道と呼ばれている。両煙道を通った燃焼ガスは隔壁上方の混合室で合わさる。混合室の狙いは前方の燃焼ガス中の未燃焼成分を更に除くことにあり、二次燃焼室とも呼ばれる。炉の後方即ち後燃焼火格子で発生した燃焼ガスは殆どが主煙道を通って混合室に入る。混合室を出たガスは炉出口にある熱交換器を通して、保有するエネルギーを回収された後に排気される。

このようなごみ焼却炉で、一般には、炉内へのごみの送り速度や空気量或いは排ガス温度、排ガス成分等は、ごみをホッパに投入する度にこれらの基準値を定め、それによって制御されて来た。

中でも、近年では焼却量の増加に伴い、排ガス成分特に有害成分例えばダイオキシン類やCO等の発生を抑制することが益々重要な課題となり、これらの厳密な制御が必要になってきている。

そのために、高温状態（800℃以上）で燃焼ガスが長い時間滞留するようにするとともに、煙道や混合室においても燃焼により発生したガスを空気と十分に混合し完全燃焼させることを期している。

そして、これらの条件が満たされるように、ごみ投入時の基準値の設定に加えて、排ガス中未燃焼成分を代表するCO濃度を目安とし、その濃度を抑制するよう管理されている。

従来、その管理方法として、炉内の排ガス中のCO濃度もしくはO₂濃度を測定し、測定した値に基づいて主として二次燃焼室に吹き込む二次空気量を制御して未燃焼成分の完全燃焼を図り、補助的に一次空気量を調整することが提案されている。例えば、特開平5-248618号公報には、後燃焼帯側の燃焼ガス温度を基準温度に維持するように二次空気量をコントロールし、それでも基準温度以下の場合に、後燃焼帯側の燃焼ガス中のO₂濃度を測定し、O₂が過剰なときに一次空気を減らして、CO濃度を制御する方法が記載されている。

しかしながら、ごみの性状や成分は一定しておらず、後燃焼火格子に達したごみは、既に灰になっている場合もあれば、反対に未燃ごみを多く含んでいる場合もある。しかも、このようなごみの状態は徐々に移行するとは限らず、急激に移行することも珍しくない。

例えば、燃え易いごみに続いて燃え難いごみが炉内に送り込まれた場合、後燃焼火格子上の堆積物は灰を主体とするものから未燃ごみの多いものになる。未燃ごみが多いと、後燃焼帯側の燃焼ガス温度は高くなるが、燃焼に必要な空気が不足してCO等未燃焼成分が発生する。このような場合、後燃焼火格子に供給する一次空気の量即ち後燃焼空気量を増やし未燃ごみの燃焼を促進しなければ、後燃焼火格子上の未燃ごみを完全に灰にすることはできない。この場合、未燃焼成分の完全燃焼を二次空気に頼るだけでは、根本的解決にならない。

このように、従来は、後燃焼火格子上の堆積物の状態に応じて燃焼条件を制御し、排ガス中のCO等未燃焼成分を抑制することができなかった。

従って、本発明は、後燃焼火格子上の堆積物の状態に燃焼条件を適応させることによって、一次燃焼での完全燃焼を図り、排ガス中のCO等未燃焼成分を抑制することを目的とする。

また、近年、廃棄物であるごみの焼却処理によって発生する排ガス中の NO_x 濃度及びダイオキシンと相関が高いと言われている CO 濃度を低減することが重要な課題となっている。そのため、 NO_x 濃度を低減するために、アンモニアを用いた無触媒脱硝、触媒脱硝法又は炉内に水を噴霧する方法が取られている。一方、 CO 濃度を低減するためには次のような各要素を管理する運転方法が取られている。

- ① 800°C 以上の排ガス温度を維持する。
- ② 高温状態で排ガスの長い滞留時間を確保する。
- ③ 煙道において排ガスが十分攪拌される。

炉内水噴霧は、本来、ごみの成分の変動によって炉内の燃焼温度が高くなった場合に、灰が溶融して炉壁にクリンカとして付着することを防止するために、燃焼温度を下げる目的で使われている。

NO_x 及び CO のそれぞれを低減するための運転方法として、水噴霧を操作する方法が取り入れられている。例えば、具体的な方法として、特開昭60-162116号公報においては、炉内水噴霧によって燃焼ごみの温度を上げずに燃焼させることによって NO_x を低減し、水をジェット状に噴霧することで排ガスの混合性を増やしてガスを CO 濃度の低減する方法が提案されている。

焼却炉のホッパに投入されたごみの性状や成分は一定していない。したがって、ホッパ内のごみが炉内に供給された場合には、ごみの供給熱量は一定化しないために、ごみの燃焼によって発生した排ガス温度は変動し、 CO 等の未燃ガスや NO_x の発生につながるという問題がある。しかも、排ガス中の CO 等の未燃成分と NO_x とを同時に低減することは難しい問題とされてきた。排ガス中の CO 等の未燃成分を完全燃焼させるために、炉内の温度を高温に維持すると、 NO_x 濃度が増加し、しかも、灰が溶融して壁にクリンカとして付着するという問題がある。一方、 NO_x 濃度を低減するために、炉内水噴霧でごみの燃焼温度を下げると、炉内の温度が下がり排ガス中の CO 等の未燃成分が発生し易くなる。

このようなことから、従来の制御方法では、水と圧縮空気によるジェット噴流を増やすことによって混合性を改善することで未燃成分を低減している。しかし、図7の NO_x 濃度と炉室への空気噴射量との関係を示した特性図に示されるよ

うに、炉室への空気噴射量が増えると NO_x 濃度が増加するという問題につながる。また、従来の制御方法では、炉出口温度が予め設定された上限設定値に達したときに水量を操作しているため、ごみ質などの細かい燃焼変化に対して十分な精度で制御することができないという問題がある。

従って、本発明はまた、炉内温度の安定化及び排ガス中の NO_x 、 CO の低減化を可能にしたごみ焼却炉の排ガス中の NO_x と未燃成分の抑制方法を提供することも目的とする。

CO 濃度を低減するための別の運転方法として、二次燃焼空気量を操作する方法もある。例えば、具体的な方法として、特開平7-332642号公報では、炉出口温度及び排ガス中の酸素濃度を測定し、それぞれの測定値が目標値に維持されるように二次燃焼空気量を操作することにより、ごみの完全燃焼をより促進させて排ガス中の CO 濃度を低減する方法が取られている。

図8の炉出口温度と CO 濃度及び NO_x 濃度との関係を示した特性図に示されるように、排ガス中の CO 等の未燃成分を完全燃焼させるために、炉出口温度を高温に維持すると、 CO 濃度は低減されるが、 NO_x 濃度が増加してしまう。また、図21の二次燃焼空気量と CO 濃度、 NO_x 濃度及び炉出口温度との関係を示した特性図に示されるように、二次燃焼空気を増やすと NO_x 濃度が増加するため、燃焼状態によっては完全燃焼させるために、過度の二次燃焼空気が供給されると NO_x 濃度が増加するという問題がある。一方、 NO_x 濃度を低減するために、炉内への水噴霧量を増やして燃焼温度を下げると、図22の水噴霧量と炉出口温度との特性図に示されるように炉出口温度が下がり、従って排ガス中の CO 等の未燃成分が発生し易くなる。

そのため、二次燃焼空気量を操作することにより排ガス中の CO 等の未燃成分のみを低減することを目的とした従来の制御方法では、同時に NO_x 濃度も低減させることには限界がある。また、排ガス中のダイオキシンの計測結果は、4時間吸引した排ガスを分析することによって得られる。従って、炉内の燃焼状態が頻繁に変化しても、4時間の排ガス吸引は長時間であり、排ガス吸引中のどの時点の燃焼状態変化が最もダイオキシン発生に寄与しているかを明確につかむことができないという問題がある。

従って、本発明はまた、排ガス中の NO_x と CO 、ダイオキシン類等の未燃成分とを同時に低減できるようにしたごみ焼却炉の排ガス中の NO_x 及び未燃成分の抑制方法を提供することも目的とする。

また、火格子式ごみ焼却炉では、火格子から送り込まれる一次燃焼空気と、炉出口近傍に送り込まれる二次燃焼空気とによって、都市ごみの焼却が行われている。このようなごみ焼却炉の自動燃焼制御装置では、排ガス中の有害物質である CO 濃度の低減を指標とした、二次燃焼空気量の制御が行われている。具体的には、二次燃焼域の未燃成分を完全に燃焼させるために、炉出口温度や、排ガス中の O_2 、 CO 濃度をガス分析計により計測して、これらのデータを制御装置に入力してフィードバック制御し、二次燃焼空気の供給量を調整して、二次燃焼域の温度を高温に保ち、適度な O_2 濃度を維持している。

このような二次燃焼空気量の調整による CO 濃度低減は、環境汚染が問題となっているダイオキシン類の濃度の低減にも有効であるとされていた。すなわち、ダイオキシン類の計測には高価な分析装置と高度な技術が必要であり、それ自体をモニタリングすることができない。従って、代替策として未燃ガスの代表的指標であってダイオキシン類と相関がある CO 濃度のモニタリングが有効であると考えられていた。

図43は、特開平4-324015号公報に開示された焼却炉である。同図の焼却炉330は燃焼室331と二次燃焼室332とから構成され、一次燃焼空気は送風ブロワ335を介して火格子336の下方から燃焼室331内に直接供給され、二次燃焼空気は送風ブロワ337からノズル338を経て二次燃焼室332に供給されている。煙道334の入り口の二次燃焼室332に CO 検出手段(CO 濃度計)333が設けられ、 CO 検出手段333からの出力が制御装置340に入力され、その計測結果に基づいて、二次燃焼室332に完全燃焼に必要な O_2 量を維持するために、二次燃焼空気量の過不足量が算出されて、それに応じて二次燃焼空気量と吹き込み温度が操作されている。

そして、二次燃焼室における適正な量の O_2 を供給して、 CO の発生が抑制され、燃焼による反応熱量が増加し、炉内の雰囲気温度が上昇して、高い燃焼ガス温度が維持されるので、ダイオキシン類の生成を抑制することができる。最近で

は、計測技術の発達により、ダイオキシン類の前駆体である、クロロベンゼン類やクロロフェノール類の検出が可能な半連続分析計が開発されている。なお、クロロベンゼン類、クロロフェノール類の半連続分析計は、特開平5-312796号公報に開示されている。

しかしながら、この様な従来の焼却炉では、一面的にしか燃焼状態を推定できない問題がある。例えば、CO濃度計や熱画像からの判断では、CO発生時の状態が酸欠によるものか、あるいは酸素過多による温度低下によるものかの判別は難しい。

また、CO濃度とダイオキシン類濃度の相関性は、CO濃度が50ppm以下の低濃度領域では良好でないので、厳密にダイオキシン類の濃度を低減することはできない欠点がある。従って、ダイオキシン類の生成を抑制する目的で、CO濃度を代替指標とするのはあまり好ましいものではない。

従って、本発明はまた、排ガス中のダイオキシン類前駆物質を検出して、ダイオキシン類の生成を抑制することができるごみ焼却炉の燃焼制御方法およびその装置を提供することを目的とする。

さらに、ボイラ蒸気発生量、炉出口温度、排ガス中のCO濃度、O₂濃度、NO_x濃度の計測値を取り入れることで、多面的な燃焼状態を把握しながらNO_x、COの発生を抑制でき、かつ排ガス中のダイオキシン類前駆物質の濃度を低減するように燃焼制御することで、ダイオキシン類の生成が抑制できるごみ焼却炉の燃焼制御方法およびその装置を提供することも目的とする。

[発明の開示]

上記目的のを達成するため、本発明は、以下のような各構成を採用する。

(1) 第1の態様に係る発明は、焼却炉の主煙道温度又は主煙道温度と排ガス中O₂濃度、排ガス中CO濃度若しくは後燃焼火格子上下の圧力差の一つ以上を測定し、各々の測定値を周期的に各々の基準値と比較し、この比較結果に基づいて、後燃焼火格子への空気量である後燃焼空気量、又は後燃焼空気量とごみの搬送量を決定する後燃焼火格子の移動速度を制御する。

後燃焼火格子上でごみが燃焼し発生した燃焼ガスは、二次空気の一部と混ざり

主煙道を通して混合室に導かれる。したがって、主煙道温度は後燃焼火格子上の燃焼状態を反映する。このため、主煙道温度を測定し測定値を基準値と比較することによって、後燃焼火格子上のごみの燃焼状態を把握することができる。そして、把握された燃焼状態に基づいて後燃焼空気量を制御することによって、後燃焼火格子上でゴミを完全に灰化し未燃焼成分の発生を抑制することができる。

主煙道温度の他に測定されるものとして、排ガス中の O_2 濃度や CO 濃度更に後燃焼火格子上下の圧力差等がある。排ガス中の O_2 濃度や CO 濃度は、後燃焼火格子上のごみの燃焼状態を反映し、後燃焼火格子上下の圧力差は後燃焼火格子上のごみの量を反映する。したがって、主煙道温度の測定に加えて、排ガス中の O_2 濃度又は CO 濃度を測定すると、主煙道温度の測定情報に加えて空気量の過不足、又は未燃焼成分についての直接的情報が得られるので、後燃焼火格子上のごみの燃焼状態をより高い精度で把握することができ、後燃焼空気量の制御をより適切に行うことができる。即ち、主煙道温度の過不足値に加え、排ガス中成分の適正值からの隔たり量を用いて制御することができる。

後燃焼空気量の他に制御されるものとして、ゴミの移動量を決定する後燃焼火格子の動速度がある。ゴミの燃焼状態は、空気量の他に送り込まれるゴミの量によっても変わる。このため、後燃焼空気量を制御するとともにこの後燃焼火格子速度を制御しゴミ量を調整すると、ゴミの燃焼状態がより速やかに適切に調整される。

測定を周期的に行うことによって、常に後燃焼火格子上のごみの燃焼状態を監視することになり、異常状態につながる可能性がある僅かな変化を捉え事前に後燃焼火格子速度を調節することができる。特に、非常に燃え易いゴミや反対に燃え難いゴミが火格子上に来た場合の急激な変化に対処することができる。そして、測定の周期が短ければ短いほど制御頻度が高くなり、きめ細かな制御が可能となる。

(2) 第2の態様に係る発明は、焼却炉の主煙道温度を測定し、この主煙道温度が基準温度に達しないときは後燃焼空気量を減らし、主煙道温度が基準温度を超えときは後燃焼空気量を増やし、ゴミ焼却炉排ガス中未燃焼成分を抑制する。

後燃焼火格子上の堆積物には一般に灰が多いが、特に急激に未燃ゴミが少なく

灰が多い状態に移行した場合、ごみ量に対して後燃焼空気量が過剰になる。その程度が大きいと後燃焼火格子上では堆積物が冷えて温度不足状態となり、未燃ごみの着火が順調に進まず不完全燃焼状態となる。この状態では、主煙道温度は通常よりも低下する。

このように、主煙道温度の低下によって、後燃焼火格子上の温度不足状態が検知される。そして、後燃焼火格子上では、未燃ごみが不完全燃焼状態で、未燃焼成分が発生していることが推定される。

主煙道温度と排ガス中CO濃度との関係を調べた結果を図2に示す。これは、後燃焼空気量が基準量で操業されている状態で、主煙道温度及び排ガス中CO濃度を同時に測定した結果である。(a)は主煙道温度の時間的变化を示し、(b)は排ガス中CO濃度の時間的变化を示す。

主煙道温度は測定開始から2時間足らずのとき及び4時間目の直ぐ前と直ぐ後とで一時的に下がっているが、これに呼応して排ガス中CO濃度も一時的に高くなっている。即ち、主煙道温度が通常よりも低下したとき、未燃焼成分が発生している。これは、後燃焼火格子上には未燃ごみが存在し、基準量の後燃焼空気量は吹き込まれているが、燃焼に必要な三要素のうち温度が不足して不完全燃焼状態となっていることを意味する。

後燃焼火格子上では、その前の堆積物は殆ど灰であって温度が下がっており、そこへ急に未燃ごみが到着したが着火されない状態である。低い温度で吹き込まれる後燃焼空気は更に温度低下を助長するから、この状態では後燃焼空気は基準量であっても、冷却効果面で過剰量となる。

後燃焼空気量が過剰となり不完全燃焼状態となる様子は、図3に示される。図3で、(a)は後燃焼空気量の時間的变化を示し、(b)は同時に測定した排ガス中CO濃度を示す。測定開始時と、測定開始から約0.8時間後及び2.7時間後に後燃焼空気量は増えているが、これに呼応して排ガス中CO濃度も高くなっている。即ち、後燃焼空気量を過剰に増やしたときに排ガス中CO濃度が高くなり、この状態は後燃焼空気量が過剰状態を脱すると解消する。

このように、主煙道温度は後燃焼空気量が後燃焼火格子上の未燃ごみ量に対して過剰のときに低下し、このとき後燃焼火格子上は温度不足状態で未燃焼成分を

発生する。即ち、主煙道温度が基準温度より低い場合は、後燃焼空気量が後燃焼火格子上の未燃ごみ量に対して過剰で、このため後燃焼火格子上では温度が不足し未燃焼成分が発生する。従って、主煙道温度が基準温度よりも低い場合に後燃焼空気量を減らすと、温度低下が防がれ正常な燃焼に戻るため未燃焼成分の発生を減らすことができる。

後燃焼火格子では、前述したように、ごみの完全燃焼を期すので通常は理論量よりやや多めの空気を供給する。しかし、難燃焼性のごみが特に多いときなど、後燃焼火格子上に未燃ごみが基準量よりも過剰に残っていることがある。この状態では、供給される空気量に相当する未燃ごみは燃焼するので、通常よりも主煙道温度は高くなる。しかし、過剰分の未燃ごみの大半は酸素不足状態となりこれから未燃焼成分が発生する。即ち、主煙道温度が基準温度を超える場合は、後燃焼空気量が後燃焼火格子上のごみ量に対し不足し、このため後燃焼火格子上では燃焼に必要な三要素のうち酸素が不足して未燃焼成分が発生する。

このため、主煙道温度が基準温度を超える場合に後燃焼空気を増やすと、空気不足状態が解消し未燃焼成分の発生を減らすことができる。

(3) 第3の態様に係る発明は、焼却炉の主煙道温度と排ガス中のO₂濃度を測定し、主煙道温度が基準温度に達せずO₂濃度が基準値を超えるときは後燃焼空気量を減らし、主煙道温度が基準温度を超えO₂濃度が基準値に達しないときは後燃焼空気量を増やし、ごみ焼却炉排ガス中未燃焼成分を抑制する。

主煙道温度が基準温度より低い場合は、後燃焼空気量が後燃焼火格子上の未燃ごみ量に対して過剰で、このため後燃焼火格子上では温度が不足し未燃焼成分が発生する。そして、排ガス中O₂濃度が高いことによって、後燃焼空気量が後燃焼火格子上の未燃ごみ量に対して過剰であることが確認される。後燃焼空気量が過剰であれば未反応のO₂が燃焼ガス中に多く含まれ、排ガス中のO₂濃度が高くなるからである。したがって、主煙道温度が基準温度に達せずO₂濃度が基準値を超えるときに後燃焼空気量を減らすと、後燃焼火格子上の温度低下が防がれるので正常な燃焼に戻り、未燃焼成分の発生が減少する。

反対に、主煙道温度が基準値を超える場合は、後燃焼空気量が後燃焼火格子上のごみ量に対し不足し、このため後燃焼火格子上では酸素が不足して未燃焼成分

が発生する。

そして、排ガス中 O_2 濃度が低いことによって、後燃焼空気量が後燃焼火格子上の未燃ごみ量に対して不足していることが確認される。後燃焼空気量が不足すると未反応の O_2 はなくなり、排ガス中の O_2 濃度が低くなるからである。

したがって、主煙道温度が基準温度を超え O_2 濃度が基準値に達しないときに、後燃焼空気量を増やすと、空気量の不足状態が解消され未燃焼成分の発生を減らすことができる。

(4) 第4の態様に係る発明は、焼却炉の主煙道温度と排ガス中の CO 濃度を測定し、主煙道温度が基準温度以下で CO 濃度が基準値を超えるときは後燃焼空気量を減らし、主煙道温度が基準温度を超え CO 濃度が基準値を超えるときは後燃焼空気量を増やし、ごみ焼却炉排ガス中未燃焼成分を抑制する。

主煙道温度が基準温度より低い場合は、後燃焼空気量が後燃焼火格子上の未燃ごみ量に対して過剰で、このため後燃焼火格子上では温度が不足し未燃焼成分が発生する。

そして、 CO は未燃焼成分を代表するので、排ガス中 CO 濃度が高いことによって、後燃焼火格子上の堆積物は未燃焼状態であることが確認される。この CO は、後燃焼空気量が後燃焼火格子上の未燃ごみ量に対して過剰となって温度不足状態を来し、 CO_2 にまで酸化されない未燃焼の CO である。

したがって、主煙道温度が基準温度に達せず CO 濃度が基準値を超えるときに、後燃焼空気量を減らすと、後燃焼火格子上の温度低下が防がれるので正常な燃焼に戻り未燃焼成分の発生を減らすことができる。

反対に、主煙道温度が基準温度を越える場合は、後燃焼空気量が後燃焼火格子上の未燃ごみ量に対して不足し、このため後燃焼火格子上では酸素が不足して未燃焼成分が発生する。

排ガス中 CO 濃度が高いのは、後燃焼空気量が後燃焼火格子上の未燃ごみ量に対して不足し、後燃焼火格子上の堆積物に未燃焼状態が起きているからである。

したがって、主煙道温度が基準温度を超え CO 濃度が基準値を超えときに、後燃焼空気量を増やすと、空気量の不足状態が解消されるので未燃焼成分の発生を減らすことができる。

(5) 第5の態様に係る発明は、後燃焼空気量の制御を行うとともに、後燃焼火格子下の圧力と炉内圧力との差を測定し、これらの測定値を比較し、比較結果に基づいて後燃焼火格子速度を制御し、ごみ焼却炉排ガス中未燃焼成分を抑制する。

主煙道温度や排ガス中の O_2 濃度、 CO 濃度が後燃焼火格子の燃焼状態を反映するのに対して、後燃焼火格子下の圧力と炉内圧力との差は後燃焼火格子上下の圧力差であり、後燃焼火格子上の堆積物の量を反映する。

炉から燃焼中のガスが漏れないように、炉内の圧力は火格子の上方に設置された圧力計により測定され常に負圧にコントロールされている。この炉内圧力と後燃焼火格子下の圧力を比較すると、後燃焼火格子下には後燃焼空気が吹き込まれており、後燃焼火格子下の圧力は炉内圧力より高く、堆積物の気流抵抗が大きいほど後燃焼火格子下の圧力と炉内圧力との差（以下、単に圧力差と称す）は大きくなる。即ち、圧力差が小さい場合は、後燃焼火格子上の堆積物の大半が灰で体積が小さく、圧力差が大きい場合は、堆積物の大半が未燃ごみで体積が大きい。

後燃焼火格子上のごみの燃焼状態とともに堆積物中の未燃ごみの多寡を周期的に把握することによって、後燃焼空気量の制御に加えて後燃焼火格子速度も適切に制御することができる。例えば、ごみ量が過剰なときに後燃焼空気量を増やすだけでなく後燃焼火格子速度を減速すれば、未燃ごみ量は徐々に減少し且つ時間をかけて燃焼し尽くすことになる。

(6) 第6の態様に係る発明は、焼却炉の主煙道温度、後燃焼火格子下の圧力及び炉内圧力の差を測定し、主煙道温度が基準温度に達せず且つ後燃焼火格子下の圧力と炉内圧力の差が基準差に達しないときは後燃焼空気量を減らすとともに後燃焼火格子速度を増速し、主煙道温度が基準温度を超え且つ後燃焼火格子下の圧力と炉内圧力の差が基準差を超えるときは後燃焼空気量を増やすとともに後燃焼火格子速度を減速し、ごみ焼却炉排ガス中未燃焼成分を抑制する。

主煙道温度が低い場合は、後燃焼空気量が後燃焼火格子上の未燃ごみ量に対し過剰で、後燃焼火格子上は温度不足状態となり未燃焼成分が発生する。そして、圧力差が小さいことによって、後燃焼火格子の堆積物の大半が灰で未燃ごみ量が少ないことが判る。

従って、主煙道温度が基準温度に達せず圧力差が基準差に達しないときに、後燃焼空気量を減らすとともに後燃焼火格子速度を増速すると、温度低下が防がれるとともに燃料であるごみが補給され、正常な燃焼に戻る所以未燃焼成分の発生を減らすことができる。

反対に、主煙道温度が高い場合は、後燃焼空気量が後燃焼火格子上の未燃ごみ量に対し不足し、後燃焼火格子上では酸素不足状態となり未燃焼成分が発生する。そして、圧力差が大きい場合は、後燃焼火格子上の堆積物に未燃ごみ量が多く含まれている。

従って、主煙道温度が基準温度を超え且つ圧力差が基準差を超えるときに、後燃焼空気量を増やすとともに後燃焼火格子速度を減速すると、酸素不足状態と燃料過剰の状態が解消し、未燃焼成分の発生を減らすことができる。

(7) 第7の態様に係る発明は、焼却炉の主煙道温度、排ガス中のO₂濃度、後燃焼火格子下の圧力の差及び炉内圧力を測定し、主煙道温度が基準温度に達せずO₂濃度が基準値を超え且つ後燃焼火格子下の圧力と炉内圧力の差が基準差に達しないときは、後燃焼空気量を減らすとともに後燃焼火格子速度を増速し、主煙道温度が基準温度を超えO₂濃度が基準値に達せず且つ後燃焼火格子下の圧力と炉内圧力の差が基準差範囲上限を超えるときは、後燃焼空気量を増やすとともに後燃焼火格子速度を減速し、ごみ焼却炉排ガス中未燃焼成分を抑制する。

主煙道温度が低く排ガス中のO₂濃度が高い場合は、後燃焼空気量過剰により後燃焼火格子上は温度不足となり未燃焼成分が発生している。そして、圧力差が基準差に達しないことにより後燃焼火格子上の堆積物の殆どが灰となり、未燃ごみが残っていないことが判る。

従って、主煙道温度が基準温度に達せず排ガス中O₂濃度が基準値を超え且つ圧力差が基準差に達しないときに、後燃焼空気量を減らすとともに後燃焼火格子速度を増速すると、温度低下が防がれるとともに燃料が補給されるので、正常な燃焼に戻り未燃焼成分の発生を減らすことができる。

反対に、主煙道温度が高く、排ガス中O₂濃度が低い場合は、後燃焼空気量が後燃焼火格子上の未燃ごみ量に対し不足し、後燃焼火格子上では酸素不足状態となり未燃焼成分が発生している。そして、圧力差が大きいことによつて後燃焼火

格子上の堆積物に未燃ごみ量が多く含まれていることが判る。

従って、主煙道温度が基準温度を超え、排ガス中 O_2 濃度が基準値に達せず、且つ圧力差が基準差を超えるとときに、後燃焼空気量を増やすとともに後燃焼火格子速度を減速すると、燃料過剰の状態と酸素不足状態が解消し、未燃焼成分の発生を減らすことができる。

(8) 第8の態様に係る発明は、焼却炉の主煙道温度、排ガス中の CO 濃度、後燃焼火格子下の圧力及び炉内圧力の差を測定し、主煙道温度が基準温度に達せず CO 濃度が基準値を超え且つ後燃焼火格子下の圧力と炉内圧力の差が基準差に達しないときは後燃焼空気量を減らすとともに後燃焼火格子速度を増速し、主煙道温度が基準温度を超え CO 濃度が基準値を超え且つ後燃焼火格子下の圧力と炉内圧力の差が基準差を超えるとときは後燃焼空気量を増やすとともに後燃焼火格子速度を減速し、ごみ焼却炉排ガス中未燃焼成分を抑制する。

主煙道温度が低く排ガス中の CO 濃度が高い場合は、後燃焼空気量過剰により後燃焼火格子上は温度不足状態となり未燃焼成分が発生している。そして、圧力差が大きいことにより後燃焼火格子上の堆積物の殆どが灰となることが判る。

従って、主煙道温度が基準温度に達せず排ガス中の CO 濃度が基準値を超え、且つ圧力差が基準差に達しないときに、後燃焼空気量を減らすとともに後燃焼火格子速度を増速すると、後燃焼火格子上の温度低下が防がれるとともに燃料が補給されるので、正常な燃焼に戻り未燃焼成分の発生を減らすことができる。

反対に、主煙道温度が高く排ガス中 CO 濃度が高い場合は、後燃焼空気量が後燃焼火格子上の未燃ごみ量に対して不足して未燃焼成分が発生している。そして、圧力差が大きいことによって後燃焼火格子上の堆積物に未燃ごみ量が多く含まれていることが判る。

従って、主煙道温度が基準温度を超え、排ガス中 CO 濃度が基準値を超え、且つ圧力差が基準差を超えるとときに、後燃焼空気量を増やすとともに後燃焼火格子速度を減速すると、酸素不足状態と未燃ごみ過剰の状態が解消し、未燃焼成分の発生を減らすことができる。

なお、後燃焼火格子速度の制御は、圧力差を求めずに、主煙道温度又は主煙道温度と排ガス中 O_2 濃度若しくは CO の濃度を測定して後燃焼空気量を制御する

とともに、後燃焼火格子速度を制御することもできる。

(1)～(8)の発明によれば、一次燃焼段階で不完全燃焼状態が直ちに改善されダイオキシン類や一酸化炭素等の未燃焼成分の発生が抑制される。同時に、不必要な二次空気の吹き込みも防止される。従って、完全燃焼の達成とごみエネルギーの効率的な活用が可能になる。

(9)第9の態様に係る発明は、燃焼室に燃焼ガスを分岐させる障壁のついた二回流式のごみ焼却炉において、炉出口に設置された温度計によって炉出口温度を周期的に計測し、また、煙道に設置された排ガス分析計によって排ガス中のNO_x濃度及びCO濃度をそれぞれ周期的に計測し、そして、各々の計測値と基準値とを比較して、その比較結果に基づいて、炉内の火格子上でごみが燃焼している燃焼室に向けて水噴霧する流量を制御する。

火格子上でごみが燃焼して発生した排ガスは、炉内に設けられた障壁によって分岐される。分岐した排ガスは炉出口で合流し、このときに衝突、攪拌によって混合されることで、排ガス中の未燃成分の再燃焼が行われる。障壁を設けることによって、排ガスの攪拌、混合が行われるため、水噴霧による排ガスの混合を行わずに済むことから、炉出口温度の低下を防ぐことができる。炉出口温度、NO_x濃度及びCO濃度は燃焼状態を反映しているので、炉出口温度、NO_x濃度及びCO濃度の各計測値と予め設けた基準値とを比較し、燃焼状態の変化に応じて、水噴霧量を制御することができる。また、計測を周期的に行うことによって燃焼状態を常に監視しており、このため、燃焼状態の変化に適切に対処することができる。そして、この計測の周期が短ければ短いほど制御頻度が高くなり、きめ細かな制御が可能となる。

(10)第10の態様に係る発明は、第9の態様において、炉出口温度の計測値が基準値よりも低い場合又はCO濃度の計測値が基準値よりも高い場合には水噴霧量を減らし、炉出口温度の計測値が基準値よりも高い場合又は炉出口温度の計測値が基準値よりも高くしかもNO_x濃度の計測値が基準値よりも高い場合には水噴霧量を増やすという流量制御を行う。

図8に示されるように、炉出口温度が高いほど排ガス中の未燃成分が再燃焼するためにCO濃度は低い。一方、炉出口温度が高いほど、ごみの燃焼温度が高い

ためにNO_x濃度も高くなってしまいます。したがって、COとNO_xとを同時に低減できる温度領域は800℃付近に存在することが分かる。また、図22に示されるように、水噴霧量が多いほど、炉内が冷却されるために炉出口温度は低くなる。このため、炉出口温度が基準値を超えている場合、又は炉出口温度が基準値を超え、しかもNO_x濃度も基準値を超えている場合に水噴霧量を増やせば、炉出口温度が下がりNO_x濃度を減らすことができる。また、炉出口温度が基準値よりも低い場合、又はCO濃度が基準値よりも高い場合に、水噴霧量を減らせば、炉出口温度が高くなり、排ガス中の未燃成分の二次燃焼を促進させ、CO濃度を低くすることができることが分かる。

(11) 第11の態様に係る発明は、第9の態様において、ファジィ推論を用いて、炉出口温度の計測値が低い場合又はCO濃度の計測値が高い場合には水噴霧量を減らし、炉出口温度の計測値が高い場合又は炉出口温度の計測値が高くしかもNO_x濃度の計測値が高い場合には水噴霧量を増やすという流量制御を行う。

炉内のごみの燃焼状態に応じて変化する炉出口温度、NO_x濃度及びCO濃度の計測値を総合的に判断して、水噴霧の増減量を演算するような、複数の計測入力から操作出力を決定する制御方法としてはファジィ制御が最も適しており、燃焼状態が適切に制御されて、排ガス中のNO_x等が抑制される。

(12) 第12の態様に係る発明は、燃焼室に燃焼ガスを分岐させる障壁のついた二回流式のごみ焼却炉において、炉出口に設置された温度計によって炉出口温度を周期的に計測し、また、煙道に設置された排ガス分析計によって排ガス中のNO_x濃度を周期的にそれぞれ計測し、そして、各々の計測値と基準値とを比較して、その比較結果に基づいて、炉内の火格子上でごみが燃焼している燃焼室に向けて水噴霧する流量を制御する。

火格子上でごみが燃焼して発生した排ガスは、炉内に設けられた障壁によって分岐され、炉出口で合流するときに衝突し、攪拌、混合されることにより、排ガス中の未燃成分の再燃焼が行われる。障壁を設けることによって排ガスの攪拌、混合が行われるため、水噴霧によるガスの混合を行わずに済むことから炉出口温度の低下を防ぐことができる。炉出口温度及びNO_x濃度は燃焼状態を反映しているので、周期的に計測した炉出口温度及びNO_x濃度の計測値と予め設けた基

準値とを比較して、燃焼状態の変化に応じて、水噴霧量を制御することができる。また、計測を周期的に行うことによって燃焼状態を常に監視しており、このため、燃焼状態の変化に適切に対処することができる。そして、この測定周期が短ければ短いほど制御頻度が高くなり、きめ細かな制御が可能となる。

(13) 第13の態様に係る発明は、第12の態様において、炉出口温度の計測値が基準値よりも低い場合には水噴霧量を減らし、炉出口温度の計測値が基準値よりも高い場合又は炉出口温度の計測値が基準値よりも高くしかもNO_x濃度の計測値が基準値よりも高い場合には水噴霧量を増やすという流量制御を行う。

この場合においても、図8に示されるように、炉出口温度に対する排ガス中のCO濃度とNO_x濃度との関係は、炉出口温度が高いほど排ガス中の未燃成分が再燃焼するためにCO濃度が低い。一方、炉出口温度が高いほど、ごみの燃焼温度が高いためにNO_x濃度も高くなってしまう。したがって、COとNO_xとを同時に低減できる温度領域は800℃付近に存在する。また、図22に示されるように、水噴霧量が多いほど、炉内が冷却されるために炉出口温度は低くなる。このため、炉出口温度が基準値を超え、しかもNO_x濃度も基準値を超えている場合に水噴霧量を増やせば、炉出口温度が下がりNO_x濃度を減らすことができる。

図9は炉出口温度とCO濃度の時間的な変化を示した特性図である。図9に示されるように、炉出口温度が800℃を下回ると、数10～100ppmの高いCO濃度が発生する。しかし、水噴霧量を調整することによって炉出口温度を800℃以上に維持する運転を行うことによって、排ガス中の未燃成分の二次燃焼を促進すれば、CO濃度を低く抑えることができる。このとき、炉出口温度の変化を測定して制御を行えば、CO濃度の測定しなくとも、CO濃度を低くすることができる。

(14) 第14の態様に係る発明は、第12の態様において、ファジィ推論を用いて、炉出口温度の計測値が低い場合には水噴霧量を減らし、炉出口温度の計測値が高い場合又は炉出口温度の計測値が高くしかもNO_x濃度の計測値が高い場合には水噴霧量を増やすという流量制御を行う。

炉内のごみの燃焼状態に応じて変化する炉出口温度とNO_x濃度の計測値を総

合的に判断して、水噴霧の増減量を演算するような、複数の計測入力から操作出力を決定する制御方法としてはファジィ制御が最も適しており、燃烧状態が適切に制御されて、排ガス中の NO_x 等が抑制される。

(15) 第15の態様に係る発明は、燃烧室に燃烧ガスを分岐させる障壁のついた二回流式のごみ焼却炉において、煙道に設置された排ガス分析計によって排ガス中の O_2 濃度、 NO_x 濃度及び CO 濃度を周期的にそれぞれ計測し、そして、各々の計測値と基準値とを比較して、その比較結果に基づいて、炉内の火格子上でごみが燃烧している燃烧室に向けて水噴霧する流量を制御する。

火格子上でごみが燃烧して発生した排ガスは、炉内に設けられた障壁によって分岐される。分岐した排ガスは炉出口で合流し、このときに衝突、攪拌によって混合されることで、排ガス中の未燃成分の再燃烧が行われる。障壁を設けることによって、排ガスの攪拌、混合が行われるため、水噴霧による排ガスの混合を行わずに済むことから、炉出口温度の低下を防ぐことができる。上記の(9)～(11)の態様では、炉出口温度、 NO_x 濃度及び CO 濃度が燃烧状態を反映していることから、炉出口温度、 NO_x 濃度及び CO 濃度の各計測値を用いて水噴霧量の流量制御を行っている。図15に示す炉出口温度と排ガス中の O_2 濃度の関係では、炉出口温度が高いほど O_2 濃度は低く、負の強い相関がある。排ガス中に余分な空気が少なく、 O_2 濃度が低いときは燃烧が活発なため、炉出口温度が高くなる。したがって、炉出口温度の代わりに O_2 濃度を用い、 O_2 濃度、 NO_x 濃度及び CO 濃度の各計測値と予め設けた基準値とを比較し、燃烧状態の変化に応じて、水噴霧量を制御することができる。また、計測を周期的に行うことによって燃烧状態を常に監視しており、このため、燃烧状態の変化に適切に対処することができる。そして、この計測の周期が短ければ短いほど制御頻度が高くなり、きめ細かな制御が可能となる。

(16) 第16の態様に係る発明は、第15の態様において、 O_2 濃度の計測値が基準値よりも高い場合又は CO 濃度の計測値が基準値よりも高い場合には水噴霧量を減らし、 O_2 濃度の計測値が基準値よりも低い場合又は O_2 濃度の計測値が基準値よりも低くしかも NO_x 濃度の計測値が基準値よりも高い場合には水噴霧量を増やすという流量制御を行う。

図 8 に示されるように、炉出口温度が高いほど排ガス中の未燃成分が再燃焼するために CO 濃度が低い。一方、炉出口温度が高いほど、ごみの燃焼温度が高いために NOx 濃度も高くなってしまう。また、図 15 から炉出口温度と O₂ 濃度の間には負の相関があり、O₂ 濃度が低いほど炉出口温度が高くなることから、O₂ 濃度が低いほど CO 濃度は低く、NOx 濃度は高くなる特性がある。図 22 に示されるように、水噴霧量が多いほど燃焼が抑制され、炉内が冷却されるために炉出口温度が低くなることから、図 15 に示されるように O₂ 濃度は高くなる。このため、O₂ 濃度が基準値よりも高い場合又は CO 濃度が基準値よりも高い場合には水噴霧量を減らせば、排ガス中の未燃成分の二次燃焼が促進することで、O₂ 濃度は下がり炉出口温度は上がるので、CO 濃度を低くすることができる。また、O₂ 濃度が基準値よりも低い場合又は O₂ 濃度が基準値よりも低くしかも NOx 濃度が基準値よりも高い場合には水噴霧量を増やせば、燃焼が抑えられることで炉出口温度が下がり、NOx 濃度を減らすことができる。

(17) 第 17 の態様に係る発明は、第 15 の態様において、ファジィ推論を用いて、O₂ 濃度の計測値が高い場合又は CO 濃度の計測値が高い場合には水噴霧量を減らし、O₂ 濃度の計測値が低い場合又は O₂ 濃度の計測値が低くしかも NOx 濃度の計測値が高い場合には水噴霧量を増やすという流量制御を行う。

炉内のごみの燃焼状態に応じて変化する O₂ 濃度、NOx 濃度及び CO 濃度の計測値を総合的に判断して、水噴霧の増減量を演算するような、複数の計測入力から操作出力を決定する制御方法としてはファジィ制御が最も適しており、燃焼状態が適切に制御されて、排ガス中の NOx 等が抑制される。

(18) 第 18 の態様に係る発明は、燃焼室に燃焼ガスを分岐させる障壁のついた二回流式のごみ焼却炉において、煙道に設置された排ガス分析計によって排ガス中の O₂ 濃度及び NOx 濃度を周期的にそれぞれ計測し、そして、各々の計測値と基準値とを比較して、その比較結果に基づいて、炉内の火格子上でごみが燃焼している燃焼室に向けて水噴霧する流量を制御する。

火格子上でごみが燃焼して発生した排ガスは、炉内に設けられた障壁によって分岐される。分岐した排ガスは炉出口で合流し、このときに衝突、攪拌によって混合されることで、排ガス中の未燃成分の再燃焼が行われる。障壁を設けること

によって、排ガスの攪拌、混合が行われるため、水噴霧による排ガスの混合を行わずに済むことから、炉出口温度の低下を防ぐことができる。上記の(12)～(14)の態様では、炉出口温度及び NO_x 濃度が燃焼状態を反映していることから、炉出口温度及び NO_x 濃度の各計測値を用いて水噴霧量の流量制御を行っている。ここで、図15に示す炉出口温度と排ガス中の O_2 濃度の関係では、炉出口温度が高いほど O_2 濃度は低く、負の強い相関がある。したがって、炉出口温度の代わりに O_2 濃度を用い、 O_2 濃度及び NO_x 濃度の各計測値と予め設けた基準値とを比較し、燃焼状態の変化に応じて、水噴霧量を制御することができる。また、計測を周期的に行うことによって燃焼状態を常に監視しており、このため、燃焼状態の変化に適切に対処することができる。そして、この計測の周期が短ければ短いほど制御頻度が高くなり、きめ細かな制御が可能となる。

(19) 第19の態様に係る発明は、第18の態様において、 O_2 濃度の計測値が基準値よりも高い場合には水噴霧量を減らし、 O_2 濃度の計測値が基準値よりも低い場合又は O_2 濃度の計測値が基準値よりも低くしかも NO_x 濃度の計測値が基準値よりも高い場合には水噴霧量を増やすという流量制御を行う。

図8に示されるように、炉出口温度が高いほど排ガス中の未燃成分が再燃焼するために CO 濃度が低い。一方、炉出口温度が高いほど、ごみの燃焼温度が高いため NO_x 濃度も高くなってしまう。また、図15から炉出口温度と O_2 濃度の間には負の相関があり、 O_2 濃度が低いほど炉出口温度が高くなることから、 O_2 濃度が低いほど CO 濃度は低く、 NO_x 濃度は高くなる特性がある。図22に示されるように、水噴霧量が多いほど燃焼が抑制され、炉内が冷却されるために炉出口温度が低くなることから、図15に示されるように O_2 濃度は高くなる。このため、 O_2 濃度が基準値よりも高い場合には水噴霧量を減らせば、 O_2 濃度は下がり炉出口温度は上がるので、排ガス中の未燃成分の二次燃焼が促進され、 CO 濃度を低くすることができる。また、 O_2 濃度が基準値よりも低い場合又は O_2 濃度が基準値よりも低くしかも NO_x 濃度が基準値よりも高い場合には水噴霧量を増やせば、燃焼が抑えられることで炉出口温度が下がり、 NO_x 濃度を減らすことができる。

(20) 第20の態様に係る発明は、第18の態様において、ファジィ推論を用

いて、 O_2 濃度の計測値が高い場合には水噴霧量を減らし、 O_2 濃度の計測値が低い場合又は O_2 濃度の計測値が低くしかも NO_x 濃度の計測値が高い場合には水噴霧量を増やすという流量制御を行う。炉内のごみの燃焼状態に応じて変化する O_2 濃度と NO_x 濃度の計測値を総合的に判断して、水噴霧の増減量を演算するような、複数の計測入力から操作出力を決定する制御方法としてはファジィ制御が最も適しており、燃焼状態が適切に制御されて、排ガス中の NO_x 等が抑制される。

(9) ~ (20) の本発明によれば、炉出口温度又は O_2 濃度が安定化し、かつ燃焼排ガス中の CO 濃度及び NO_x 濃度が抑制される。このため、燃焼排ガス中のダイオキシン類等の有害成分の発生が抑制され、また、完全燃焼によるごみエネルギーの効率的な活用が可能になる。

(21) 第21の態様に係る発明は、炉出口に設置された温度計によって炉出口温度を周期的に計測し、煙道に設置された排ガス分析計によって排ガス中の NO_x 濃度、 CO 濃度及び O_2 濃度をそれぞれ周期的に計測し、炉出口温度及び NO_x 濃度の各計測値とそれぞれの基準値とを比較し、その比較結果に基づいて、火格子上で燃焼しているごみに向けて噴霧する水噴霧量を調整し、また、炉出口温度、 NO_x 濃度、 CO 濃度及び O_2 濃度の各計測値とそれぞれの基準値とを比較し、その比較結果に基づいて、燃焼室に向けて噴射する二次燃焼空気量を調整する。

既に説明したように、火格子上で燃焼しているごみに向けて噴霧する水量を増やして火格子上のごみの燃焼温度を下げ、炉出口温度を下げると排ガス中の NO_x 発生量を抑えることができる。しかし、 NO_x の発生量を抑えるために、水噴霧量を増やしすぎると炉出口温度が低下するために、 CO 濃度が高くなってしまふ。そのため、周期的に計測された炉出口温度及び NO_x 濃度の各測定値と炉出口温度及び NO_x 濃度の各基準値を比較し、炉出口温度が基準値を維持するように水噴霧量を調整することで、 NO_x と CO の発生量を抑える。

図21に示すように、二次燃焼空気量に対する炉出口温度、 NO_x 濃度及び CO 濃度の関係から、斜線領域では炉出口温度が最も高く、二次燃焼が活発なために CO 濃度が低い状態となっている。斜線領域の左側のように、二次燃焼空気量

が少ない場合には、二次燃焼に必要な酸素が不足するため、酸欠状態となって二次燃焼が行われずにCO濃度が高くなり、炉出口温度も低くなる。また、斜線領域の右側のように、二次燃焼空気量が多い場合には、炉内が冷却され炉出口温度が下がり、二次燃焼に必要な酸素が十分あるにもかかわらず不完全燃焼を起こしてCO濃度が高くなる。また、NO_x濃度は二次燃焼空気に比例して高くなる。このため、二次燃焼空気の運転を斜線領域に維持すれば、NO_x濃度とCO濃度とを同時に低い状態にすることができる。

上記の二次燃焼空気量に対する炉出口温度、NO_x濃度及びCO濃度の関係から、炉出口温度、NO_x濃度、CO濃度及びO₂濃度を周期的に計測し、各々の計測値と基準値を比較し、その比較結果に基づいて、図21の斜線領域を維持するように二次燃焼空気量を調整する。また、炉出口温度、NO_x濃度等を周期的に計測を測定を行うことは、常に燃焼状態を監視することになり、燃焼状態の変化に迅速に対処することができる。そして、測定の周期が短ければ短いほど制御頻度が高くなり、きめ細かな制御が可能となる。

(22) 第22の態様に係る発明は、第21の態様において、CO濃度の計測値が目標CO濃度を超過している単位時間当たりの割合を目標CO発生割合以下に抑える。

炉内の燃焼状態が悪化したときのCO濃度の挙動は、一般的に図23の炉口温度等の時間的な変化を示した特性図に示されるように、数分から数十分間のスパイク状の高い濃度が発生する。このCO濃度のスパイク状の部分をダイオキシン濃度計測中(4時間)の時間当たりの発生割合として計算し、バグフィルタ入口ダイオキシン濃度との関係を調べると、これは図25のバグフィルタ入口ダイオキシン濃度の特性図の①に相当する。また、図24の特性図に示されるような燃焼状態は図25の特性図の②に相当する。CO濃度のスパイクが発生している割合が高いほど、ダイオキシン濃度も高くなる。スパイク状のCOが発生しているときは、不完全燃焼を起こしているためにダイオキシンも分解しないで排出されてしまう。このため、目標CO濃度を超過しないように、第21の態様によって水噴霧量と二次燃焼空気量とを制御することで、スパイク状のCOを発生させない運転を行う。

(23) 第23の態様に係る発明は、第21の態様において、炉出口温度の計測値を目標下限温度以上に運転する。

炉内の燃焼変化による炉出口温度の挙動とバグフィルタ入口ダイオキシン濃度との関係を調べると、図26のバグフィルタ入口ダイオキシン濃度の特性図に示されるように、ダイオキシン濃度計測中(4時間)の炉出口温度最低値が高いほど、バグフィルタ入口ダイオキシン濃度は低く抑えられている。ダイオキシン濃度計測中に炉出口温度が低下していないときは、完全燃焼が維持されていることになるので、排ガス中のダイオキシンが分解される。このため、炉出口温度の計測値を目標下限温度以上に運転するように、第21の態様によって、水噴霧量と二次燃焼空気量とを制御することで、炉出口温度を目標下限温度以上に維持する運転を行う。

(24) 第24の態様に係る発明は、第21の態様において、炉出口温度の計測値の平均値を目標下限平均値と目標上限平均値の範囲内に運転する。炉内の燃焼変化による炉出口温度の平均値の挙動とバグフィルタ入口ダイオキシン濃度およびNO_x濃度との関係を調べると、図30の特性図に示されるように、炉出口温度の平均値が高いほど未燃成分は分解されるためにダイオキシン濃度は低くなるが、排ガスの燃焼温度が高くなるためにNO_x濃度が高くなる。逆に炉出口温度の平均値が低いほど、ダイオキシン濃度は高くなり、NO_x濃度は低くなる。

このため、炉出口温度の平均値を目標下限平均値と目標上限平均値の範囲内に運転するように、第21の態様によって、水噴霧量と二次燃焼空気量とを制御することで、炉出口温度の平均値を目標下限平均値以上に、しかも目標上限平均値以下に維持する運転を行う。

(25) 第25の態様に係る発明は、第21の態様において、CO濃度の計測値が目標CO濃度を超過している単位時間当たりの割合を目標CO発生割合以下に抑え、かつ、炉出口温度の計測値を目標下限温度以上に運転する。

スパイク状のCOを発生させず、しかも炉出口温度を目標下限温度以上に維持するように、第21の態様によって、水噴霧量と二次燃焼空気量とを制御することで、確実に排ガス中のダイオキシンを分解する。

(26) 第26の態様に係る発明は、第21の態様において、CO濃度の計測値

が目標CO濃度を超過している単位時間当たりの割合を目標CO発生割合以下に抑え、炉出口温度の計測値を目標下限温度以上に運転し、かつ、炉出口温度の計測値の平均値を目標下限平均値と目標上限平均値の範囲内に運転する。スパイク状のCOを発生させず、しかも炉出口温度を目標下限値以上に維持し、同時に炉出口温度の平均値を目標下限平均値と目標上限平均値の範囲内で運転するように、第21の態様によって、水噴霧量と二次燃焼空気量とを制御することで、確実に排ガス中のダイオキシンとNO_xを抑えることができる。

(27) 第27の態様に係る発明は、第22又は第25の態様において、目標CO濃度を30ppm、目標CO発生割合を2%に設定する。図25の特性図に示されるように、目標CO濃度を30ppm、目標CO発生割合を2%に設定すると、ダイオキシン濃度を効果的に低減させることができる。

(28) 第28の態様に係る発明は、第23又は第25の態様において、目標下限温度を約850℃に設定する。図26の特性図に示されるように、目標下限温度を約850℃にすると、ダイオキシン濃度を効果的に低減させることができる。

(29) 第29の態様に係る発明は、第24又は第26の態様において、目標下限平均値を約900℃に設定し、目標上限平均値を約950℃に設定する。図30の特性図に示されるように、目標下限平均値を約900℃に、目標上限平均値を約950℃にすると排ガス中のダイオキシン濃度とNO_x濃度を効果的に抑えることができる。

(30) 第30の態様に係る発明は、第21の態様において、ファジィ推論を用いて水噴霧量と二次燃焼空気量とを制御する。その際に、水噴霧量を推論するための前件部の条件を設定するためのパラメータ及び前件部メンバーシップ関数の形状と、二次燃焼空気量を推論するための前件部の条件を設定するためのパラメータ及び前件部メンバーシップ関数の形状とを異なったものにする。例えば、定常的には二次燃焼空気量を調整することによりNO_x及び未燃成分を抑制する。そして、炉出口温度が所定の基準値を超える大きな値になった場合において、二次燃焼空気量の他に水噴霧量も調整して、NO_x及び炉出口温度の上昇を抑制する。

このように水噴霧量の調整（増加）を制限したことにより、水を噴霧したときの弊害が極力避けられる。図 3 1 に示される水噴霧量の標準偏差とボイラ出口ダイオキシン濃度の関係から、水噴霧量の変動が大きいほどダイオキシン濃度が高くなっている。したがって、炉内を冷やすために、水を大量に吹き込み、噴霧量を変動させると、全てが水蒸気になって炉内を冷やすわけではなく、一部の水はごみの上に付着する。そして、水が付着したごみが燃焼したときに、燃焼状態を悪化させてダイオキシンやCO等の未燃成分を発生させる要因になるが、水噴霧量の調整（増加）を制限したことにより、そのような弊害が避けられる。

(21) ~ (30) の本発明によれば、炉出口温度が安定化しかつNO_x濃度が所定の値に制御され、あるいは、炉出口温度及びO₂濃度が安定化しかつCO濃度及びNO_x濃度がそれぞれ所定の値に制御される。このため、NO_x及び未燃焼成分の発生が抑制され、ダイオキシン類等の有害成分発生が抑制できる。

(31) 第31の態様に係る発明は、排ガス中のクロロベンゼン類、クロロフェノール類の濃度が低濃度領域（50 ppm以下）であってもダイオキシン類濃度との相関関係が認められ、ダイオキシン類の前駆体として扱え、しかも排ガス前処理での水分除去に伴う損失がほとんどなく、有用な代替指標物質であることに着目してなされたものであり、ごみ焼却炉の燃焼制御における制御パラメータにより、二次燃焼空気量を制御したものである。

すなわち、ごみ焼却炉に設けられたボイラから発生する蒸気発生量を安定化するように一次燃焼空気量を制御し、かつ再燃焼のための二次燃焼空気量を制御する燃焼制御方法であって、前記蒸気発生量、前記二次燃焼空気量、炉出口温度、排ガス中のCO濃度、O₂濃度、NO_x濃度の各制御パラメータによって、前記二次燃焼空気量を制御して、排ガス中のNO_xの発生を抑制するとともに、前記排ガス中のダイオキシン類前駆体の濃度とO₂濃度との相互関係から前記ダイオキシン類前駆体の濃度が最少となるO₂濃度を推定して、前記二次燃焼空気量を調整して、排ガス中のダイオキシン類の生成を抑制する。ここでは、焼却炉の排ガス中のCO濃度、NO_x濃度の低減を図るとともに、焼却炉から発生する排ガス中のダイオキシン類前駆体の濃度を検出して、ダイオキシン類前駆体が最少となるO₂濃度によって、制御パラメータを修正して二次燃焼空気量を制御してい

る。

(32) 第32の態様に係る発明は、第31の態様において、前記ダイオキシン類前駆体が、排ガス中のクロロベンゼン類とクロロフェノール類であり、これらの濃度値の和と排ガス中の O_2 濃度との相互関係から前記クロロベンゼン類とクロロフェノール類の濃度の和が最少となる O_2 濃度を推定する。ここでは、焼却炉から発生する排ガス中のダイオキシン前駆物質であるクロロベンゼン類とクロロフェノール類との濃度を検出して、その濃度の和と O_2 濃度の相互関係からこれらダイオキシン前駆物質の濃度が最少となる O_2 濃度によって、制御パラメータを修正しながら二次燃焼空気量を制御している。

(33) 第33の態様に係る発明は、第31の態様において、前記二次燃焼空気量を非線形制御により算出して、排ガス中の NO_x の発生を抑制するとともに、前記ダイオキシン類前駆体であるクロロベンゼン類とクロロフェノール類を連続または半連続分析計による排ガス分析計によって濃度を計測して、それらの濃度の和と前記 O_2 濃度との相互関係を周期的に関数近似手法により算出し、前記クロロベンゼン類とクロロフェノール類の濃度が最少となる O_2 濃度を算出して、 O_2 濃度の制御パラメータを逐次修正して、前記非線形制御を実行して、二次燃焼空気量を調整する。ここでは、排ガス中の各成分濃度や蒸発量等の計測値から、各々の計測値に基づく制御パラメータによる非線形制御により、炉内燃焼状態を判断し、二次燃焼空気量を算出・調整することで、排ガス中の CO 、 NO_x の発生を抑制する。この非線形制御にあたり、排ガス中のクロロベンゼン類とクロロフェノール類の濃度を検出して、それらの和が最少になる O_2 濃度を推定して、 O_2 濃度の制御パラメータを逐次修正して、非線形制御を実行しており、クロロベンゼン類とクロロフェノール類、 O_2 濃度の変動に対応しながらダイオキシン類の生成を抑制するものである。

(34) 第34の態様に係る発明は、第33の態様において、前記非線形制御をファジィ制御する。ここでは、非線形特性を伴う多変数干渉系である、ごみ焼却炉の燃焼制御において、制御ルールを言語的に記述でき、パラメータの調整も容易であり、ファジィ制御を適用することにより、二次燃焼制御量をきめ細かく制御できる。

(35) 第35の態様に係る発明は、ごみ焼却炉内に一次燃焼空気を供給して、炉内可燃物を燃焼させるとともに、ボイラ蒸気発生量を安定させるように制御する一次燃焼制御手段と、ごみ焼却炉内に二次燃焼空気を供給して、未燃成分を再燃焼させる二次燃焼空気制御手段と、排ガス中の O_2 濃度を検出する O_2 濃度計測手段と、排ガス中のダイオキシン類前駆物質の濃度を計測する排ガス分析手段と、前記排ガス分析手段によって検出された前記ダイオキシン類前駆物質の濃度と前記 O_2 濃度計測手段で検出された O_2 濃度との相互関係を算出する相関曲線推定手段と、前記相関曲線推定手段による相互関係からダイオキシン類前駆物質の濃度の和が最少となる O_2 濃度を算出するための演算手段とを具備し、前記演算手段によって算出された O_2 濃度に基づく制御パラメータによって、二次燃焼空気を前記二次燃焼制御手段で算出して、二次燃焼空気量を炉内に供給し、排ガス中のダイオキシン類の生成を抑制する装置である。

ここでは、相関曲線推定手段において、ダイオキシン類前駆物質の濃度と O_2 濃度との相関関係からダイオキシン類の濃度が最少になるような O_2 濃度を算出して、その値を基にして二次燃焼空気制御手段を演算処理するための制御パラメータを修正することで、ダイオキシン類の生成を抑制する。また、前記演算手段に逐次最小二乗法、連分数展開、スプライン近似、テイラー級数近似、ラグランジュの補間法などを適用することで、多変数制御の自動化ができる。

(36) 第36の態様に係る発明は、第35の態様において、前記ダイオキシン類前駆物質をクロロベンゼン類とクロロフェノール類とする。ここでは、クロロベンゼン類とクロロフェノール類の濃度が微量であっても O_2 濃度との相関があることからクロロベンゼン類とクロロフェノール類の濃度を計測することで、ダイオキシン類の濃度が最少になるような O_2 濃度を推定することで、ダイオキシン類の生成を抑制するものである。

(37) 第37の態様に係る発明は、ごみ焼却炉内に一次燃焼空気を供給して、炉内可燃物を燃焼させるとともに、ボイラ蒸気発生量を安定させるように制御する一次燃焼空気制御手段と、ボイラ蒸気発生量と二次燃焼空気量と炉出口温度と排ガス分析計による CO 濃度、 O_2 濃度、 NO_x 濃度を周期的に計測し、各々の計測値に基づいて二次燃焼空気量を制御する二次燃焼空気制御手段と、

排ガス中のクロロベンゼン類、クロロフェノール類を計測する連続または半連続分析計と、前記連続または半連続分析計による計測値の和と前記O₂濃度の計測値に基づいて、その相互関係を求めるための相関曲線推定手段と、前記相関曲線推定手段により求められる相関関係から排ガス中のクロロベンゼン類とクロロフェノール類の濃度の和が最少となるO₂濃度を算出する演算手段と、前記演算手段によって算出されたO₂濃度に基づいて、二次燃焼空気を算出する制御パラメータを逐次修正して、前記二次燃焼空気制御手段により二次燃焼空気を算出し、二次燃焼空気量を炉内に供給して排ガス中のダイオキシン類の生成を抑制する装置である。ここでは、一次燃焼空気量の制御により、安定した燃焼を維持し、二次燃焼制御手段によりNO_x濃度とダイオキシン類の生成が抑制される。また、前記演算手段に逐次最小二乗法、連分数展開、スプライン近似、テイラー級数近似、ラグランジュの補間法などを適用することで、多変数制御の自動化ができる。

(38) 第38の態様に係る発明は、第35、第36又は第37の態様において、前記二次燃焼制御手段をファジィ制御手段とする。ここでは、非線形特性を伴う多変数干渉系である、ごみ焼却炉の燃焼制御において、制御ルールを言語的に記述でき、パラメータの調整も容易であるファジィ制御手段を適用することにより、二次燃焼制御量をきめ細かく制御できる。

(31)～(38)の本発明によれば、排ガス中の有害物質であるCO、NO_x、及びダイオキシン類の発生を同時に抑制できる。

[図面の簡単な説明]

図1は、本発明の実施形態1に係るごみ焼却炉とその制御系の概念図である。

図2は、主煙道温度と排ガス中CO濃度の関係を説明するための両者の変化を示すグラフである。

図3は、後燃焼空気量と排ガス中CO濃度の関係を説明するための両者の変化を示すグラフである。

図4は、本発明による主煙道温度及び排ガス中CO濃度の変化を示すグラフである。

図 5 は、従来の制御方法による主煙道温度及び排ガス中 CO 濃度の変化を示すグラフである。

図 6 は、本発明の実施形態 2 に係るごみ焼却炉とその制御系の概念図である。

図 7 は、NO_x 濃度と炉室への空気噴射量との関係を示した特性図である。

図 8 は、NO_x 濃度及び CO 濃度と炉出口温度との関係を示した特性図である。

図 9 は、炉出口温度と CO 濃度の時間的変化を示した特性図である。

図 10 は、水噴霧量制御の第 1 の方法を示したフローチャートである。

図 11 は、水噴霧量制御の第 2 の方法に用いられる前件部メンバーシップ関数を示した図である。

図 12 は、水噴霧量制御の第 3 の方法を示したフローチャートである。

図 13 は、水噴霧量制御の第 3 の方法に用いられる前件部メンバーシップ関数を示した図である。

図 14 は、本発明の実施形態 2 と従来の制御方法による CO 濃度及び NO_x 濃度の変化を示した特性図である。

図 15 は、炉出口温度と O₂ 濃度との関係を示した特性図である。

図 16 は、水噴霧量制御の第 5 の方法を示したフローチャートである。

図 17 は、水噴霧量制御の第 6 の方法に用いられる前件部メンバーシップ関数を示した図である。

図 18 は、水噴霧量制御の第 7 の方法を示したフローチャートである。

図 19 は、水噴霧量制御の第 8 の方法に用いられる前件部メンバーシップ関数を示した図である。

図 20 は、本発明の実施形態 3 に係るごみ焼却炉とその制御系の概念図である。

図 21 は、二次燃焼空気量と CO 濃度、NO_x 濃度及び炉出口温度との関係を示す特性図である。

図 22 は、水噴霧量と炉出口温度との関係を示す特性図である。

図 23 は、炉出口温度、CO 濃度及び NO_x 濃度の時間的変化とそのときの水噴霧量及び二次燃焼空気量の制御量の時間的変化とを示した特性図である。

図 24 は、本発明の実施形態 3 による炉出口温度、CO 濃度及び NO_x 濃度の時間的変化とそのときの水噴霧量及び二次燃焼空気量の制御量の時間的変化とを示

した特性図である。

図 2 5 は、D X N 計測中の C O 濃度が 3 0 p p m 以上発生した時間割合とバグフィルタ入口 D X N 濃度の関係を示す特性図である。

図 2 6 は、D X N 計測中の炉出口温度最小値とバグフィルタ入口 D X N 濃度の関係を示す特性図である。

図 2 7 は、本発明の実施形態 3 における水噴霧量の前件部メンバーシップ関数を示す図である。

図 2 8 は、本発明の実施形態 3 における二次燃焼空気量の前件部メンバーシップ関数を示す図である。

図 2 9 は、本発明の実施形態 3 と従来の制御方法における C O 濃度及び N O x 濃度の変化を示した特性図である。

図 3 0 は、炉出口温度とバグフィルタ入口 D X N 濃度及び N O x 濃度の関係を示す特性図である。

図 3 1 は、水噴霧量の標準偏差とボイラ出口 D X N 濃度との関係を示す特性図である。

図 3 2 は、本発明の実施形態 4 に係るごみ焼却炉とその燃焼制御装置の概念図である。

図 3 3 は、図 3 2 に示す燃焼制御装置の一部を変更した、ごみ焼却炉とその燃焼制御装置の概念図である。

図 3 4 は、二次燃焼空気量と排ガス中の C O 濃度、N O x 濃度、炉出口温度との相関関係を示す図である。

図 3 5 は、O₂ 濃度に対するクロロベンゼン類、クロロフェノール類の濃度の和、C O 濃度の相関関係を示す図である。

図 3 6 は、二次燃焼空気量を非線形制御方法で制御するためのフローチャートである。

図 3 7 は、二次燃焼空気量の非線形制御方法で制御するためのフローチャートである。

図 3 8 は、二次燃焼空気量の非線形制御方法で制御するためのフローチャートである。

図 3 9 は、二次燃焼空気量の非線形制御方法で制御するためのフローチャートである。

図 4 0 は、二次燃焼空気量のファジィ制御方法の前件部メンバーシップ関数を示す図である。

図 4 1 は、二次燃焼空気量のファジィ制御方法の前件部メンバーシップ関数を示す図である。

図 4 2 は、O₂ 濃度に対するクロロベンゼン類、クロロフェノール類の加算された図である。

図 4 3 は、従来の焼却炉を示した概念図である。

[発明を実施するための最良の形態]

以下、本発明の実施の形態を図を用いて具体的に説明する。

実施の形態 1

図 1 は、ごみ焼却炉とその制御系の概念図である。1 は焼却炉であり、ごみ投入口 2 から投入されたごみは、乾燥火格子 3 a、燃焼火格子 3 b、後燃焼火格子 3 c と順に送られて灰となり、灰は落下口 4 から取り出される。各火格子はそれぞれの火格子駆動装置によって駆動され、定められた速さでごみを送って行く。ここでは、便宜上、後燃焼火格子 3 c についての火格子駆動装置 3 d のみ示す。

各火格子の下には、一次空気ファン 5 により供給される乾燥或いは燃焼用の一次空気が送られる。乾燥火格子 3 a ではごみが主として乾燥され、燃焼火格子 3 b ではごみが燃焼し、後燃焼火格子 3 c で完全に燃焼され灰となる。この灰は灰落下口 4 から落下して炉外へ排出される。一次空気は、乾燥火格子空気量を調節する乾燥火格子下空気ダンパ 1 3 a、燃焼火格子前部空気量を調節する燃焼火格子前部下空気ダンパ 1 3 b、燃焼火格子後部空気量を調節する燃焼火格子後部下空気ダンパ 1 3 c、後燃焼火格子空気量を調節する後燃焼火格子下空気ダンパ 1 3 d で配分される。

一方、燃焼帯の上方には、二次空気ファン 1 0 から供給される二次空気が吹き込み口 9 から吹き込まれ、未燃焼成分を酸化するとともに炉の過熱を防いでいる。二次空気が直接炉出口に逃げず、燃焼ガスと良く混ざるように、吹き込み口 9

の上方に傾斜した隔壁 11 を設けている。隔壁 11 の前方の通路が副煙道、後方の通路が主煙道である。両煙道を通った燃焼ガスは隔壁 11 の上方の混合室 6 で再度混ざり合う。

混合室 6 を出たガスは炉出口に設置された熱交換器 8 a を通って、エネルギーを回収された後に排気される。なお、7 は炉出口温度計、8 b はボイラ、12 は蒸気量を測る流量計、14 は主煙道温度計、16 は排ガス O₂ 濃度計、17 は排ガス CO 濃度計、18 a は炉内圧力計、18 b は後燃焼火格子下圧力計である。

15 は制御装置であり、主煙道温度計 14、排ガス O₂ 濃度計 16、排ガス CO 濃度計 17、炉内圧力計 18 a、後燃焼火格子下圧力計 18 b の各信号を入力し、後燃焼火格子下空気ダンパ 13 d 及び火格子駆動装置 3 d に制御値信号を出力する。制御装置 15 には、例えば、コンピュータが使用される。

制御装置 15 での入力信号に基づく制御値の計算は周期的に行う。ごみの火格子上の移動は遅く、後燃焼火格子上を通過するのに数 10 分を要するので、計算は数 10 秒から数分の周期で行うのが適当である。この制御値の計算は次のように行う。

まず、後燃焼空気量の制御について説明する。

主煙道温度に基づいて後燃焼空気量を制御するときは、主煙道の基準温度を T_{set} 、今回の測定値を T として、後燃焼空気量の制御値 F_n を次の (1) 式で計算する。

$$F_n = F_{n-1} + k_T (T - T_{set}) \quad (1)$$

但し、 F_{n-1} は前回の制御値、 k_T は主煙道温度についての制御パラメータで正である。

主煙道温度と排ガス中 O₂ 濃度に基づいて、後燃焼空気量を制御するときは、排ガス中 O₂ 濃度の基準値を $[O_2]_{set}$ 、今回の測定値を $[O_2]$ として、後燃焼空気量の制御値 F_n を、次の (2) 式で計算する。

$$F_n = F_{n-1} + k_T (T - T_{set}) + k_{O_2} ([O_2] - [O_2]_{set}) \quad (2)$$

但し、 k_{O_2} は排ガス中 O_2 濃度についての制御パラメータであるが、主煙道温度の測定値 T が基準温度 T_{set} より小で且つ排ガス中 O_2 濃度の測定値 $[O_2]$ が基準値 $[O_2]_{set}$ よりも大のとき、又は主煙道温度の測定値 T が基準温度値 T_{set} より大で且つ排ガス中 O_2 濃度の測定値 $[O_2]$ が基準値 $[O_2]_{set}$ よりも小のとき負であり、それ以外のときは零である。

主煙道温度と排ガス中 CO 濃度に基づいて、後燃焼空気量を制御するときは、排ガス中 CO 濃度の基準値を $[CO]_{set}$ 、今回の測定値を $[CO]$ として、後燃焼空気量の制御値 F_n を次の(3)式で計算する。

$$F_n = F_{n-1} + k_T (T - T_{set}) + k_{CO} ([CO] - [CO]_{set}) \quad (3)$$

但し、 k_{CO} は排ガス中 CO 濃度についての制御パラメータで、主煙道温度の測定値 T が基準値 T_{set} より小で且つ排ガス中 CO 濃度の測定値 $[CO]$ が基準値 $[CO]_{set}$ よりも大であるとき負であり、主煙道温度の測定値 T が基準値 T_{set} より大で且つ排ガス中 CO 濃度の測定値 $[CO]$ が基準値 $[CO]_{set}$ よりも大のとき正であり、それ以外のときは零である。

次に、後燃焼空気量とともに後燃焼火格子速度を制御する場合について説明する。

主煙道温度に基づいて後燃焼空気量を制御するとともに、圧力差に基づいて後燃焼火格子速度を制御するときは、(1)式を用いて後燃焼空気量の制御値 F_n を求め、後燃焼火格子速度の制御値 G_n を、圧力差を ΔP 、基準差を ΔP_{set} として、次の(4)式で計算する。

$$G_n = G_{n-1} + h_P (\Delta P - \Delta P_{set}) \quad (4)$$

但し、 G_{n-1} は前回の制御値、 h_P は圧力差についての制御パラメータで負の値である。

主煙道温度と排ガス中 O_2 濃度に基づいて後燃焼空気量を制御するとともに、

圧力差に基づいて後燃焼火格子速度を制御するときは、(2)式を用いて後燃焼空気量の制御値 F_n を求め、(4)式を用いて後燃焼火格子速度の制御値 G_n を求める。

主煙道温度と排ガス中CO濃度に基づいて後燃焼空気量を制御するとともに、圧力差に基づいて後燃焼火格子速度を制御するときは、(3)式を用いて後燃焼空気量の制御値 F_n を求め、(4)式を用いて後燃焼火格子速度の制御値 G_n を求める。

なお、圧力差を求めずに、主煙道温度或いは主煙道温度と排ガス中成分濃度を測定して後燃焼空気量を制御するとともに、後燃焼火格子速度を制御することもできる。その一例として、主煙道温度と排ガス中CO濃度に基づいて制御する場合を、次に説明する。

後燃焼空気量の制御値 F_n を(3)式を用いて求め、次の(5)式を用いて後燃焼火格子速度の制御値 G_n を求める。

$$G_n = G_{n-1} + h_T (T - T_{set}) + h_{CO} ([CO] - [CO]_{set}) \quad (5)$$

但し、 h_T は主煙道温度についての制御パラメータで負である。 h_{CO} は排ガス中CO濃度についてのパラメータで主煙道温度の測定値 T が基準値 T_{set} より小で且つ排ガス中CO濃度の測定値 $[CO]$ が基準値 $[CO]_{set}$ よりも大であるとき正であり、主煙道温度の測定値 T が基準値 T_{set} より大で且つ排ガス中CO濃度の測定値 $[CO]$ が基準値 $[CO]_{set}$ よりも大のとき負であり、それ以外のときは零である。

以上の計算に際して、主煙道温度、排ガス中O₂濃度、排ガス中CO濃度、圧力差等の基準値に幅がある場合は、基準値として上限値或いは下限値を用い、測定値が限界範囲内であれば測定値と基準値との差を零として計算を行えばよい。

又、以上の計算の他、主煙道温度、排ガス中O₂濃度又はCO濃度の測定以外に、排ガス中O₂濃度の測定と同時にCO濃度の測定を行って、これらの項を加えて計算を行ってもよい。

測定値に関しても、二次空気量、各火格子下への一次空気量の測定を行い、こ

れら空気量の変動を把握し、 O_2 濃度や CO 濃度を補正して用いてもよい。

更に、他の制御方法と併用することも可能であり、例えば、炉出口温度或いは発生蒸気量を測定し、これらを一定に保つために二次空気量を制御する方法と、この発明の制御方法を併用することもできる。

図 1 に示した制御系により、主煙道温度を測定して後燃焼空気量を制御し、排ガス中の CO 濃度を調べた結果を示す。

主煙道温度の基準値 T_{set} は $850^{\circ}C$ で制御値の演算周期は 1 分であった。結果を主煙道温度の測定値とともに図 4 に示す。図 4 で、(a) は主煙道温度の変化を示し、(b) は同時に測定した排ガス中 CO 濃度を示す。

測定は 5 時間にわたって行われたが、後燃焼火格子上では後燃焼空気量の制御による燃焼制御が行われているので、主煙道温度は $820^{\circ}C \sim 930^{\circ}C$ の範囲に制御され、排ガス中 CO 濃度は $20 ppm$ 以下に抑制されていた。

この結果を従来の二次空気量の調整を主とする完全燃焼制御の結果と比較する。図 5 が図 4 に相当する従来の結果である。これによれば、従来の制御方法では、主煙道温度が $750^{\circ}C \sim 1050^{\circ}C$ の範囲で変動し、主煙道温度が高いときに排ガス中 CO 濃度が $200 ppm$ 以上にもなっている。

なお、後燃焼火格子で空気不足の状態が出現する場合は、前段の火格子でも未燃焼ガスの発生が多い。この未燃焼ガスは副煙道を通して混合室に導入されるが、同時にこの発明に基づき増やされた後燃焼空気が高温状態で主煙道から混合室に導入されるので、ここで副煙道ガスに含まれる未燃焼成分の燃焼に寄与する。このため、未燃焼ガスの燃焼のために二次空気の増加量をその分だけ減ずることができ、常温で吹き込まれる二次空気の不必要な冷却効果によるエネルギー損失を減ずることができる。

実施形態 2

図 6 は、ごみ焼却炉の排ガス中の NO_x 及び未燃成分の制御をするためのごみ焼却炉及びその制御系の概念図である。ごみ焼却炉 101 の上部にはごみ投入口 (ホッパ) 102 が設けられており、このごみ投入口 102 から投入されたごみは、燃焼室 101 a 内に装備された乾燥火格子 103 a、燃焼火格子 103 b、

後燃焼火格子 103c と順に送られる。各火格子 103a, 103b, 103c の下には、一次燃焼空気ファン 105 により供給される乾燥或いは燃焼用の一次燃焼空気が送られる。乾燥火格子 103a ではごみが主として乾燥され、燃焼火格子 103b ではごみが燃焼し、後燃焼火格子 103c ではごみが完全に燃焼されて灰となる。この灰は落下口 104 から落下して炉外へ排出される。

一方、燃焼帯 (103b と 103c に相当) の上方には、二次燃焼空気ファン 110 から供給される二次燃焼空気が二次燃焼空気吹き込み口 109 より吹き込まれ、未燃焼成分を酸化するとともに炉の過熱を防いでいる。燃焼排ガスは直接炉出口に逃がさず、燃焼排ガスと水噴霧、二次燃焼空気がよく混ざるように、吹き込み口 109 の上方に傾斜した障壁 111 を設けている。障壁 111 の前方の通路が副煙道であり、後方の通路が主煙道である。両煙道を通った燃焼排ガスは障壁 111 の上方の炉出口 106 で再度混ざり合う。同じく、燃焼帯の上方には、水噴霧量調節器 113 から供給される水噴霧ノズル 113a より水が吹き込まれている。炉出口 106 を出た燃焼排ガスは炉出口から煙突 107 に導かれて炉外へ放出される。その際に、その高温の燃焼排ガスは熱交換器 108a を加熱してボイラ 108b 内の水を沸騰させてその蒸気を熱供給、発電等に用いる。

このごみ焼却炉には水噴霧量制御手段 117 が装備されており、この制御手段 117 には、炉出口温度計 112、排ガス O_2 濃度計 114、排ガス NO_x 濃度計 115、及び排ガス CO 濃度計 116 及びの各信号を入力とし、所定の演算処理を施して制御信号を生成して水噴霧量調節器 113 に出力する。制御手段 117 には、例えばコンピュータが使用されている。制御手段 117 での入力信号に基づく制御値の計算は周期的に行う。水噴霧量の変化に対する炉出口温度や排ガス成分の変動は、数 10 秒後から数分後であるため、計算は数 10 秒から数分の周期で行うのが適当である。

次に、ごみ焼却炉の排ガス中の NO_x 及び未燃成分の制御をするため、炉出口温度、 CO 濃度及び NO_x 濃度の計測値を基にした、水噴霧量を制御する第 1 の方法を、条件別増減制御の場合について、表 1 及び図 10 を用いて説明する。表 1 は水噴霧量の制御方法の概念を示した表である。この表 1 に示されるように、水噴霧量は (1) から (4) の条件で順次演算して、(1) から (4) の条件を

満たす場合には、矢印（→）で示した制御を順次実行する。ただし、（１）から（４）のすべての条件を満たさない場合には、現状の水噴霧量を維持するものとする。なお、水噴霧量を増減させる一定値（１周期ごとの増分量あるいは減分量）は個別に設定できるものとする。

【表１】

水噴霧量の制御方法

（１）炉出口温度が低い場合（ S_1 ）	→	水噴霧量を一定量減らす
（２）ＣＯ濃度が高い場合（ S_2 ）	→	水噴霧量を一定量減らす
（３）ＮＯ _x 濃度も高く（ S_3 ）かつ 炉出口温度も高い場合（ S_4 ）	→	水噴霧量を一定量増やす
（４）炉出口温度が高い場合（ S_5 ）	→	水噴霧量を一定量増やす

次に、制御値の具体的な演算方法を、表１の条件を図式化した図１０のフローチャートに基づいて説明する。スタート（start）から制御を開始し、制御条件を満足しているか否かを判断して、最終的な水噴霧調整量 du の値が決定される。そして、この水噴霧調整量 du 及び水噴霧量出力値の前回値（ u_{k-1} ）から水噴霧量出力値の今回値（ u_k ）が算出される。

$$u_k = u_{k-1} + du \quad (11)$$

なお、図１０の T は炉出口温度の計測値、 CO はＣＯ濃度の計測値、 NO_x は NO_x 濃度の計測値をそれぞれ表している。また、 T_{set1} は炉出口温度が一定未満であるかを判別するための調整パラメータであり、 CO_{set} はＣＯ濃度が一定値を超えているかを判別するための調整パラメータであり、 NO_{xset} は NO_x 濃度が一定値を超えているかを判別するための調整パラメータであり、 T_{set2} は炉出口

温度が一定値を超えているかを判別する調整パラメータである。 $u_1 \sim u_4$ は、水噴霧量の増分又は減分を与える調整パラメータである。

図10において、まず、ステップ S_1 では炉出口温度(T)が制御条件($T < T_{set1}$)によって判定され、制御条件($T < T_{set1}$)を満足する場合には調整量 du を調整パラメータ u_1 とし、制御条件($T < T_{set1}$)を満足しない場合にはステップ S_2 に進む。ステップ S_2 では CO 濃度(CO)が制御条件($CO > CO_{set}$)によって判定され、制御条件($CO > CO_{set}$)を満足する場合には調整量 du を調整パラメータ u_2 とし、制御条件($CO > CO_{set}$)を満足しない場合にはステップ S_3 に進む。ステップ S_3 では NOx 濃度(NOx)が制御条件($NOx > NOx_{set}$)によって判定され、制御条件($NOx > NOx_{set}$)を満足する場合にはステップ S_4 に進み、制御条件($NOx > NOx_{set}$)を満足しない場合にはステップ S_5 に進む。ステップ S_4 では炉出口温度(T)が制御条件($T > T_{set2}$)によって判定され、制御条件($T > T_{set2}$)を満足する場合には調整量 du を調整パラメータ u_3 とし、制御条件($T > T_{set2}$)を満足しない場合は調整量 du を調整パラメータ 0 とする。ステップ S_5 では炉出口温度(T)が制御条件($T > T_{set2}$)によって判定され、制御条件($T > T_{set2}$)を満足する場合には調整量 du を調整パラメータ u_4 とし、制御条件($T > T_{set2}$)を満足しない場合は調整量 du を調整パラメータ 0 とする。

このようにして、図10のフローチャートの処理に従って算出された水噴霧調整量 du の値が式(11)に代入されて水噴霧量出力値(u_k)が算出され、その水噴霧量出力値(u_k)に基づいて流量調節機構の開度が調節される。

次に、第2の方法による、水噴霧量の制御方法を説明する。ここでは、図6の制御手段117において、炉出口温度、 CO 濃度及び NOx 濃度の計測値を基にした水噴霧量制御をファジィ制御によって実施する場合について説明する。表2はファジィ制御によって流量制御を実施する場合のファジィルールを示した表であり、表3は表2のルール(1)～(6)を整理して示した表である。

【表 2】

水噴霧量のファジィ制御方法

(1) 炉出口温度が低い場合	→	水噴霧量を減らす
(2) CO濃度が高い場合	→	水噴霧量を減らす
(3) 炉出口温度が適切な場合	→	水噴霧量を現状維持する
(4) NOx濃度が適切な場合	→	水噴霧量を現状維持する
(5) 炉出口温度が高い場合	→	水噴霧量を増やす
(6) 炉出口温度が高く かつNOx濃度も高い場合	→	水噴霧量を増やす

【表 3】

規則		前件部(入力)			後件部(出力)
NO	適合度	炉出口温度	CO濃度	NOx濃度	△水噴霧量
①	X ₁	低(a ₁)			減(y ₁)
②	X ₂		高(b ₂)		減(y ₂)
③	X ₃	適(a ₂)			現状維持(y ₃)
④	X ₄			適(c ₁)	現状維持(y ₄)
⑤	X ₅	高(a ₃)			増(y ₅)
⑥	X ₆	高(a ₃)		高(c ₂)	増(y ₆)

表 3 おいて、前件部（入力）は炉出口温度、CO 濃度及びNO_x 濃度であり、後件部（出力）は水噴霧量の増減分である。各規則の演算は、図 11 に示されたメンバーシップ関数に基づいて行われる。炉出口温度の演算は図 11（a）に、CO 濃度の演算は図 11（b）に、NO_x 濃度の演算は図 11（c）に各々示された関数に基づいて行われる。次に、表 2 のルール（1）～（6）の各演算結果の和によって水噴霧量の増減分を算出する。ただし、条件を満たさなければ、その出力を零として演算する。

図 6 の水噴霧量制御手段 117 では上記の演算を行って求めた各ルールの後件部推論結果を統合して、ルール全体の推論結果を出力する。各ルールの後件部推論結果の統合には、ファジィ演算の一般的な手法、例えばmin-max 重心法、product-sum 重心法等が用いられる。そして、水噴霧量制御手段 117 で得られた推論結果が流量調節機構に出力され、水噴霧量が調整される。

次に、具体的なファジィ制御適用形態として、計算量が少なく、制御に適したシングルトン法について図 11 を用いて説明する。まず、前件部メンバーシップ関数によって適合度が算出される。図 11（a）は炉出口温度の前件部メンバーシップ関数であり、炉出口温度の測定値がTであるとき、「炉出口温度が低い」という条件に対する適合度は a_1 である。「炉出口温度が適切」という条件に対する適合度は a_2 である。「炉出口温度が高い」という条件に対する適合度は a_3 である。

図 11（b）はCO 濃度の前件部メンバーシップ関数であり、CO 濃度の測定値がCであるとき、「CO 濃度が低い」という条件に対する適合度は b_1 である。「CO 濃度が高い」という条件に対する適合度は b_2 である。

また、図 11（c）はNO_x 濃度の前件部メンバーシップ関数であり、NO_x 濃度の測定値がNであるとき、「NO_x 濃度が適切」という条件に対する適合度は c_1 である。「NO_x 濃度が高い」という条件に対する適合度は c_2 である。

これらの前件部メンバーシップ関数から表 3 の規則①に対する適合度 X_1 を次の式（12）により計算する。規則①は、「炉出口温度が低い」であるから、適合度 X_1 （= a_1 ）である。同様に、規則②の適合度 X_2 （= b_2 ）は式（

13)、規則③の適合度 X_3 ($=a_2$) は式(14)、規則④の適合度 X_4 ($=c_1$) は式(15)、規則⑤の適合度 X_5 ($=a_3$) は式(16)となる。規則⑥の適合度 X_6 は、「炉出口温度が高くかつNOx濃度が高い」であるから、式(17)に示されるように $a_3 \times c_2$ となる。

$$\text{規則①の適合度} \quad X_1 = a_1 \quad (12)$$

$$\text{規則②の適合度} \quad X_2 = b_2 \quad (13)$$

$$\text{規則③の適合度} \quad X_3 = a_2 \quad (14)$$

$$\text{規則④の適合度} \quad X_4 = c_1 \quad (15)$$

$$\text{規則⑤の適合度} \quad X_5 = a_3 \quad (16)$$

$$\text{規則⑥の適合度} \quad X_6 = a_3 \times c_2 \quad (17)$$

次に、後件部において推論を行うために、水噴霧量変更分 $y_1 \sim y_6$ を定める。そして、次の式(18)式により推論を行って、推論結果 z を得る。

$$z = \frac{\sum_{i=1}^6 X_i \times y_i}{\sum_{i=1}^6 X_i} \quad (18)$$

上記の式(18)式に基づく推論結果 z と水噴霧量出力値の前回値(u_{k-1})とから水噴霧量出力の今回値(u_k)が得られる。

$$u_k = u_{k-1} + z \quad (19)$$

次に、第3の方法による、水噴霧量の制御方法を説明する。ここでは、図6の噴霧量制御手段117において、炉出口温度及びNOx濃度の計測値を基にした

水噴霧量の制御方法を条件別増減制御の場合について、表 4 及び図 1 2 を用いて説明する。なお、この方法は、第 1 の方法との関係では、表 1 の (2) のルールが省略されたものである。

表 4 は水噴霧量の制御方法の概念を示した表である。表 4 に示されるように、水噴霧量は (1) から (3) の条件で順次演算して、(1) から (3) の条件を満たす場合には、矢印 (→) で示した制御を順次実行する。ただし、(1) から (3) の全ての条件を満たさない場合には、現状の水噴霧量を維持するものとする。なお、水噴霧量を増減させる一定値 (1 周期ごとの増分量あるいは減分量) は個別に設定できるものとする。

【表 4】

水噴霧量の制御方法

(1) 炉出口温度が低い場合 (S_1)	→	水噴霧量を一定量減らす
(2) NO_x 濃度も高く (S_2) かつ 炉出口温度も高い場合 (S_3)	→	水噴霧量を一定量増やす
(3) 炉出口温度が高い場合 (S_4)	→	水噴霧量を一定量増やす

次に、具体的な演算方法を、表 4 の条件をフローチャートで図式化した図 1 2 に基づいて説明する。スタート (start) から制御を開始して、制御条件を満足しているか否かを判断し、最終的な水噴霧調整量 dv の値が決定される。水噴霧調整量 dv 及び水噴霧量出力値の前回値 (v_{k-1}) から水噴霧量出力値の今回値 (v_k) が算出される。

$$v_k = v_{k-1} + dv \quad (20)$$

図 1 2 の T は炉出口温度の計測値、 NO_x は NO_x 濃度の計測値を表している。また、図 1 2 の T_{set1} は炉出口温度が一定未満であるかどうかを判別する調整パラメータである。 CO_{set} は CO 濃度が一定値を超えているかどうかを判別する調

整パラメータであり、 NOxset は NOx 濃度が一定値を超えているかをどうかを判別する調整パラメータであり、 Tset_2 は炉出口温度が一定値を超えているかを判別する調整パラメータである。 $v_1 \sim v_3$ は、水噴霧量の増分、減分を与える調整パラメータである。

図12において、まず、ステップ S_1 では炉出口温度(T)が制御条件($T < \text{Tset}_1$)によって判定され、制御条件($T < \text{Tset}_1$)を満足する場合には調整量 dv を調整パラメータ v_1 とし、制御条件($T < \text{Tset}_1$)を満足しない場合にはステップ S_2 に進む。ステップ S_2 では NOx 濃度(NOx)が制御条件($\text{NOx} > \text{NOxset}$)によって判定され、制御条件($\text{NOx} > \text{NOxset}$)を満足する場合にはステップ S_3 に進み、制御条件($\text{NOx} > \text{NOxset}$)を満足しない場合にはステップ S_4 に進む。ステップ S_3 では炉出口温度(T)が制御条件($T > \text{Tset}_2$)によって判定され、制御条件($T > \text{Tset}_2$)を満足する場合には調整量 dv を調整パラメータ v_2 とし、制御条件($T > \text{Tset}_2$)を満足しない場合には調整量 dv を調整パラメータ0とする。ステップ S_4 では炉出口温度(T)が制御条件($T > \text{Tset}_2$)によって判定され、制御条件($T > \text{Tset}_2$)を満足する場合には調整量 dv を調整パラメータ v_3 とし、制御条件($T > \text{Tset}_2$)を満足しない場合には調整量 dv を調整パラメータ0とする。

このようにして、図12のフローチャートに従って算出された調整量 dv の値が上記の(20)式に代入されて、水噴霧量出力値(v_k)が算出され、水噴霧量出力値(v_k)に基づいて流量調節機構の開度が調節される。

次に、第4の方法による、水噴霧量の制御方法を説明する。ここでは、図6の水噴霧量制御手段117において、炉出口温度及び NOx 濃度の計測値を基にした水噴霧量制御をファジィ制御によって実施する場合について説明する。なお、これは、第2の方法との関係では、表2の(2)のルールが省略されたものである。

表5はファジィ制御によって流量制御を実施する場合のファジィルールを示した表である。また、表6は表5のルール(1)～(5)を整理して示した表である。

【表 5】

水噴霧量のファジィ制御方法

(1) 炉出口温度が低い場合	→	水噴霧量を減らす
(2) 炉出口温度が適切な場合	→	水噴霧量を現状維持する
(3) NO _x 濃度が適切な場合	→	水噴霧量を現状維持する
(4) 炉出口温度が高い場合	→	水噴霧量を増やす
(5) 炉出口温度が高く かつNO _x 濃度も高い場合	→	水噴霧量を増やす

【表 6】

規則		前件部(入力)		後件部(出力)
N0	適合度	炉出口温度	NO _x 濃度	△水噴霧量
①	X ₁	低(a ₁)		減(y ₁)
②	X ₂	適(a ₂)		現状維持(y ₂)
③	X ₃		適(b ₁)	現状維持(y ₃)
④	X ₄	高(a ₃)		増(y ₄)
⑤	X ₅	高(a ₃)	高(b ₂)	増(y ₅)

表 6 において、前件部（入力）は炉出口温度及び NO_x 濃度であり、後件部（出力）は水噴霧量の増減分である。各規則の演算は、図 13 に示したメンバーシップ関数に基づいて行われる。炉出口温度の演算は図 13（a）に、 NO_x 濃度の演算は図 13（b）に各々示した関数に基づいて行われる。次に、表 5 のルール（1）～（5）の各演算結果の和によって水噴霧量の増減分を算出する。ただし、条件を満たさなければ、その出力を零として演算する。

図 6 の水噴霧量制御手段 117 では、上記の演算を行い、求めた各ルールの後件部推論結果を統合して、ルール全体の推論結果を出力する。各ルールの後件部推論結果の統合には、第 2 の方法の場合と同様に、ファジィ演算の一般的な手法、例えば min-max 重心法、product-sum 重心法等が用いられる。そして、水噴霧量制御手段 117 で得られた推論結果が流量調節機構に出力され、水噴霧量が調整される。

次に、具体的なファジィ制御適用形態として、計算量が少なく、制御に適したシングルトン法について図 13 を用いて説明する。まず、前件部メンバーシップ関数によって適合度が算出される。図 13（a）は炉出口温度の前件部メンバーシップ関数であり、炉出口温度の測定値が T であるとき、「炉出口温度が低い」という条件に対する適合度は a_1 である。「炉出口温度が適切」という条件に対する適合度は a_2 である。「炉出口温度が高い」という条件に対する適合度は a_3 である。また、図 13（b）は NO_x 濃度の前件部メンバーシップ関数であり、 NO_x 濃度の測定値が NO_x であるとき、「 NO_x 濃度が適切」という条件に対する適合度は b_1 である。「 NO_x 濃度が高い」という条件に対する適合度は b_2 である。これらの前件部メンバーシップ関数から表 6 の規則①に対する適合度 X_1 を（21）式により計算する。規則①は、「炉出口温度が低い」であるから、適合度 X_1 （ $= a_1$ ）である。同様にして、規則②の適合度 X_2 （ $= a_2$ ）は式（22）、規則③の適合度 X_3 （ $= b_1$ ）は式（23）、規則④の適合度 X_4 （ $= a_3$ ）は（24）式となる。規則⑤の適合度 X_5 は、「炉出口温度が高くかつ NO_x 濃度が高い」であるから、式（25）のように $a_3 \times b_2$ となる。

$$\text{規則①の適合度} \quad X_1 = a_1 \quad (21)$$

$$\text{規則②の適合度} \quad X_2 = a_2 \quad (22)$$

$$\text{規則③の適合度} \quad X_3 = b_1 \quad (23)$$

$$\text{規則④の適合度} \quad X_4 = a_3 \quad (24)$$

$$\text{規則⑤の適合度} \quad X_5 = a_3 \times b_2 \quad (25)$$

次に、後件部において推論を行うために、水噴霧量変更分 $y_1 \sim y_5$ を定める。そして、式 (26) により推論を行って、推論結果 z を得る。

$$z = \frac{\sum_{i=1}^5 X_i \times y_i}{\sum_{i=1}^5 X_i} \quad (26)$$

式 (26) に基づく推論結果 z と水噴霧量出力値の前回値 (v_{k-1}) から水噴霧量出力の今回値 (v_k) が得られる。

$$v_k = v_{k-1} + z \quad (27)$$

次に、第5の方法による、水噴霧量の制御方法を説明する。ここでは、図6の水噴霧量制御手段117において、 O_2 濃度、 CO 濃度及び NO_x 濃度の計測値を基にした水噴霧量の制御方法を、条件別増減制御の場合について、表7及び図16を用いて説明する。表7は水噴霧量の制御方法の概念を示した表である。表7に示されるように、水噴霧量は(1)から(4)の条件で順次演算して、(1)から(4)の条件を満たす場合には、矢印(→)で示した制御を順次実行する。ただし、(1)から(4)のすべての条件を満たさない場合には、現状の水噴霧量を維持するものとする。なお、水噴霧量を増減させる一定値(1周期ごとの増分量或いは減分量)は個別に設定できるものとする。

【表 7】

水噴霧量の制御方法

(1) O ₂ 濃度が高い場合 (S ₁)	→ 水噴霧量を一定量減らす
(2) CO濃度が高い場合 (S ₂)	→ 水噴霧量を一定量減らす
(3) NO _x 濃度も高く (S ₃) かつ O ₂ 濃度も低い場合 (S ₄)	→ 水噴霧量を一定量増やす
(4) O ₂ 濃度が低い場合 (S ₅)	→ 水噴霧量を一定量増やす

次に、制御値の具体的な演算方法を、表 7 の条件をフローチャートで表した図 16 に基づいて説明する。ここでは、スタート (start) から制御を開始して、制御条件を満足しているか否かを判断し、最終的な水噴霧調整量 dw の値が決定される。そして、この水噴霧調整量 dw 及び水噴霧量出力値の前回値 (w_{k-1}) から水噴霧量出力値の今回値 (w_k) が算出される。

$$w_k = w_{k-1} + dw \quad (28)$$

なお、図 16 の O2 は O₂ 濃度の計測値、CO は CO 濃度の計測値、NO_x は NO_x 濃度の計測値をそれぞれ表している。また、O2set₁ は O₂ 濃度が一定値を超えているかを判別するための調整パラメータであり、COset は CO 濃度が一定値を超えているかを判別するためのパラメータであり、NO_xset は NO_x 濃度が一定値を超えているかを判別するための調整パラメータであり、O2set₂ は O₂ 濃度が一定未満であるかを判別する調整パラメータである。w1 ~ w4 は、水噴霧量の増分又は減分を与える調整パラメータである。

図 16 において、まず、ステップ S₁ では O₂ 濃度 (O2) が制御条件 (O2 > O2set₁) によって判定され、制御条件 (O2 > O2set₁) を満足する場合には調整量 dw を調整パラメータ w1 とし、制御条件 (O2 > O2set₁) を満足しない場合にはステップ S₂ に進む。ステップ S₂ では CO 濃度 (CO) が制御条件 (CO > COse

t) によって判定され、制御条件 ($CO > CO_{set}$) を満足する場合には調整量 dw を調整パラメータ w_2 とし、制御条件 ($CO > CO_{set}$) を満足しない場合にはステップ S_3 に進む。ステップ S_3 では NO_x 濃度 (NO_x) が制御条件 ($NO_x > NO_{xset}$) によって判定され、制御条件 ($NO_x > NO_{xset}$) を満足する場合にはステップ S_4 に進み、制御条件 ($NO_x > NO_{xset}$) を満足しない場合にはステップ S_5 に進む。ステップ S_4 では O_2 濃度 (O_2) が制御条件 ($O_2 < O_{2set}$) によって判定され、制御条件 ($O_2 < O_{2set}$) を満足する場合には調整量 dw を調整パラメータ w_3 とし、制御条件 ($O_2 < O_{2set}$) を満足しない場合には調整量 dw を調整パラメータ 0 とする。ステップ S_5 では O_2 濃度 (O_2) が制御条件 ($O_2 < O_{2set}$) によって判定され、制御条件 ($O_2 < O_{2set}$) を満足する場合には調整量 dw を調整パラメータ w_4 とし、制御条件 ($O_2 < O_{2set}$) を満足しない場合には調整量 dw を調整パラメータ 0 とする。

このように、図 16 のフローチャートの処理に従って算出された水噴霧調整量 dw の値が、上記の (28) 式に代入されて水噴霧量出力値 (w_k) が算出され、その水噴霧量出力値 (w_k) に基づいて流量調節機構の開度が調節される。

次に、第 6 の方法による、水噴霧量の制御方法を説明する。ここでは、水噴霧量制御手段 117 において、 O_2 濃度、 CO 濃度及び NO_x 濃度の計測値を基にした水噴霧量の制御方法をファジィ制御によって実施する場合について説明する。表 8 はファジィ制御によって流量制御を実施する場合のファジィルールを示した表であり、表 9 は表 8 のルール (1) ~ (6) を整理して示した表である。

【表 8】

水噴霧量のファジィ制御方法

-
- (1) O_2 濃度が高い場合 → 水噴霧量を減らす
 (2) CO 濃度が高い場合 → 水噴霧量を減らす
 (3) O_2 濃度が適切な場合 → 水噴霧量を現状維持する
 (4) NO_x 濃度が適切な場合 → 水噴霧量を現状維持する
 (5) O_2 濃度が低い場合 → 水噴霧を増やす
 (6) O_2 濃度が低く
 かつ NO_x 濃度も高い場合 → 水噴霧を増やす
-

【表 9】

規則		前件部(入力)			後件部(出力)
NO	適合度	O_2 濃度	CO 濃度	NO_x 濃度	Δ 水噴霧量
①	X_1	高 (a_3)			減 (y_1)
②	X_2		高 (b_2)		減 (y_2)
③	X_3	適 (a_2)			現状維持 (y_3)
④	X_4			適 (c_1)	現状維持 (y_4)
⑤	X_5	低 (a_1)			増 (y_5)
⑥	X_6	低 (a_1)		高 (c_2)	増 (y_6)

表 9 において、前件部（入力）は O_2 濃度、 CO 濃度及び NO_x 濃度であり、後件部（出力）は水噴霧量の増減分である。各規則の演算は、図 17 に示されたメンバーシップ関数に基づいて行われる。 O_2 濃度の演算は図 17 (a) に、 CO 濃度の演算は図 17 (b) に、 NO_x 濃度の演算は図 17 (c) に各々示された関数に基づいて行われる。次に、表 8 のルール (1) ~ (6) の各演算結果の和によって水噴霧量の増減分を算出する。ただし、条件を満たさなければ、その出力を零として演算する。

水噴霧量制御手段 117 は、上記の演算を行って求めた各ルールの後件部推論結果を統合して、ルール全体の推論結果を出力する。各ルールの後件部推論結果の統合には、ファジィ演算の一般的な手法、例えば min-max 重心法、product-sum 重心法等が用いられる。そして、水噴霧量制御手段 117 で得られた推論結果が流量調節機構に出力され、水噴霧量が補正される。

次に、具体的なファジィ制御適用形態として、計算量が少なく、制御に適したシングルトン法について図 17 を用いて説明する。まず、前件部メンバーシップ関数によって適合度が算出される。図 17 (a) は O_2 濃度の前件部メンバーシップ関数であり、 O_2 濃度の測定値が $O2$ であるとき、「 O_2 濃度が低い」という条件に対する適合度は a_1 である。「 O_2 濃度が適切」という条件に対する適合度は a_2 である。「 O_2 濃度が高い」という条件に対する適合度は a_3 である。

図 17 (b) は CO 濃度の前件部メンバーシップ関数であり、 CO 濃度の測定値が CO であるとき、「 CO 濃度が低い」という条件に対する適合度は b_1 である。「 CO 濃度が高い」という条件に対する適合度は b_2 である。

また、図 17 (c) は NO_x 濃度の前件部メンバーシップ関数であり、 NO_x 濃度の測定値が NOx であるとき、「 NO_x 濃度が適切」という条件に対する適合度は c_1 である。「 NO_x 濃度が高い」という条件に対する適合度は c_2 である。

これらの前件部メンバーシップ関数から表 9 の規則①に対する適合度 X_1 を式 (30) により計算する。規則①は「 O_2 が高い」であるから、適合度 X_1 ($=a_3$) である。同様に、規則②の適合度 X_2 ($=b_2$) は式 (31)、規則③の適合度 X_3 ($=a_2$) は式 (32)、規則④の適合度 X_4 ($=c_1$) は式 (

33)、規則⑤の適合度 X_5 ($=a_1$) は式(34)となる。規則⑥の適合度 X_6 は、「 O_2 濃度が低いかつ NO_x 濃度が高い」であるから、式(35)のように $a_1 \times c_2$ となる。

$$\text{規則①の適合度} \quad X_1 = a_3 \quad (30)$$

$$\text{規則②の適合度} \quad X_2 = b_2 \quad (31)$$

$$\text{規則③の適合度} \quad X_3 = a_2 \quad (32)$$

$$\text{規則④の適合度} \quad X_4 = c_1 \quad (33)$$

$$\text{規則⑤の適合度} \quad X_5 = a_1 \quad (34)$$

$$\text{規則⑥の適合度} \quad X_6 = a_1 \times c_2 \quad (35)$$

次に、後件部において推論を行うために、水噴霧量変更分 $y_1 \sim y_6$ を定める。そして、式(36)により推論を行って、推論結果 z を得る。

$$z = \frac{\sum_{i=1}^6 X_i \times y_i}{\sum_{i=1}^6 X_i} \quad (36)$$

上記の式(36)に基づく推論結果 z と水噴霧量出力値の前回値(u_{k-1})から水噴霧量出力の今回値(u_k)が得られる。

$$u_k = u_{k-1} + z \quad (37)$$

次に、第7の方法による、水噴霧量の制御方法を説明する。ここでは、水噴霧量制御手段117において、 O_2 濃度及び NO_x 濃度の計測値を基にした水噴霧量の制御方法を、条件別増減制御の場合について、表10及び図18を用いて説

明する。なお、この方法は、第5の方法との関係では、表7の(2)のルールが省略されたものである。

表10は水噴霧量の制御方法の概念を示した表である。この表10に示されるように、水噴霧量は(1)から(3)の条件で順次演算して、(1)から(3)の条件を満たす場合には、矢印(→)で示した制御を順次実行する。ただし、(1)から(3)のすべての条件を満たさない場合には、現状の水噴霧量を維持するものとする。なお、水噴霧量を増減させる一定値(1周期ごとの増分量あるいは減分量)は個別に設定できるものとする。

【表10】

水噴霧量の制御方法

(1) O ₂ 濃度が高い場合 (S ₁)	→ 水噴霧量を一定量減らす
(2) NO _x 濃度も高く (S ₂) かつ O ₂ 濃度も低い場合 (S ₃)	→ 水噴霧量を一定量増やす
(3) O ₂ 濃度が低い場合 (S ₄)	→ 水噴霧量を一定量増やす

次に、制御値の具体的な演算方法を、表10の条件をフローチャートで図式化した図18に基づいて説明する。図18のフローチャートはスタート(start)から制御を開始して、制御条件を満足しているか否かを判断して、最終的な水噴霧調整量dxの値が決定される。そして、この水噴霧調整量dx及び水噴霧量出力値の前回値(x_{k-1})から水噴霧量出力値の今回値(x_k)が算出される。

$$x_k = x_{k-1} + dx \quad (38)$$

なお、図18のO₂はO₂濃度の計測値、NO_xはNO_x濃度の計測値をそれぞれ表している。また、O₂set₁はO₂濃度が一定値を超えているかを判別するための調整パラメータであり、NO_xsetはNO_x濃度が一定値を超えているかを判別するための調整パラメータであり、O₂set₂はO₂濃度が一定未満であるかを判別する調整パラメータである。x₁～x₃は、水噴霧量の増分又は減分を与える調

整パラメータである。

図 18 において、まず、ステップ S_1 では O_2 濃度 (O_2) が制御条件 ($O_2 > O_{2set1}$) によって判定され、制御条件 ($O_2 > O_{2set1}$) を満足する場合には調整量 dx を調整パラメータ x_1 とし、制御条件 ($O_2 > O_{2set1}$) を満足しない場合にはステップ S_2 に進む。ステップ S_2 では NO_x 濃度 (NO_x) が制御条件 ($NO_x > NO_{xset}$) によって判定され、制御条件 ($NO_x > NO_{xset}$) を満足する場合にはステップ S_3 に進み、制御条件 ($NO_x > NO_{xset}$) を満足しない場合はステップ S_4 に進む。ステップ S_3 では O_2 濃度 (O_2) が制御条件 ($O_2 < O_{2set2}$) によって判定され、制御条件 ($O_2 < O_{2set2}$) を満足する場合には調整量 dx を調整パラメータ x_2 とし、制御条件 ($O_2 < O_{2set2}$) を満足しない場合には調整量 dx を調整パラメータ 0 とする。ステップ S_4 では O_2 濃度 (O_2) が制御条件 ($O_2 < O_{2set2}$) によって判定され、制御条件 ($O_2 < O_{2set2}$) を満足する場合には調整量 dx を調整パラメータ x_3 とし、制御条件 ($O_2 < O_{2set2}$) を満足しない場合には調整量 dx を調整パラメータ 0 とする。

このように、図 18 のフローチャートに従って算出された調整量 dx の値が (38) 式に代入されて、水噴霧量出力値 (x_k) が算出され、水噴霧量出力値 (x_k) に基づいて流量調節機構の開度が調節される。

次に、第 8 の方法による、水噴霧量の制御方法を説明する。ここでは、水噴霧量制御手段 117 において、 O_2 濃度及び NO_x 濃度の計測値を基にした水噴霧量の制御方法をファジィ制御によって実施する場合について説明する。なお、この方法は、第 6 の方法との関係では表 8 の (2) のルールが省略されたものである。

表 11 はファジィ制御によって流量制御を実施する場合のファジィルールを示した表であり、表 12 は表 11 のルール (1) ~ (5) を整理して示した表である。

【表 1 1】

水噴霧量のファジィ制御方法

(1) O_2 濃度が高い場合	→ 水噴霧量を減らす
(2) O_2 濃度が適切な場合	→ 水噴霧量を現状維持する
(3) NO_x 濃度が適切な場合	→ 水噴霧量を現状維持する
(4) O_2 濃度が低い場合	→ 水噴霧を増やす
(5) O_2 濃度が低く かつ NO_x 濃度も高い場合	→ 水噴霧を増やす

【表 1 2】

規則		前件部(入力)		後件部(出力)
NO	適合度	O_2 濃度	NO_x 濃度	Δ 水噴霧量
①	X_1	高 (a_3)		減 (y_1)
②	X_2	適 (a_2)		現状維持 (y_2)
③	X_3		適 (b_1)	現状維持 (y_3)
④	X_4	低 (a_1)		増 (y_4)
⑤	X_5	低 (a_1)	高 (b_2)	増 (y_5)

表 1 2 において、前件部（入力）は O_2 濃度及び NO_x 濃度であり、後件部（出力）は水噴霧量の増減分である。各規則の演算は、図 1 9 に示したメンバーシップ関数に基づいて行われる。 O_2 濃度の演算は図 1 9（a）に、 NO_x 濃度の演算は図 1 9（b）に各々示した関数に基づいて行われる。次に、表 1 1 のルール（1）～（5）の各演算結果の和によって水噴霧量の増減分を算出する。ただし、条件を満たさなければ、その出力を零として演算する。

水噴霧量制御手段 1 1 7 は、上記の演算を行い、求めた各ルールの後件部推論結果を統合して、ルール全体の推論結果を出力する。各ルールの後件部推論結果の統合には、第 6 の方法と同様に、ファジィ演算の一般的な手法、例えば $\min$ - $\max$ 重心法、 product-sum 重心法等が用いられる。そして、水噴霧量制御手段 1 1 7 で得られた推論結果が流量調節機構に出力され、水噴霧量が調整される。

次に、具体的なファジィ制御適用形態として、計算量が少なく、制御に適したシングルトン法について図 1 9 を用いて説明する。まず、前件部メンバーシップ関数によって適合度が算出される。図 1 9（a）は O_2 濃度の前件部メンバーシップ関数であり、 O_2 濃度の測定値が $O2$ であるとき、「 O_2 濃度が低い」という条件に対する適合度は a_1 である。「 O_2 濃度が適切」という条件に対する適合度は a_2 である。「 O_2 濃度が高い」という条件に対する適合度は a_3 である。

図 1 9（b）は NO_x 濃度の前件部メンバーシップ関数であり、 NO_x 濃度の測定値が NOx であるとき、「 NO_x 濃度が適切」という条件に対する適合度は b_1 である。「 NO_x 濃度が高い」という条件に対する適合度は b_2 である。これらの前件部メンバーシップ関数から表 1 2 の規則①に対する適合度 X_1 を式（4 0）により計算する。規則①は「 O_2 濃度が高い」であるから、適合度 X_1 （= a_3 ）である。同様にして、規則②の適合度 X_2 （= a_2 ）は式（4 1）、規則③の適合度 X_3 （= b_1 ）は式（4 2）、規則④の適合度 X_4 （= a_1 ）は式（4 3）となる。規則⑤の適合度 X_5 は、「 O_2 濃度が低くかつ NO_x 濃度が高い」であるから、式（4 4）のように $a_1 \times b_2$ となる。

$$\text{規則①の適合度} \quad X_1 = a_3 \quad (4\ 0)$$

$$\text{規則②の適合度} \quad X_2 = a_2 \quad (4\ 1)$$

$$\text{規則③の適合度} \quad X_3 = b_1 \quad (42)$$

$$\text{規則④の適合度} \quad X_4 = a_1 \quad (43)$$

$$\text{規則⑤の適合度} \quad X_5 = a_1 \times b_2 \quad (44)$$

次に、後件部において推論を行うために、水噴霧量変更分 $y_1 \sim y_5$ を定める。そして、式(45)により推論を行って、推論結果 z を得る。

$$z = \frac{\sum_{i=1}^5 X_i \times y_i}{\sum_{i=1}^5 X_i} \quad (45)$$

式(45)に基づく推論結果 z と水噴霧量出力値の前回値 (v_{k-1}) から水噴霧量出力の今回値 (v_k) が得られる。

$$v_k = v_{k-1} + z \quad (46)$$

水噴霧量制御手段117により、炉出口温度及びNO_x濃度を測定し水噴霧量を制御した場合のCO濃度及びNO_x濃度を調べた。図14は本発明と従来例の計測結果を示した特性図であり、図14(a)は本発明においてCO濃度とNO_x濃度の6時間分の計測結果を示した特性図、図14(b)は従来例においてCO濃度とNO_x濃度の6時間分の計測結果を示した特性図である。図14(b)に示されるように、従来例では、CO濃度は6時間の測定中に50ppmをこえる高い値が2回発生し、NO_x濃度の平均は100ppmであった。しかし、図14(a)の本発明では、CO濃度は常時10ppm程度に、NO_x濃度の平均は50ppm程度に抑制されていた。

実施の形態 3

図 20 は、図 6 の構成を一部変更したごみ焼却炉及びその制御系の概念図であり、図 6 と同一符号は同一のものを表す。

このごみ焼却炉には二次燃焼空気制御手段 120 及び水噴霧制御手段 121 が装備されており、この二次燃焼空気制御手段 120 には、炉出口温度計 112、排ガス NO_x 濃度計 114、排ガス CO 濃度計 115 及び排ガス O₂ 濃度計 116 の各信号を入力とし、所定の演算処理を施して制御信号を生成し、二次燃焼空気ファン 110 に出力する。水噴霧制御手段 121 には、炉出口温度計 112 及び排ガス NO_x 濃度計 114 の各信号を入力とし、所定の演算処理を施して制御信号を生成し、水噴霧調節器 113 に出力する。これらの制御手段 120、121 には、例えばコンピュータが使用されている。制御手段 120、121 での入力信号に基づく制御値の計算は周期的に行う。炉出口温度や排ガス成分の変動は、数 10 秒後から数分後であるため、計算は数 10 秒から数分の周期で行うのが適当である。

図 20 の水噴霧制御手段 121 において、炉出口温度及び NO_x 濃度の計測値を基にした水噴霧量制御をファジィ制御によって実施する場合について、表 13 及び表 14 に基づいて説明する。表 13 はファジィ制御によって実施される場合のファジィルールを示した表であり、表 14 は表 13 のルール (1) ~ (5) を整理して示した表である。

【表 1 3】

水噴霧量のファジィ制御方法

-
- (1) 炉出口温度が低い場合 → 水噴霧量を減らす
 (2) 炉出口温度が適切な場合 → 水噴霧量を現状維持する
 (3) NO_x 濃度が適切な場合 → 水噴霧量を現状維持する
 (4) 炉出口温度が高い場合 → 水噴霧を増やす
 (5) 炉出口温度が高く
 かつ NO_x 濃度も高い場合 → 水噴霧を増やす
-

【表 1 4】

規 則		前 件 部 (入力)		後件部 (出力)
NO	適合度	炉出口温度	NO _x 濃度	△水噴霧量
①	X ₁	低 (a ₁)		減 (y ₁)
②	X ₂	適 (a ₂)		現状維持 (y ₂)
③	X ₃		適 (b ₁)	現状維持 (y ₃)
④	X ₄	高 (a ₃)		増 (y ₄)
⑤	X ₅	高 (a ₃)	高 (b ₂)	増 (y ₅)

表 1 4 において、前件部（入力）は炉出口温度及び NO_x 濃度であり、後件部（出力）は水噴霧量の増減分である。各規則の演算は、図 2 7 に示したメンバーシップ関数に基づいて行われる。炉出口温度の演算は図 2 7 (a) に、 NO_x 濃度の演算は図 2 7 (b) に各々示した関数に基づいて行われる。次に、表 1 3 のルール (1) ~ (5) の各演算結果の和によって水噴霧量の増減分を算出する。ただし、条件を満たさなければ、その出力を零として演算する。

図 2 0 の水噴霧量制御手段 1 2 1 では上記の演算処理を行い、求めた各ルールの後件部推論結果を統合して、ルール全体の推論結果を出力する。各ルールの後件部推論結果の統合には、ファジィ演算の一般的な手法、例えば $\min\text{-max}$ 重心法或いは product-sum 重心法等が用いられる。そして、水噴霧量制御手段 1 2 1 で得られた推論結果が水噴霧調整器 1 1 3 に出力され、水噴霧量が調整される。

次に、具体的なファジィ制御適用形態として、計算量が少なく、制御に適したシングルトン法について図 2 7 を用いて説明する。

まず、前件部メンバーシップ関数によって適合度が算出される。図 2 7 (a) は炉出口温度の前件部メンバーシップ関数であり、炉出口温度の測定値が T_e であるとき、「炉出口温度が低い」という条件に対する適合度は a_1 である。「炉出口温度が適切」という条件に対する適合度は a_2 である。「炉出口温度が高い」という条件に対する適合度は a_3 である。

また、図 2 7 (b) は NO_x 濃度の前件部メンバーシップ関数であり、 NO_x 濃度の測定値が NO_x であるとき、「 NO_x 濃度が適切」という条件に対する適合度は b_1 である。「 NO_x 濃度が高い」という条件に対する適合度は b_2 である。

これらの前件部メンバーシップ関数から、表 1 4 の規則①に対する適合度 X_1 を式 (5 1) により計算する。規則①は、「炉出口温度が低い」であるから、適合度 X_1 ($=a_1$) である。同様にして、規則②の適合度 X_2 ($=a_2$) は式 (5 2)、規則③の適合度 X_3 ($=b_1$) は式 (5 3)、規則④の適合度 X_4 ($=a_3$) は式 (5 4) となる。規則⑤の適合度 X_5 は、「炉出口温度が高くかつ NO_x 濃度が高い」であるから、式 (5 5) のように $a_3 \times b_2$ となる。

$$\text{規則①の適合度} \quad X_1 = a_1 \quad (5 1)$$

$$\text{規則②の適合度} \quad X_2 = a_2 \quad (52)$$

$$\text{規則③の適合度} \quad X_3 = b_1 \quad (53)$$

$$\text{規則④の適合度} \quad X_4 = a_3 \quad (54)$$

$$\text{規則⑤の適合度} \quad X_5 = a_3 \times b_2 \quad (55)$$

次に、後件部において推論を行うために、水噴霧量変更分 $y_1 \sim y_5$ を定める。
 そして、式 (56) により推論を行って、推論結果 z を得る。

$$z = \frac{\sum_{i=1}^5 X_i \times y_i}{\sum_{i=1}^5 X_i} \quad (56)$$

式 (56) に基づく推論結果 z と水噴霧量出力値の前回値 (v_{k-1}) とから水噴霧量出力の今回値 (v_k) が得られる。

$$v_k = v_{k-1} + z \quad (57)$$

次に、二次燃焼空気制御手段 210 において、炉出口温度、二次燃焼空気量、CO 濃度、NO_x 濃度及び O₂ 濃度の計測値を基にした、二次燃焼空気量制御をファジィ制御によって実施する場合の説明を行う。表 15 はファジィ制御によって実施される場合のファジィルールを示す表であり、表 16 は表 15 のルール (1) ～ (12) を整理して示した表である。

【表 15】

二次燃焼空気量のファジィ制御方法

-
- (1) 炉出口温度が低く二次燃焼空気量が多い場合 → 二次燃焼空気量を減らす
- (2) 炉出口温度が高く二次燃焼空気量が多い場合 → 二次燃焼空気量を増やす
- (3) 炉出口温度が低く二次燃焼空気量が少ない場合 → 二次燃焼空気量を増やす
- (4) 炉出口温度が高く二次燃焼空気量が少ない場合 → 二次燃焼空気量を減らす
- (5) 炉出口温度が高く二次燃焼空気量が中ほどで O_2 濃度が高い場合 →
二次燃焼空気量を減らす
- (6) 炉出口温度が高く二次燃焼空気量が中ほどで O_2 濃度が適度な場合 →
二次燃焼空気量を増やす
- (7) 炉出口温度が低く二次燃焼空気量が中ほどの場合 → 二次燃焼空気量を現状維持する
- (8) NO_x 濃度が高い場合 → 二次燃焼空気量を減らす
- (9) 二次燃焼空気量が少なく CO 濃度が高い場合 → 二次燃焼空気量を増やす
- (10) O_2 濃度が低い場合 → 二次燃焼空気量を大きく増やす
- (11) 炉出口温度が高く CO 濃度が高い場合 → 二次燃焼空気量を増やす
- (12) CO 濃度が適切で NO_x も適切である場合 → 二次燃焼空気量を現状維持する
-

【表 16】

規 則	前 件 部 (入 力)						後 件 部 (出 力)	
	N0 適合度	炉出口温度	二次燃烧空气量	CO濃度	NOx濃度	O ₂ 濃度	Δ二次燃烧空气量	
①	X ₁	低 (a ₁)	多 (c ₃)				減 (Y ₁)	
②	X ₂	高 (a ₃)	多 (c ₃)				増 (Y ₂)	
③	X ₃	低 (a ₁)	少 (c ₁)				増 (Y ₃)	
④	X ₄	高 (a ₃)	少 (c ₁)				減 (Y ₄)	
⑤	X ₅	高 (a ₃)	中 (c ₂)			高 (b ₁)	減 (Y ₅)	
⑥	X ₆	高 (a ₃)	中 (c ₂)			適 (b ₂)	増 (Y ₆)	
⑦	X ₇	低 (a ₁)	中 (c ₂)				現状維持 (Y ₇)	
⑧	X ₈				高 (d ₁)		減 (Y ₈)	
⑨	X ₉		少 (c ₁)	高 (e ₁)			増 (Y ₉)	
⑩	X ₁₀					低 (b ₃)	大增 (Y ₁₀)	
⑪	X ₁₁	高 (a ₃)		高 (e ₁)			増 (Y ₁₁)	
⑫	X ₁₂			適 (e ₂)	適 (d ₂)		現状維持 (Y ₁₂)	

具体的なファジィ制御を適用した場合の二次燃焼空気の制御部の演算方法を図 28 を用いて示す。まず、前件部適合度について計算する。図 28 (a) で、炉出口温度の測定値が T_e であり、「炉出口温度が低である」という条件に対する適合度は a_1 である。同じく、「零」に対して a_2 であり、「高」に対して a_3 である。同様に、炉出口 O_2 濃度については、図 28 (b) で、測定値が O_2 であり、「高」に対して b_1 であり、「適」に対して b_2 であり、「低」に対して b_3 である。二次燃焼空気量現在値については、図 28 (c) で、測定値が $F2_{now}$ であり、「少」に対して c_1 であり、「中」に対して c_2 であり、「多」に対して c_3 である。炉出口 NO_x 濃度については、図 28 (d) で、測定値が NO_x であり、「高い」に対して d_1 であり、「適」に対して d_2 である。炉出口 CO 濃度については、図 28 (e) で、測定値が CO であり、「高い」に対して e_1 であり、「適」に対して e_2 である。

これからの結果から、表 16 の規則①に対する適合度 X_1 を式 (58) により計算する。規則①は、「炉出口温度が低、二次燃焼空気量現在値が多」であるから、 a_1 かつ c_3 である。同様に、規則②～⑫に対する適合度 $X_2 \sim X_{12}$ を、式 (59) ～ (69) により計算する。

$$\text{規則①の適合度} \quad X_1 = a_1 \times c_3 \quad (58)$$

$$\text{規則②の適合度} \quad X_2 = a_3 \times c_3 \quad (59)$$

$$\text{規則③の適合度} \quad X_3 = a_1 \times c_1 \quad (60)$$

$$\text{規則④の適合度} \quad X_4 = a_3 \times c_1 \quad (61)$$

$$\text{規則⑤の適合度} \quad X_5 = a_3 \times c_2 \times b_1 \quad (62)$$

$$\text{規則⑥の適合度} \quad X_6 = a_3 \times c_2 \times b_2 \quad (63)$$

$$\text{規則⑦の適合度} \quad X_7 = a_1 \times c_2 \quad (64)$$

$$\text{規則⑧の適合度} \quad X_8 = d_1 \quad (65)$$

$$\text{規則⑨の適合度} \quad X_9 = c_1 \times e_1 \quad (66)$$

$$\text{規則⑩の適合度} \quad X_{10} = b_3 \quad (67)$$

$$\text{規則⑪の適合度} \quad X_{11} = a_3 \times e_1 \quad (68)$$

$$\text{規則⑫の適合度} \quad X_{12} = e_2 \times d_2 \quad (69)$$

次に、後件部において推論を行うために、二次燃焼空気量変更分 $Y_1 \sim Y_{12}$ を定める。そして、次の式 (70) により推論を行い、推論結果 z を得る。

$$z = \frac{\sum_{i=1}^{12} X_i \times Y_i}{\sum_{i=1}^{12} X_i} \quad (70)$$

最後に、推論結果 z と二次燃焼空気量出力値の前回値 (u_{k-1}) とから二次燃焼空気量出力値の今回値 (u_k) を得る。

$$u_k = u_{k-1} + z \quad (71)$$

ここで、炉出口平均温度とバグフィルタ 119 の出口 TEQ 濃度及び NO_x 濃度との関係について見ると、図 30 の特性図に示されるように、炉出口温度の平均値が高いほど未燃成分は分解されるためにダイオキシン濃度は低くなるが、排ガスの燃焼温度が高くなるために NO_x 濃度が高くなる。逆に炉出口温度の平均値が低いほど、ダイオキシン濃度は高くなり、NO_x 濃度は低くなっている。このため、本実施形態においては、目標下限平均値を約 900℃ に設定し、目標上限平均値を約 950℃ に設定している。このように設定することにより、排ガス中のダイオキシン濃度と NO_x 濃度とを同時に効果的に抑えることができる。

また、二次燃焼空気制御手段 210 による二次燃焼空気量と水噴霧制御手段 211 による水噴霧量との関係について見ると、二次燃焼空気制御手段 210 の計測入力と水噴霧制御手段 211 の計測入力、すなわち、ファジィ推論する際の前件部の条件を設定するパラメータが異なっており (表 14、表 16)、また、前件部メンバーシップ関数の形状も異なっている (図 27、図 28) ので、これらの制御が相互干渉することはない。この実施の形態においては、定常的には二次

燃焼空気量を調整することにより NO_x 及び未燃成分を抑制している。そして、炉出口温度が所定の基準値を超える大きな値になった場合において、二次燃焼空気量の他に水噴霧量も調整して、 NO_x 及び未燃成分を抑制する。

このように水噴霧量の調整（増加）を制限したことにより、水を噴霧したときの弊害を極力避けるようにしている。すなわち、水を大量に吹き込んで炉内を冷やすときには、全てが水蒸気になって炉内を冷やすわけではなく、一部の水はごみの上に付着する。そして、水が付着したごみが燃焼したときに、燃焼状態を悪化させて CO を発生させる要因になる。このことは、図23の特性図に示されるように、炉出口温度が上昇したことで水噴霧を2.5 KL/H、30分程度維持すると、その後に、100 ppm以上の高い CO 濃度が発生していることから分かる。ところが、図24の特性図（本発明の実施の形態）では、炉出口温度が $870 \sim 960^\circ\text{C}$ の範囲（図27（a）参照）で変動しているので、水噴霧量は現状維持となっており、変化はない。

図31は上述の水噴霧量の標準偏差とボイラ出口ダイオキシン濃度との関係を示した特性図である。この特性図から明らかなように、水噴霧量の変動が大きいほどダイオキシン濃度が高くなっており、上記のように水噴霧量の調整（増加）を制限したことにより、ボイラ出口ダイオキシン濃度の増加が避けられていることが分かる。

図20に示した制御手段210、211により、二次燃焼空気量及び水噴霧量を制御した場合の CO 濃度及び NO_x 濃度を調べた。図29は本発明の実施例と二次燃焼空気量のみを制御した場合の例を調べた結果を示す特性図である。図29の（a）は本発明の実施例における CO 濃度と NO_x 濃度の6時間分の計測結果である。図29の（b）は二次燃焼空気量のみを制御した場合の CO 濃度と NO_x 濃度の6時間分の計測結果である。図29の（a）、（b）ともスパイク状の高い CO 濃度は発生していない。しかし、 NO_x 濃度においては、図29の（b）では平均70 ppmに対して、図29の（a）では平均50 ppmに抑えられていることが分かる。

実施の形態 4

図32は、本発明の別の制御方法及び装置を説明する概要図である。同図において、ごみ焼却炉201は火格子式の焼却炉であり、主燃焼室201aと、再燃焼室201bと、ごみ投入口202から投入される生ごみを順次揺動させて焼却させるための乾燥火格子203a、燃焼火格子203b、後燃焼火格子203cが設けられ、再燃焼室201b上部にはボイラ207とその熱交換器207aが設けられている。204は灰を炉外に排出する落下口である。ごみ焼却の炉出口206は急冷反応塔や集塵装置等を経て煙突208へと接続されている。一次燃焼空気を、乾燥火格子203a、燃焼火格子203b、後燃焼火格子203cの下方から主燃焼室201aに供給する一次燃焼空気ファン205とその流量を調整する一次燃焼空気流量調整器205aが備えられ、かつ二次燃焼空気を二次燃焼空気吹き込み口209から主燃焼室201a内に供給する二次燃焼空気ファン210と、その流量を調整する二次燃焼空気流量調整器210aが備えられている。

炉出口温度センサTが、主燃焼室201aの直上の再燃焼室201bまたはその近傍に設けられ、その出力が炉出口温度計212に入力されている。更に、炉出口206には排ガスをサンプリングして、排ガス中のO₂濃度を検出するO₂濃度計213、NO_x濃度を検出するNO_x検出計214、CO濃度を検出するCO濃度計215が設けられ、更に、炉出口6の排ガスをサンプリングして、ダイオキシン類の前駆物質であるクロロベンゼン類(CB類)とクロロフェノール類(CP類)との濃度を検出する排ガス分析計216が設けられている。ボイラ207からの蒸気を送る配管に設けられた蒸気流量計211により、蒸気流量が計測され、二次燃焼空気ファン210からの空気を送る配管に設けられた二次燃焼空気流量計210bにより、二次燃焼空気量が計測されている。これらの各計測値である、炉出口温度、排ガス中のO₂濃度、NO_x濃度、CO濃度、CB類とCP類の濃度、蒸気流量、二次燃焼空気量の各制御パラメータは、制御装置220に入力される。

制御装置220は、例えば、制御部と演算部からなる中央処理装置と記憶装置とを有するコンピュータであり、主な機能として、O₂ - CB類/CP類の相関曲線推定手段217aと、クロロベンゼン類とクロロフェノール類の加算された

濃度が最少となる O_2 濃度を推定するための最少 O_2 濃度演算手段217bと、二次燃焼空気制御手段218と、一次燃焼空気制御手段219とを備える。

一次燃焼空気制御手段219では、一次燃焼空気流量調整器205aを操作して、一次燃焼空気量を調整し、各火格子203a～203cの下方から主燃焼室201a内に供給されている。二次燃焼空気制御手段218では、二次燃焼空気流量調整器210aを操作して、二次燃焼空気流量計210bからの二次燃焼空気量をフィードバックして最適値となるように調整されて、二次燃焼空気ファン210から二次燃焼空気が二次燃焼空気吹き込み口209を介して主燃焼室201a内に吹き込まれている。

また、相関曲線推定手段217aでは、排ガス中の O_2 濃度値に対する排ガス中のクロロベンゼン類とクロロフェノール類の加算された濃度値が所定の周期で記憶装置に入力され、 O_2 濃度と、CB類とCP類の濃度の和との相関曲線が作成されている。最少 O_2 濃度演算手段217bでは、この相関曲線からCB類とCP類の加算された濃度値が最少となる O_2 濃度が算出され、この最少 O_2 濃度値を制御パラメータとして、二次燃焼空気制御手段218に周期的に入力して演算処理し、二次燃焼空気量が求められている。最少 O_2 濃度演算手段217bは逐次最小二乗法、連分数展開、スプライン近似、テイラー級数近似、ラグランジュの補間法などによる。

更に、この燃焼制御について説明すると、二次燃焼空気制御手段218による二次燃焼空気量の制御では、ボイラ蒸発量と二次燃焼空気量と炉出口温度と排ガス中のCO濃度、 O_2 濃度、 NO_x 濃度が周期的に計測され、各々の計測値に基づいて、二次燃焼空気量が制御されている。炉出口206の排ガスは、例えば、5秒毎に連続または半連続分析計による排ガス分析計216にサンプリングされて、排ガス中のCB類、CP類の濃度が計測され、CB類とCP類の濃度の和が算出されて時系列的に記憶装置に記憶されている。また、排ガスをサンプリングして、排ガス中の O_2 濃度を O_2 濃度計213で検出して、その計測値を時系列的に記憶する。

続いて、記憶装置に書き込まれたデータを読み出して、CB類とCP類の濃度の加算値の移動平均を一定時間毎に算出し、同様に O_2 濃度の移動平均を算出す

る。移動平均値の算出は、例えば、2分毎に最近5分間のデータの平均を算出して記憶する。また、相関曲線推定手段217aにより、O₂濃度に対するCB類とCP類の加算濃度に相関曲線（近似曲線）が作成される。この相関曲線から最少O₂濃度演算手段217bにより、CB類とCP類の加算濃度が最少値となるO₂濃度が算出される。二次燃焼空気制御手段218には、ボイラ蒸気発生量、二次燃焼空気量、炉出口温度、排ガス中のO₂濃度、NO_x濃度、CO濃度の各計測値と、最少O₂濃度演算手段217bとによって算出される最適O₂濃度の各制御パラメータが入力されて、二次燃焼空気量の制御が周期的に実行される。二次燃焼空気制御手段218からの二次燃焼空気量制御信号は、二次燃焼空気調整器210bに入力され、これによって修正された二次燃焼空気量が主燃焼室201a内に供給される。これにより、排ガス中のクロロベンゼン類、クロロフェノール類濃度が低減できるとともに、排ガス中のNO_x濃度はO₂濃度に比例するので、酸素過剰とならないように制御できる。

この燃焼制御では、二次燃焼空気量の制御が、図34、図35に示した計測データ解析結果に基づいてなされている。図34によれば、NO_x濃度は二次燃焼空気量と正の相関がある。それに対し、CO濃度は二次燃焼空気量が少なすぎると、領域（I）に示したように、炉内の酸素が不足気味となりCO濃度が高くなる。逆に、領域（III）に示したように、二次燃焼空気量が多すぎると過剰な酸素が冷却作用を及ぼし、炉出口温度も下がり、CO濃度が高くなる。二次燃焼空気量が適量である領域では完全燃焼するため、炉出口温度は高くなり、CO濃度が低くなる。よってCO、NO_xを同時に抑制するためには、二次燃焼空気量を適度な領域（II）に保ち、完全燃焼を促進させるように制御する。また、O₂濃度は二次燃焼空気量と正の相関がある。

また、一定周期ごとに排ガス中のクロロフェノール類とクロロベンゼン類との濃度と、排ガス中のO₂濃度を計測してデータを記憶装置に蓄積する。そして、一定周期ごとに算出されるクロロフェノール類、クロロベンゼン類の濃度の和の平均値とO₂濃度の平均値に基づいて、相関曲線推定手段217aにより、逐次O₂ - CB類、CP類の相互関係を推定する。図35に示すように、ダイオキシン類の前駆体である、クロロフェノール類とクロロベンゼン類の濃度におけるO

2 濃度との相関曲線 (a) は、CO 濃度の場合の相関曲線 (b) と同じく下に凸状の二次曲線となる。この相関曲線 (b) によりクロロフェノール類とクロロベンゼン類の濃度を最少にする O₂ 濃度を推定することができる。この最少 O₂ 濃度は、最少 O₂ 濃度演算手段 217b で算出し、その O₂ 濃度値を基準値として、制御パラメータを設定し、二次燃焼空気制御手段 218 により二次燃焼空気量の制御を行うことによって、厳密なダイオキシン類の低減が可能になる。

この方法によれば、二次燃焼空気量の制御に当たり、炉内温度および排ガス中の O₂、CO、NO_x 濃度を測定して、二次燃焼空気量に対する炉内温度および排ガス中の O₂、CO、NO_x 濃度の特性に応じて、よりきめ細かく二次燃焼空気量を制御して炉内温度を安定にすることができるとともに、排ガス中の O₂ 濃度を所定の範囲に設定して、O₂ 不足による CO 濃度の上昇と、O₂ 過剰による NO_x、CO 濃度の上昇を防ぎ、しかもダイオキシン類前駆物質の生成を抑制することができる。

次に、図 32 の構成を一部を変更した図 33 の例を説明する。図 32 との相違は、排ガスの分析手段にあり、クロロベンゼン類やクロロフェノール類、CO 濃度、NO_x 濃度を排ガス分析計 216a で計測して検出している点である。もちろん、図 32 のように個別の装置で計測してもよいことは明らかである。したがって、一次燃焼空気量の制御については図 32 の場合と同一である。

この場合の二次燃焼空気量の制御では、O₂ 濃度と、クロロベンゼン類とクロロフェノール類の濃度の和との相関関係を相関曲線推定手段 217a で求めて、その二次関数で表される相関曲線から最少 O₂ 濃度演算手段 217b による関数近似手法、例えば、逐次最小二乗法を適用して、排ガス中の CB 類と CP 類の加算濃度が最少となる O₂ 濃度を算出して、その制御パラメータを二次燃焼空気制御手段 218 に入力する。二次燃焼空気制御手段 218 は、非線形制御を適用して、二次燃焼空気量を算出している。

O₂ 濃度計 213 による O₂ 濃度と、排ガス分析計 216 によるクロロベンゼン類とクロロフェノール類濃度の和の計測データから得られる関係は、図 35 に示した通りである。相関曲線を算出する式は、O₂ 濃度を X、クロロベンゼン類とクロロフェノール類濃度の和を Y とすれば、(101) 式に示す二次関数で表

すことができる。

$$Y = A_1 X^2 + A_2 X + A_3 \quad (101)$$

但し、 A_1 、 A_2 、 A_3 は相関曲線係数である。

(101) 式において、関数 Y が最小となる相関曲線係数 A_1 、 A_2 、 A_3 は、逐次最小二乗法による下記の(102)式によって得られる。

$$\min_{a \in \mathbb{R}^3} \left(\sum_{i=n-k+1}^n (\bar{Y}_i - a^T \bar{X}_i)^2 \right) \dots\dots (102)$$

$$a = (A_1 \ A_2 \ A_3)^T$$

$$\bar{X}_i = (\bar{X}_i^2 \ \bar{X}_i^1)^T$$

但し、 $\bar{Y}_i$: i 番目のクロロベンゼン類、クロロフェノール類濃度の和の平均値

$\bar{X}_i$: i 番目の O_2 濃度平均値

(102) 式は、 O_2 濃度と、クロロベンゼン類とクロロフェノール類の濃度の和の平均化されたデータが n 個あるとき、その直近の k 個のデータにより、関数 Y が最小となる相関曲線係数 A_1 、 A_2 、 A_3 を決定する演算処理を行うことができる。この近似曲線から、クロロベンゼン類とクロロフェノール類の濃度の和を最少にする最適 O_2 濃度を X_{O_2} すると、最適 O_2 濃度 X_{O_2} は、(103)式で求めることができる。

$$X_{O_2} = -A_2 / 2A_1 \quad (103)$$

最適 O_2 濃度 X_{O_2} は、 O_2 濃度の目標値として、二次燃焼空気制御手段218へ入力される。このように、クロロベンゼン類とクロロフェノール類の濃度の和を最少とする O_2 濃度の目標値は、相関曲線推定手段217aおよび最少 O_2 濃

度演算手段 2 1 7 b により算出することができる。また、二次燃焼空気制御手段 2 1 8 には、非線形制御手段が適用される。二次燃焼空気制御の具体的な手法を表 1 7 および図 3 6 のフローチャートを用いて説明する。

【表 1 7】

二次燃焼空気量の制御方法

- | | |
|---|----------------|
| (1) 炉出口温度が低く、
かつ、二次燃焼空気量が多い。 | →二次燃焼空気量を減らす。 |
| (2) 炉出口温度が低く、
かつ、二次燃焼空気量が少ない。 | →二次燃焼空気量を増やす。 |
| (3) 炉出口温度が低く、
かつ、二次燃焼空気量が適量である。 | →二次燃焼空気量を維持する。 |
| (4) 炉出口温度が低くなく、かつ、
二次燃焼空気量が多く、かつ、
ボイラ蒸発量が多い。 | →二次燃焼空気量を増やす。 |
| (5) 炉出口温度が低くなく、かつ、
二次燃焼空気量が多く、かつ、
ボイラ蒸発量が少ない。 | →二次燃焼空気量を減らす。 |
| (6) 炉出口温度が低くなく、かつ、
二次燃焼空気量が多く、かつ、
ボイラ蒸発量が適量である。 | →二次燃焼空気量を維持する。 |
| (7) 炉出口温度が低くなく、かつ、
二次燃焼空気量が少なく、かつ、
ボイラ蒸発量が多い。 | →二次燃焼空気量を減らす。 |
| (8) 炉出口温度が低くなく、かつ、
二次燃焼空気量が少なく、かつ、
ボイラ蒸発量が少ない。 | →二次燃焼空気量を増やす。 |
| (9) 炉出口温度が低くなく、かつ
二次燃焼空気量が少なく、かつ、
ボイラ蒸発量が適量である。 | →二次燃焼空気量を維持する。 |
| (10) 炉出口温度が低くなく、かつ、
二次燃焼空気量が適量である。 | →二次燃焼空気量を維持する。 |
| (11) CO濃度が高く、かつ、
二次燃焼空気量が多い。 | →二次燃焼空気量を減らす。 |
| (12) CO濃度が高く、かつ、
二次燃焼空気量が少ない。 | →二次燃焼空気量を増やす。 |
| (13) O ₂ 濃度が高い。 | →二次燃焼空気量を減らす。 |
| (14) O ₂ 濃度が低い。 | →二次燃焼空気量を増やす。 |
| (15) NO _x 濃度が高い。 | →二次燃焼空気量を減らす。 |

最初に、測定した各計測値より、現在の燃焼状態が表 17 に示す (1) から (15) の条件に当てはまるかの判断を順次行う。これらの条件が当てはまる場合は、矢印 (→) で示した制御を実行する。この制御の実行は、各条件に対して予め設定しておいた増分量または減分量に従い、二次燃焼空気制御手段 218 によって、二次燃焼空気量調整器 210a を調整する。

さらに、その燃焼制御の具体的な演算方法について、図 36 ~ 図 39 に示したフローチャートに基づいて説明する。なお、図 36 ~ 図 39 は表 1 の条件をフローチャートで図式化したものである。

図 36 の START1、図 37 の START2、図 38 の START3、図 39 の START4 からフローチャートに従って、一定周期でそれぞれの条件を満足しているかをどうかを判断し、最終的に W_1 から W_4 の値が決定される。この W_1 から W_4 および二次燃焼空気量の前回値 U_{k-1} から二次燃焼空気量の今回値 U_k が導出される。

図 36 ~ 図 39 において、 T_e は炉出口温度、 F_2 は二次燃焼空気量、 ST はボイラ蒸発量、 O_2 は酸素濃度、 NO_x は NO_x 濃度、 CO は CO 濃度を表す。また、 T_1 は炉出口温度の下限判定値を判別する調整パラメータである。 F_{21} 、 F_{22} は、それぞれ二次燃焼空気量の上限、下限判定値を判別する調整パラメータである。 ST_1 、 ST_2 は、それぞれボイラ蒸発量の上限、下限判定値を判別する調整パラメータである。 O_{X1} 、 O_{X2} は、それぞれ O_2 濃度の上限、下限判定値を判別する調整パラメータである。 N_1 は、それぞれ NO_x 濃度の上限判定値を判別する調整パラメータである。 CO_1 は、それぞれ CO 濃度の上限判定値を判別する調整パラメータである。 $G_1 \sim G_{15}$ は二次燃焼空気量の増分、減分量を与える調整パラメータである。

図 36 の説明

ステップ S1 で、 T_e (炉出口温度) $< T_1$ (炉出口温度下限値) が判定され、この条件を満足する場合はステップ S2 に進む。ステップ S2 では、 F_2 (二次燃焼空気量) $> F_{21}$ (二次燃焼空気量上限値) が判定され、この条件を満足すれば、 W_1 を G_1 に設定する。ステップ S2 において、 $F_2 > F_{21}$ を満足しない場合はステップ S3 に進み、 $F_2 \leq F_{22}$ (二次燃焼空気量下限値) を満足する場合は、 W_1 を G_2 に設定する。ステップ S3 で、 $F_2 \leq F_{22}$ を満足しな

い場合は、 W_1 を G_3 とする。

ステップS 1において、 $T_e < T_1$ を満足しない場合は、ステップS 4に進み、 $F_2 > F_{21}$ の条件を判定し、満足する場合は、ステップS 5に進み、 ST (ボイラ蒸気量) $> ST_1$ (ボイラ蒸気量上限値) の条件を満足する場合は、 W_1 を G_4 とする。ステップS 5において、この条件を満足しない場合は、ステップS 6に進み、 $ST \leq ST_2$ (ボイラ蒸気量下限値) の条件が判定され、満足する場合は W_1 を G_5 とし、満足しない場合は W_1 を G_6 とする。

ステップS 4において、 $F_2 > F_{21}$ の条件を満足しない場合は、ステップS 7に進み、 $F_2 \leq F_{22}$ の条件が判定される。この条件を満足する場合は、ステップS 8に進み、 $ST > ST_1$ の条件を満足する場合は W_1 を G_7 とする。

ステップS 8において、 $ST > ST_1$ の条件を満足しない場合は、ステップS 9に進み、 $ST \leq ST_2$ の条件を満足する場合は W_1 を G_8 とし、ステップS 9の条件を満足しない場合は W_1 を G_9 とする。また、ステップS 7の条件を満足しない場合は W_1 を G_{10} とする。

図37の説明

ステップS 1において、 CO (CO 濃度) $> CO_1$ の条件が判定され、この条件を満足する場合は、ステップS 2に進み、 $F_2 > F_{21}$ の条件が判定され、この条件を満足する場合は $W_2 = G_{11}$ とし、この条件を満足しない場合は、ステップS 3に進む。ステップS 3において、 $F_2 \leq F_{22}$ の条件を満足する場合は、 $W_2 = G_{12}$ とし、満足しない場合は $W_2 = 0$ とする。ステップS 1において、 $CO > CO_1$ の条件を満足しない場合は $W_2 = 0$ とする。

図38の説明

ステップS 1において、 O_2 (O_2 濃度) $> OX_1$ の条件を満足する場合は、 $W_3 = G_{13}$ とする。ステップS 1の条件を満足しない場合は、ステップS 2に進み、 $O_2 \leq OX_2$ を満足する場合は、 $W_3 = G_{14}$ とし、ステップS 2を満足しない場合は、 $W_3 = 0$ とする。

図39の説明

ステップS 1において、 $NO_x > N_1$ の条件を満足した場合は、 $W_4 = G_{15}$ とし、この条件を満足しない場合は、 $W_4 = 0$ とする。

上記のように、図36～図39のフローチャートに従って、 W_1 ないし W_4 の値が設定され、今回の二次燃焼空気量 (U_k) は、 W_1 ないし W_4 の値と前回の二次燃焼空気量 (U_{k-1}) に基づいて、下記の(104)式により導出される。

$$U_k = U_{k-1} + W_1 + W_2 + W_3 + W_4 \quad (104)$$

なお、 OX_1 、 OX_2 は相関曲線推定手段217にて計算される最適 O_2 濃度 X_{O_2} に基づいて、(105)式、(106)式により、逐次決定する。それ以外の調整パラメータについては手動で入力して設定する。無論、自動で入力してもよい。

$$OX_1 = X_{O_2} + \alpha 1 \quad (105)$$

$$OX_2 = X_{O_2} - \alpha 2 \quad (106)$$

但し、 $\alpha 1$ 、 $\alpha 2$ ：調整パラメータ

上記のように、ボイラ蒸発量と二次燃焼空気量と炉出口温度と排ガス分析計による CO 濃度、 O_2 濃度、 NO_x 濃度を周期的に計測し、各々の計測値に基づいて非線形制御手段により二次燃焼空気量を制御する系を備えている。更に、排ガス中のクロロベンゼン類、クロロフェノール類の連続または半連続分析計による排ガス分析計により、計測された計測値の和と O_2 濃度計の計測値に基づいて、周期的に相互関係の評価式を逐次最小二乗法により算出し、それに基づき、非線形制御手段における O_2 濃度の制御パラメータを逐次修正する機能も備えている。その結果、ごみ焼却炉の排ガス中の NO_x と未燃成分、主にダイオキシン類の生成を抑制することができる。

ごみ焼却炉のプロセスは非線形特性を伴う、多変数干渉系であり、線形制御を前提とした現代制御理論を適用することは、非常に困難であるが、上記で説明した非線形制御手法を用いることによって、極めて良好な制御が可能である。

次に、さらに別の制御方法を図33を参照しながら説明する。ここでは、 O_2

濃度と、CB類とCP類の濃度の和の相関関係を、関数近似手法による相関曲線推定手段（近似曲線算出手段）217aにより算出する。最少O₂濃度演算手段217bでは、周期的に計測して時間に依存した重み付けを行う、重み付き逐次最小二乗法を適用し、かつ、二次燃焼空気制御手段218にファジィ制御手段を適用した場合について説明する。

排ガス中のO₂濃度と、クロロベンゼン類とクロロフェノール類の濃度の和の計測データから得られる関係は、式(101)で表せる。

さらに、CB類とCP類の和Yを最少とする相関曲線係数A₁、A₂、A₃は、(107)式に示す逐次最小二乗法により得ることができる。

$$\min_{a \in R^3} \left(\sum_{i=n-k+1}^n (\lambda^{n-i} (\bar{Y}_i - a^T \bar{x}_i))^2 \right) \dots\dots (107)$$

$$a = (A_1 \ A_2 \ A_3)^T$$

$$\bar{x}_i = (\bar{X}_i^2 \ \bar{X}_i^1)^T$$

但し、 $\bar{Y}_i$: i番目のクロロベンゼン、クロロフェノール類濃度の和の平均値

$\bar{X}_i$: i番目のO₂濃度平均値

λ : 忘却係数 ($0 < \lambda \leq 1$)

(107)式は、O₂濃度とクロロベンゼン類とクロロフェノール類濃度の和の平均化されたデータがn個あるとき、その直近のk個のデータによって相関曲線係数を決定する演算が可能であることを示している。更に、忘却係数 λ を使って、新しいデータには大きい重み、古いデータには小さい重みを持たせている。忘却係数 λ は通常、0.90から0.95の範囲の値を用いる。また、忘却係数 λ が1のとき、(107)式は、従来の逐次最小二乗法となる。その結果、最近の傾向に依存した、相関関係から最適O₂濃度を得ることができる。得られた近似曲線から、クロロベンゼン類とクロロフェノール類の濃度の和を最少にする最適O₂濃度X_{o₂}は、(108)式で求めることができる。

$$X_{O_2} = -A_2 / 2 A_1 \quad (108)$$

最適O₂ 濃度 X_{O_2} は、二次燃焼空気制御手段 2 1 8 へO₂ 濃度の目標値として引き渡される。

次に、ファジィ制御を適用した、二次燃焼空気制御の具体的な手法について、説明する。表 1 8 はファジィ制御にて二次燃焼空気量制御を実施する場合のファジィルールを示したものであり、表 1 9 は表 1 8 のファジィルール (1) ~ (1 8) を整理して示したものである。

【表 18】

二次燃焼空気量のファジィ制御方法

- | | | |
|------|--|----------------|
| (1) | 炉出口温度が低い。 | →二次燃焼空気量を減らす。 |
| (2) | 炉出口温度がやや低く、かつ、
二次燃焼空気量偏差が低い。 | →二次燃焼空気量を増やす。 |
| (3) | 炉出口温度がやや低く、かつ、
二次燃焼空気量偏差が高い。 | →二次燃焼空気量を減らす。 |
| (4) | 炉出口温度がやや低く、かつ、
二次燃焼空気量偏差が適量である。 | →二次燃焼空気量を維持する。 |
| (5) | 炉出口温度が適温、かつ、蒸気
量偏差が高く、かつ、
二次燃焼空気量偏差が低い。 | →二次燃焼空気量を減らす。 |
| (6) | 炉出口温度が適温、かつ、蒸気
量偏差が低く、かつ、二次燃焼
空気量偏差が低い。 | →二次燃焼空気量を増やす。 |
| (7) | 炉出口温度が適温、かつ、蒸気
量偏差が高く、かつ、二次燃焼
空気量偏差が高い。 | →二次燃焼空気量を増やす。 |
| (8) | 炉出口温度が適温、かつ、蒸気
量偏差が低く、かつ、二次燃焼
空気量偏差が高い。 | →二次燃焼空気量を減らす。 |
| (9) | 炉出口温度が適温、かつ、蒸気
量偏差が高く、かつ、二次燃焼
空気量偏差が適量、かつ、
O ₂ 濃度が高い。 | →二次燃焼空気量を減らす。 |
| (10) | 炉出口温度が適温、かつ、
蒸気量偏差が高く、かつ、
二次燃焼空気量偏差が適量、かつ、
O ₂ 濃度が適度である。 | →二次燃焼空気量を増やす。 |
| (11) | 蒸気量偏差が低く、かつ、
二次燃焼空気量偏差が適量である。 | →二次燃焼空気量を維持する。 |
| (12) | NO _x 濃度が高い。 | →二次燃焼空気量を減らす。 |
| (13) | 炉出口温度が適温、かつ、
CO濃度が高い。 | →二次燃焼空気量を増やす。 |
| (14) | 炉出口温度がやや低く、かつ、
CO濃度が高い。 | →二次燃焼空気量を増やす。 |
| (15) | O ₂ 濃度が低い。 | →二次燃焼空気量を増やす。 |
| (16) | O ₂ 濃度がとても高い。 | →二次燃焼空気量を減らす。 |
| (17) | CO濃度が適度、かつ、
NO _x 濃度が適度である。 | →二次燃焼空気量を維持する。 |
| (18) | O ₂ 濃度がやや低い。 | →二次燃焼空気量を増やす。 |

【表 19】

ルール		前 件 部						後件部
No	適合度	炉出口温度	蒸気量偏差	F 2 量偏差	CO 濃度	NO 濃度	O2 濃度	F 2 量補正
(1)	Z ₁	低(a ₁)						減1(V ₁)
(2)	Z ₂	やや低(a ₂)		低(c ₁)				増1(V ₂)
(3)	Z ₃	やや低(a ₂)		高(c ₁)				減2(V ₃)
(4)	Z ₄	やや低(a ₂)		真中(c ₂)				維持 1 (V ₄)
(5)	Z ₅	適(a ₃)	高(b ₂)	低(c ₁)				減3(V ₅)
(6)	Z ₆	適(a ₃)	低(b ₁)	低(c ₁)				増2(V ₆)
(7)	Z ₇	適(a ₃)	高(b ₂)	高(c ₁)				増3(V ₇)
(8)	Z ₈	適(a ₃)	低(b ₁)	高(c ₁)				減4(V ₈)
(9)	Z ₉	適(a ₃)	高(b ₂)	真中(c ₂)			高(f ₄)	減5(V ₉)
(10)	Z ₁₀	適(a ₃)	高(b ₂)	真中(c ₂)			適(f ₃)	増4(V ₁₀)
(11)	Z ₁₁		低(b ₁)	真中(c ₂)				維持 2 (V ₁₁)
(12)	Z ₁₂					高(e ₂)		減6(V ₁₂)
(13)	Z ₁₃	適(a ₃)			高(d ₂)			増5(V ₁₃)
(14)	Z ₁₄	やや低(a ₂)			高(d ₂)			増6(V ₁₄)
(15)	Z ₁₅						低(f ₁)	増7(V ₁₅)
(16)	Z ₁₆						大高(f ₅)	減7(V ₁₆)
(17)	Z ₁₇				適(d ₁)	適(e ₁)		維持 3 (V ₁₇)
(18)	Z ₁₈						やや低(f ₂)	増8(V ₁₈)

表 19 に示したように、前件部（入力）は炉出口温度、蒸発量偏差、二次燃焼空気量偏差、排ガス CO 濃度、排ガス NO_x 濃度、排ガス O₂ 濃度であり、後件部（出力）は二次燃焼空気量の増減分である。各規則の演算は図 40、図 41 に示したメンバーシップ関数に基づいて、各入力項目毎に計算される。そして、ルール（1）～（18）の各演算結果の和によって二次燃焼空気量の増減分を算出する。ただし、条件を満たさなければ、出力を零として演算する。

図 32 の二次燃焼空気量制御手段 218 では上記の演算を行い、求めた各ルールの後件部推論結果を統合して、ルール全体の推論結果を出力する。各ルールの後件部推論結果の統合には、ファジィ演算の一般的な手法、例えば、min-max 重心法、product-sum 重心法等が用いられる。二次燃焼空気量制御手段（ファジィ制御手段）218 で得られた推論結果が二次燃焼空気量調整器 210a に出力され、二次燃焼空気量が補正される。

次に、具体的に計算量が少なく、制御系実装に適しているシングルトン法をファジィ演算に適用した例について説明する。まず、前件部メンバーシップ関数により適合度を算出する。炉出口温度が T_e であるとき、図 40（a）において、条件「炉出口温度が低い」①に対する適合度は a_1 であり、条件「炉出口温度がやや低い」②に対する適合度は a_2 である。また、条件「炉出口温度が適当である」③に対する適合度は a_3 （0）である。なお、これらのメンバーシップ関数のパラメータはあらかじめ設定しておく。

ボイラ蒸発量偏差が STMDIF であるとき、図 40（b）において、条件「蒸発量偏差が低い」①に対する適合度は b_1 であり、条件「蒸発量偏差が高い」②に対する適合度は b_2 である。なお、これらのメンバーシップ関数のパラメータはあらかじめ設定しておく。

二次燃焼空気量偏差が F2DIF であるとき、図 40（c）において、条件「二次燃焼空気量偏差が低い」①に対する適合度は c_1 であり、条件「二次燃焼空気量偏差が適当である」②に対する適合度は c_2 である。また、条件「二次燃焼空気量偏差が高い」③に対する適合度は c_3 （0）である。なお、これらのメンバーシップ関数のパラメータはあらかじめ設定しておく。

CO 濃度が CO であるとき、図 40（d）において、条件「CO 濃度が適当で

ある」①に対する適合度は d_1 であり、条件「CO濃度が高い」②に対する適合度は d_2 である。なお、これらのメンバーシップ関数のパラメータはあらかじめ設定しておく。

NO_x濃度がNO_xであるとき、図40(e)において、条件「NO_x濃度が適当である」①に対する適合度は e_1 であり、条件「NO_x濃度が高い」②に対する適合度は e_2 である。なお、これらのメンバーシップ関数のパラメータはあらかじめ設定しておく。

O₂濃度がO₂であるとき、図41において、条件「O₂濃度が低い」①に対する適合度は f_1 であり、条件「O₂濃度がやや低い」②に対する適合度は f_2 である。また、条件「O₂濃度が適当である」③に対する適合度は f_3 (0)であり、条件「O₂濃度が高い」④に対する適合度は f_4 (0)、条件「O₂濃度がとても高い(大高)」⑤に対する適合度は f_5 (0)である。なお、これらのメンバーシップ関数のパラメータは相関曲線推定手段217aと最少O₂濃度演算手段217bとで算出される最適O₂濃度 X_{O_2} を中心に設定する。具体的には、O₂濃度の変動の最大と最小の差を1%程度に抑えるために条件「O₂濃度が適当である」③の領域を $X_{O_2} \pm \beta_1$ %に定める。また、条件「O₂濃度がとても高い」⑤と条件「O₂濃度が低い」①の領域を $X_{O_2} \pm \beta_2$ %程度に定める。ただし、 β_1 、 β_2 は調整パラメータであり、 $\beta_1 < \beta_2$ の条件を満足するように設定する。

これらのメンバーシップ関数から、表19のルールに対する適合度を順次、計算する。ルール(1)の条件は「炉出口温度が低い」なので、適合度 Z_1 は式(109)に示すとおり、 a_1 である。同様に、表18のルール(2)～(18)に対する適合度 $Z_2 \sim Z_{18}$ を下式により計算する。

$$Z_1 = a_1 \quad (109)$$

$$Z_2 = a_2 \times c_1 \quad (110)$$

$$Z_3 = a_2 \times c_3 \quad (111)$$

$$Z_4 = a_2 \times c_2 \quad (112)$$

$$Z_5 = a_3 \times b_2 \times c_1 \quad (113)$$

$$\begin{aligned}
Z_6 &= a_3 \times b_1 \times c_1 & (114) \\
Z_7 &= a_3 \times b_2 \times c_3 & (115) \\
Z_8 &= a_3 \times b_1 \times c_3 & (116) \\
Z_9 &= a_3 \times b_2 \times c_2 \times f_4 & (117) \\
Z_{10} &= a_3 \times b_2 \times c_2 \times f_3 & (118) \\
Z_{11} &= b_1 \times c_2 & (119) \\
Z_{12} &= e_2 & (120) \\
Z_{13} &= a_3 \times d_2 & (121) \\
Z_{14} &= a_2 \times d_2 & (122) \\
Z_{15} &= f_1 & (123) \\
Z_{16} &= f_5 & (124) \\
Z_{17} &= d_1 \times e_1 & (125) \\
Z_{18} &= f_2 & (126)
\end{aligned}$$

次に、後件部において推論を行うために、二次燃焼空気量変更分 $V_1 \sim V_{18}$ を定める。そして、(127) 式により推論を行って、推論結果 W を得る。

$$W = \frac{\sum_{i=1}^{18} Z_i \times V_i}{\sum_{i=1}^{18} Z_i} \quad (127)$$

最後に、推論結果 W と二次燃焼空気量出力値の前回値 (U_{k-1}) から、二次燃焼制御量出力値の今回値 (U_k) を得ることができる。

$$U_k = U_{k-1} + W \quad (128)$$

このように、二次燃焼空気制御手段 218 から出力される二次燃焼空気量 U_k

によって、二次燃焼空気調整器 210a を操作して、排ガス中の NO_x と未燃成分を抑制して、ダイオキシン類の生成を抑制する。

計測して得られた O_2 濃度とクロロベンゼン類とクロロフェノール類の濃度の和の関係を、図 33 の装置を用いた先の第 2 の制御方法に適用した場合、最適 O_2 濃度を逐次最小二乗法によって解くことで、相関曲線は図 42 中の一点鎖線で示される。 O_2 濃度を X 、クロロベンゼン類、クロロフェノール類の濃度の和を Y としたときの近似式は、(129) 式で表される。

$$Y = 0.8193X^2 - 9.9907X + 45.525 \quad (129)$$

このとき、(129) 式から Y を最小にする最適 O_2 濃度 X_{O_2} は、約 6.1% と求められる。また、二次燃焼空気量のファジィ制御では、 O_2 濃度の前件部メンバーシップ関数は X_{O_2} を基に構成する。 O_2 濃度の変動の最大と最小の差を 1% ぐらいに抑えるために、実施形態中の調整パラメータ β_1 、 β_2 をそれぞれ 0.5、0.8 に定めたとき、条件「 O_2 濃度が適当である」の領域は $6.1 \pm 0.5\%$ になる。また、条件「 O_2 濃度がとても高い」、条件「 O_2 濃度が低い」の領域は $6.1 \pm 0.8\%$ になる。この結果に基づき、二次燃焼空気量が制御される。

上記のように、この例では、ボイラ蒸発量と二次燃焼空気量と炉出口温度と排ガス分析計による CO 濃度、 O_2 濃度、 NO_x 濃度を周期的に計測し、各々の計測値に基づいてファジィ制御により二次燃焼空気量を制御する系を備えている。更に、排ガス中のクロロベンゼン類、クロロフェノール類の連続または半連続分析計による計測値の和と O_2 濃度の計測値に基づいて、周期的に $\text{O}_2 - \text{CB}$ 、 CP の相互関係の評価式を逐次最小二乗法により算出し、それに基づき、ファジィ制御における O_2 濃度の制御パラメータを逐次修正する機能を有する。その結果、排ガス中の NO_x と未燃成分、主にダイオキシン類の生成を抑制するものである。

また、本発明では、ごみ焼却炉の排ガス中に含まれるダイオキシン類の前駆物質であるクロロベンゼン類とクロロフェノール類の濃度の和が、低濃度領域であ

ってもO₂濃度との相関関係が認められることからダイオキシン類を厳密に抑制するために、オンラインまたはオンサイトで計測されるクロロベンゼン類、クロロフェノール類の濃度の計測値を直接制御装置に取り入れて燃焼制御するものである。このようなごみ焼却炉の燃焼制御では、非線形特性を伴う、多変数干渉系であるので、ファジィ制御を用いることによって、制御ルールが言語的に記述でき、制御パラメータの調整が容易となり、二次燃焼空気量のきめ細かな制御が最適に実施できる。

なお、相互関係を近似曲線で推定する際、図35に示した相互間の特性は、その近似曲線式が二次関数で十分対応できることを示している。また、近似曲線式の算出方法としては、逐次最小二乗法（時間に依存した重みを付加した形でも可）、連分数展開、スプライン近似、テイラー級数近似、ラグランジュの補間法などが挙げられる。これらの手法によって、得られた曲線からクロロフェノール類とクロロベンゼン類濃度を最小にするO₂濃度を推定して、ダイオキシン類の生成を精度よく制御することができる。

請求の範囲

1. 火格子から送り込まれる一次燃焼空気と、火格子の上部に送り込まれる二次燃焼空気を利用して焼却を行うごみ焼却炉において、

焼却炉の主煙道温度、又は主煙道温度に加えて排ガス中 O_2 濃度、排ガス中 CO 濃度若しくは後燃焼火格子上下の圧力差の少なくとも一つを測定し、各々の測定値を周期的に各々の基準値と比較し、この比較結果に基づいて、後燃焼火格子への空気量である後燃焼空気量を、又は後燃焼空気量と後燃焼火格子の動速度を制御することを特徴とするごみ焼却炉の燃焼制御方法。

2. 焼却炉の主煙道温度を測定し、主煙道温度が基準温度に達しないときは後燃焼空気量を減らし、主煙道温度が基準温度を超えるときは後燃焼空気量を増やすことを特徴とする請求項 1 記載のごみ焼却炉の燃焼制御方法。

3. 焼却炉の主煙道温度と排ガス中の O_2 濃度を測定し、主煙道温度が基準温度に達せず排ガス中 O_2 濃度が基準値を超えるときは後燃焼空気量を減らし、主煙道温度が基準温度を超え O_2 濃度が基準値に達しないときは後燃焼空気量を増やすことを特徴とする請求項 1 記載のごみ焼却炉の燃焼制御方法。

4. 焼却炉の主煙道温度と排ガス中の CO 濃度を測定し、主煙道温度が基準温度以下で CO 濃度が基準値を超えるときは後燃焼空気量を減らし、主煙道温度が基準温度を超え CO 濃度が基準値を超えるときは後燃焼空気量を増やすことを特徴とする請求項 1 記載のごみ焼却炉の燃焼制御方法。

5. 焼却炉の主煙道温度、又は主煙道温度に加えて排ガス中 O_2 濃度、排ガス中 CO 濃度若しくは後燃焼火格子上下の圧力差の少なくとも一つ以上を測定し、各々の測定値を周期的に各々の基準値と比較し、この比較結果に基づいて後燃焼空気量の制御を行うとともに、後燃焼火格子下の圧力と炉内圧力との差を測定し、これらの測定値を比較し、比較結果に基づいて後燃焼火格子の動速度を制御す

ることを特徴とする請求項 1 記載のごみ焼却炉の燃焼制御方法。

6. 焼却炉の主煙道温度、後燃焼火格子下の圧力、及び炉内圧力の差を測定し、主煙道温度が基準温度に達せず且つ後燃焼火格子下の圧力と炉内圧力の差が基準差に達しないときは後燃焼空気量を減らすとともに後燃焼火格子の動速度を増速し、主煙道温度が基準温度を超え且つ後燃焼火格子下の圧力と炉内圧力の差が基準差を超えるときは後燃焼空気量を増やすとともに後燃焼火格子の動速度を減速することを特徴とする請求項 1 記載のごみ焼却炉の燃焼制御方法。

7. 焼却炉の主煙道温度、排ガス中の O_2 濃度、後燃焼火格子下の圧力、及び炉内圧力の差を測定し、主煙道温度が基準温度に達せず O_2 濃度が基準値を超え且つ後燃焼火格子下の圧力と炉内圧力の差が基準差に達しないときは、後燃焼空気量を減らすとともに後燃焼火格子の動速度を増速し、主煙道温度が基準温度を超え O_2 濃度が基準値に達せず且つ後燃焼火格子下の圧力と炉内圧力の差が基準差を超えるときは、後燃焼空気量を増やすとともに後燃焼火格子の動速度を減速することを特徴とする請求項 1 記載のごみ焼却炉の燃焼制御方法。

8. 焼却炉の主煙道温度、排ガス中の CO 濃度、後燃焼火格子下の圧力、及び炉内圧力の差を測定し、主煙道温度が基準温度に達せず CO 濃度が基準値を超え且つ後燃焼火格子下の圧力と炉内圧力の差が基準差に達しないときは後燃焼空気量を減らすとともに後燃焼火格子の動速度を増速し、主煙道温度が基準温度を超え CO 濃度が基準値を超え且つ後燃焼火格子下の圧力と炉内圧力の差が基準差を超えるときは後燃焼空気量を増やすとともに後燃焼火格子の動速度を減速することを特徴とする請求項 1 記載のごみ焼却炉の燃焼制御方法。

9. 火格子から送り込まれる一次燃焼空気と、火格子の上部に送り込まれる二次燃焼空気を利用して焼却を行うごみ焼却炉において、

炉出口に設置された温度計によって炉出口温度を周期的に計測し、煙道に設置された排ガス分析計によって排ガス中の NO_x 濃度を周期的に計測し、各々の計

測値と基準値とを比較して、その比較結果に基づいて、炉内の火格子上でごみが燃焼している燃焼室に向けて水噴霧する流量を制御することを特徴とするごみ焼却炉の燃焼制御方法。

10. 炉出口温度の計測値が基準値よりも低い場合には水噴霧量を減らし、炉出口温度の計測値が基準値よりも高い場合又は炉出口温度の計測値が基準値よりも高くしかも NO_x 濃度の計測値が基準値よりも高い場合には水噴霧を増やすという流量制御を行うことを特徴とする請求項9記載のごみ焼却炉の燃焼制御方法。

11. ファジィ推論を用いて、炉出口温度の計測値が低い場合には水噴霧量を減らし、炉出口温度の計測値が高い場合又は炉出口温度の計測値が高くしかも NO_x 濃度の計測値が高い場合には水噴霧を増やすという流量制御を行うことを特徴とする請求項9記載のごみ焼却炉の燃焼制御方法。

12. 前記排ガス分析計によって排ガス中の CO 濃度も周期的に計測し、各々の計測値と基準値とを比較して、その比較結果に基づいて、炉内の火格子上でごみが燃焼している燃焼室に向けて水噴霧する流量を制御することを特徴とする請求項9記載のごみ焼却炉の燃焼制御方法。

13. 炉出口温度の計測値が基準値よりも低い場合又は CO 濃度の計測値が基準値よりも高い場合には水噴霧量を減らし、炉出口温度の計測値が基準値よりも高い場合又は炉出口温度の計測値が基準値よりも高くしかも NO_x 濃度の計測値が基準値よりも高い場合には水噴霧を増やすという流量制御を行うことを特徴とする請求項12記載のごみ焼却炉の燃焼制御方法。

14. ファジィ推論を用いて、炉出口温度の計測値が低い場合又は CO 濃度の計測値が高い場合には水噴霧量を減らし、炉出口温度の計測値が高い場合又は炉出口温度の計測値が高くしかも NO_x 濃度の計測値が高い場合には水噴霧を増

やすという流量制御を行うことを特徴とする請求項 1 2 記載のごみ焼却炉の燃焼制御方法。

1 5. 炉出口に設置された温度計によって炉出口温度を周期的に計測するという処理を、煙道に設置された排ガス分析計によって排ガス中の O₂ 濃度を周期的に計測するという処理に置き換えたことを特徴とする請求項 9 又は 1 2 記載のごみ焼却炉の燃焼制御方法。

1 6. 炉出口に設置された温度計によって炉出口温度を周期的に計測するという処理を、煙道に設置された排ガス分析計によって排ガス中の O₂ 濃度を周期的に計測するという処理に置き換え、そして、炉出口温度の計測値が基準値よりも低い場合というのを O₂ 濃度の計測値が基準値よりも高い場合と読み替え、炉出口温度の計測値が基準値よりも高い場合というのを O₂ 濃度の計測値が基準値よりも低い場合と読み替えて処理することを特徴とする請求項 1 0、1 1、1 3 又は 1 4 記載のごみ焼却炉の燃焼制御方法。

1 7. 更に、前記煙道内の排ガスの CO 濃度及び O₂ 濃度をそれぞれ周期的に測定し、炉出口温度、NO_x 濃度、CO 濃度及び O₂ 濃度の各計測値とそれぞれの基準値とを比較し、その比較結果に基づいて、燃焼室に向けて噴射する二次燃焼空気量を調整することを特徴とする請求項 9 記載のごみ焼却炉の燃焼制御方法。

1 8. CO 濃度の計測値が目標 CO 濃度を超過している単位時間当たりの割合を目標 CO 発生割合以下に抑えることを特徴とする請求項 1 7 記載のごみ焼却炉の燃焼制御方法。

1 9. 炉出口温度の計測値を目標下限温度以上に運転することを特徴とする請求項 1 7 記載のごみ焼却炉の燃焼制御方法。

20. 炉出口温度の計測値の平均値を目標下限平均値と目標上限平均値の範囲内に運転することを特徴とする請求項17記載のごみ焼却炉の燃焼制御方法。

21. CO濃度の計測値が目標CO濃度を超過している単位時間当たりの割合を目標CO発生割合以下に抑え、かつ、炉出口温度の計測値を目標下限温度以上に運転することを特徴とする請求項17記載のごみ焼却炉の燃焼制御方法。

22. CO濃度の計測値が目標CO濃度を超過している単位時間当たりの割合を目標CO発生割合以下に抑え、炉出口温度の計測値を目標下限温度以上に運転し、かつ、炉出口温度の計測値の平均値を目標下限平均値と目標上限平均値の範囲内に運転することを特徴とする請求項17記載のごみ焼却炉の燃焼制御方法。

23. 前記目標CO濃度が30ppm、目標CO発生割合が2%であることを特徴とする請求項18又は21記載のごみ焼却炉の燃焼制御方法。

24. 前記目標下限温度が約850℃であることを特徴とする請求項19又は21記載のごみ焼却炉の燃焼制御方法。

25. 前記目標下限平均値が約900℃であり、目標上限平均値が約950℃であることを特徴とする請求項20又は22記載のごみ焼却炉の燃焼制御方法。

26. ファジィ推論を用いて水噴霧量と二次燃焼空気量とを制御し、水噴霧量を推論するための前件部の条件を設定するためのパラメータ及び前件部メンバーシップ関数の形状と、二次燃焼空気量を推論するための前件部の条件を設定するためのパラメータ及び前件部メンバーシップ関数の形状とを異なったものにすることを特徴とする請求項17記載のごみ焼却炉の燃焼制御方法。

27. 火格子から送り込まれる一次燃焼空気と、火格子の上部に送り込まれる二次燃焼空気を利用して焼却を行うごみ焼却炉において、

ごみ焼却炉に設けられたボイラから発生する蒸気発生量、前記二次燃焼空気量、炉出口温度、排ガス中のCO濃度、O₂濃度、NO_x濃度の各制御パラメータによって、前記二次燃焼空気量を制御して、排ガス中のNO_xの発生を抑制するとともに、前記排ガス中のダイオキシン類前駆体の濃度とO₂濃度との相互関係から前記ダイオキシン類前駆体の濃度が最少となるO₂濃度を推定して、前記二次燃焼空気量を調整して、排ガス中のダイオキシン類の生成を抑制することを特徴とするごみ焼却炉の燃焼制御方法。

28. 前記ダイオキシン類前駆体が、排ガス中のクロロベンゼン類とクロロフェノール類であり、これらの濃度値の和と排ガス中のO₂濃度との相互関係から前記クロロベンゼン類とクロロフェノール類の濃度の和が最少となるO₂濃度を推定することを特徴とする請求項27記載のごみ焼却炉の燃焼制御方法。

29. 前記二次燃焼空気量を非線形制御により算出して、排ガス中のNO_xの発生を抑制するとともに、前記ダイオキシン類前駆体であるクロロベンゼン類とクロロフェノール類を連続または半連続分析計による排ガス分析計によって濃度を計測して、それらの濃度の和と前記O₂濃度との相互関係を周期的に関数近似手法により算出し、前記クロロベンゼン類とクロロフェノール類の濃度が最少となるO₂濃度を算出して、O₂濃度の制御パラメータを逐次修正し、前記非線形制御を実行して、二次燃焼空気量を調整することを特徴とする請求項27記載のごみ焼却炉の燃焼制御方法。

30. 前記非線形制御がファジィ制御であることを特徴とする請求項29記載のごみ焼却炉の燃焼制御方法。

31. ごみ焼却炉内に一次燃焼空気を供給して炉内可燃物を燃焼させるとともに、ボイラ蒸気発生量を安定させるように制御する一次燃焼制御手段と、ごみ焼却炉内に二次燃焼空気を供給して未燃成分を再燃焼させる二次燃焼空気制御手段とを備えたごみ焼却炉の燃焼制御装置において、

排ガス中の O_2 濃度を検出する O_2 濃度計測手段と、
排ガス中のダイオキシン類前駆物質の濃度を計測する排ガス分析手段と、
前記排ガス分析手段によって検出された前記ダイオキシン類前駆物質の濃度と
前記 O_2 濃度計測手段で検出された O_2 濃度との相互関係を算出する相関曲線推
定手段と、

前記相関曲線推定手段による相互関係からダイオキシン類前駆物質の濃度の和
が最少となる O_2 濃度を算出するための演算手段とを具備し、

前記演算手段によって算出された O_2 濃度に基づく制御パラメータを利用し、
前記二次燃焼制御手段によって二次燃焼空気量を算出して、該空気量を炉内に供
給して排ガス中のダイオキシン類の生成を抑制することを特徴とするごみ焼却炉
の燃焼制御装置。

32. 前記ダイオキシン類前駆物質が、クロロベンゼン類とクロロフェノール
類であることを特徴とする請求項31記載のごみ焼却炉の燃焼制御装置。

33. 前記二次燃焼空気制御手段は、ボイラ蒸気発生量、二次燃焼空気量、炉
出口温度、及び排ガス中の CO 濃度、 O_2 濃度、 NO_x 濃度を周期的に計測し、
各々の計測値に基づいて二次燃焼空気量を制御するものであり、

排ガス分析手段は、排ガス中のクロロベンゼン類、クロロフェノール類を計測
する連続または半連続分析計であり、

前記相関曲線推定手段は、計測されたクロロベンゼン類とクロロフェノール類
の和と O_2 濃度の計測値に基づいてその相互関係を求めるものであり、

前記演算手段は、前記相関関係から排ガス中のクロロベンゼン類とクロロフェ
ノール類の濃度の和が最少となる O_2 濃度を算出するものであり、

前記演算手段によって算出された O_2 濃度に基づいて、二次燃焼空気を算出す
る制御パラメータを逐次修正することにより、前記二次燃焼空気制御手段によっ
て二次燃焼空気量を算出し、該空気量を炉内に供給して排ガス中のダイオキシン
類の生成を抑制することを特徴とする請求項31記載のごみ焼却炉の燃焼制御装
置。

34. 前記二次燃焼制御手段がファジィ制御手段であることを特徴とする請求項31から33の何れかに記載のごみ焼却炉の燃焼制御装置。

図 1

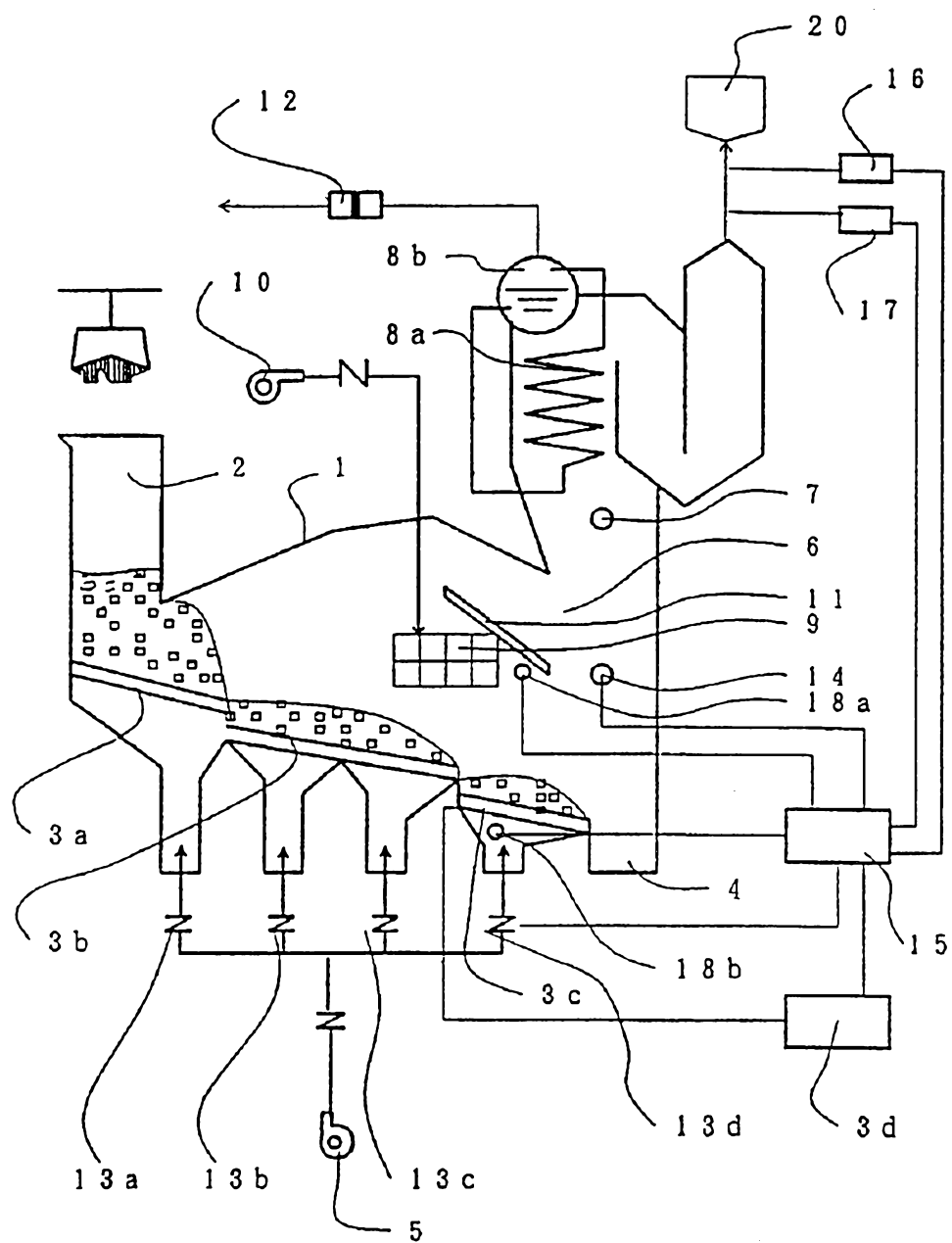
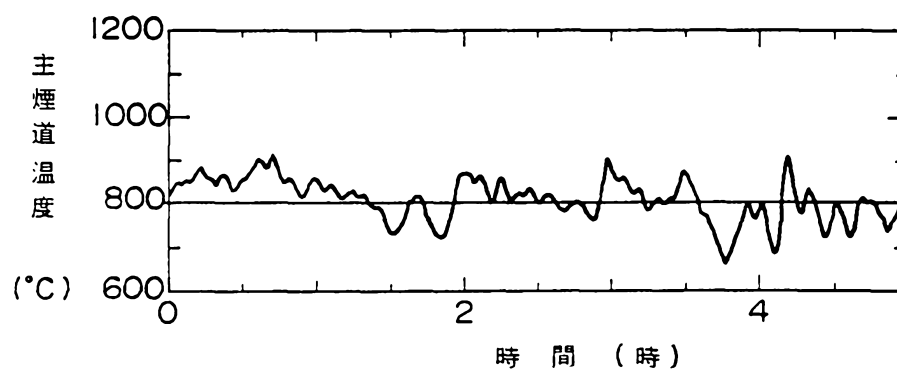
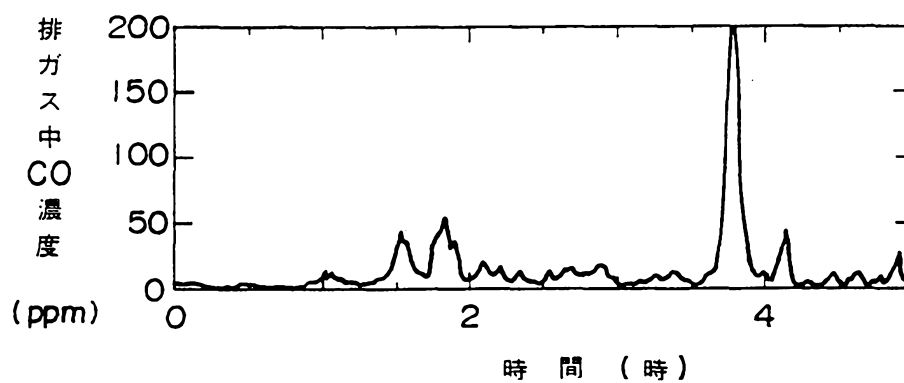


図 2



(a)



(b)

図 3

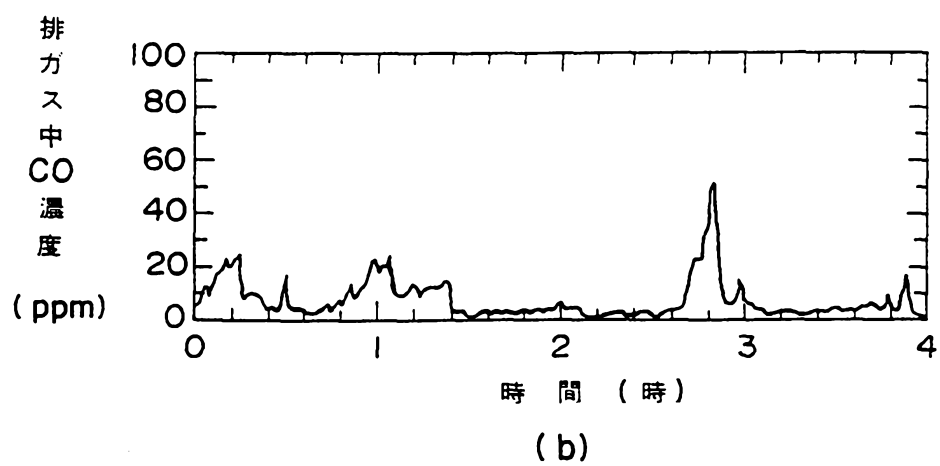
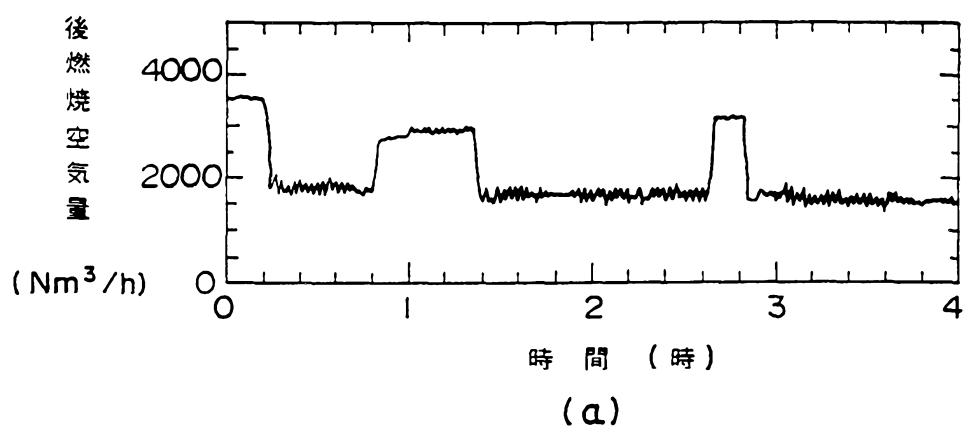
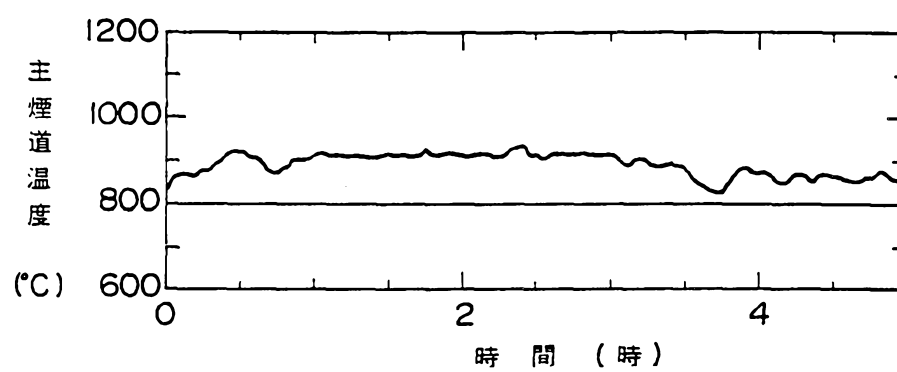
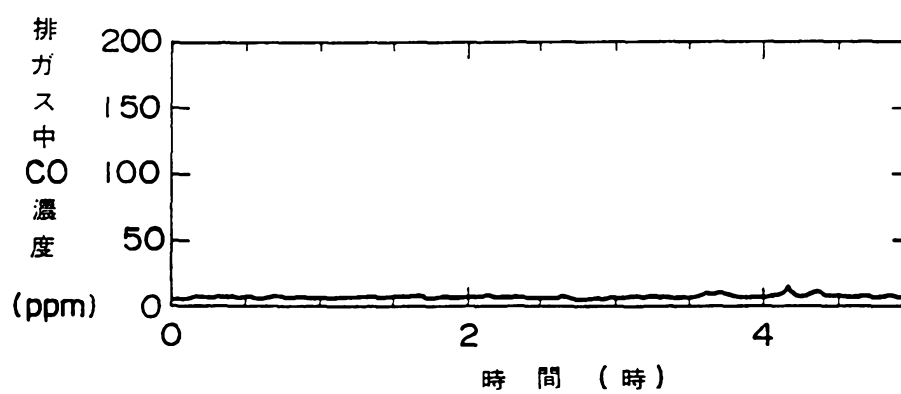


図 4

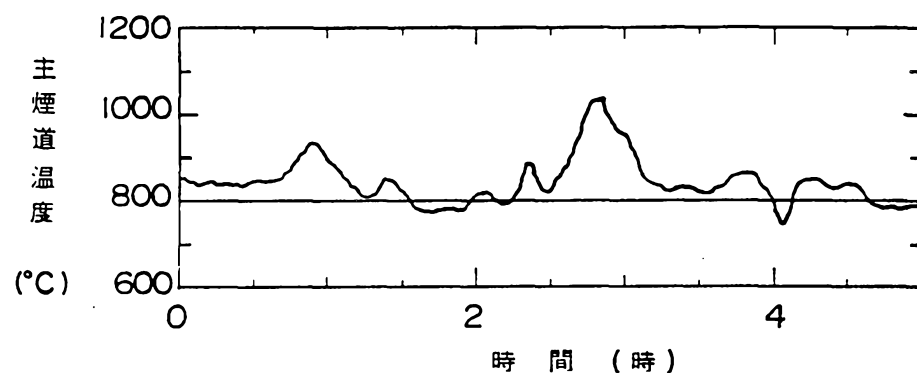


(a)

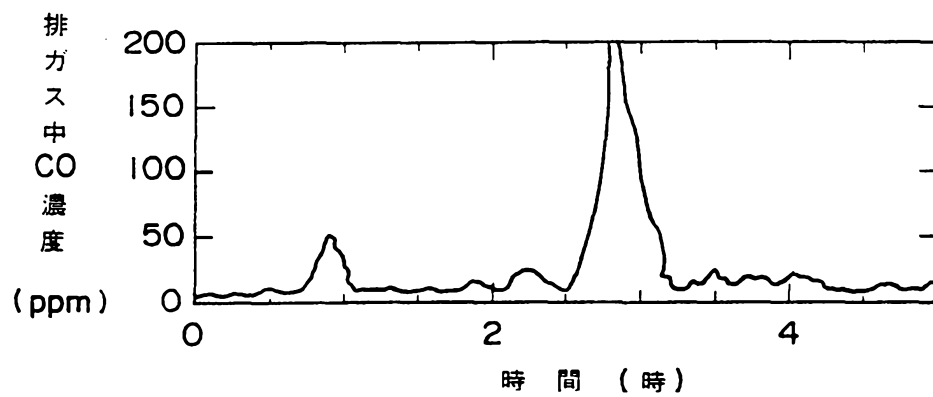


(b)

図 5



(a)



(b)

図 6

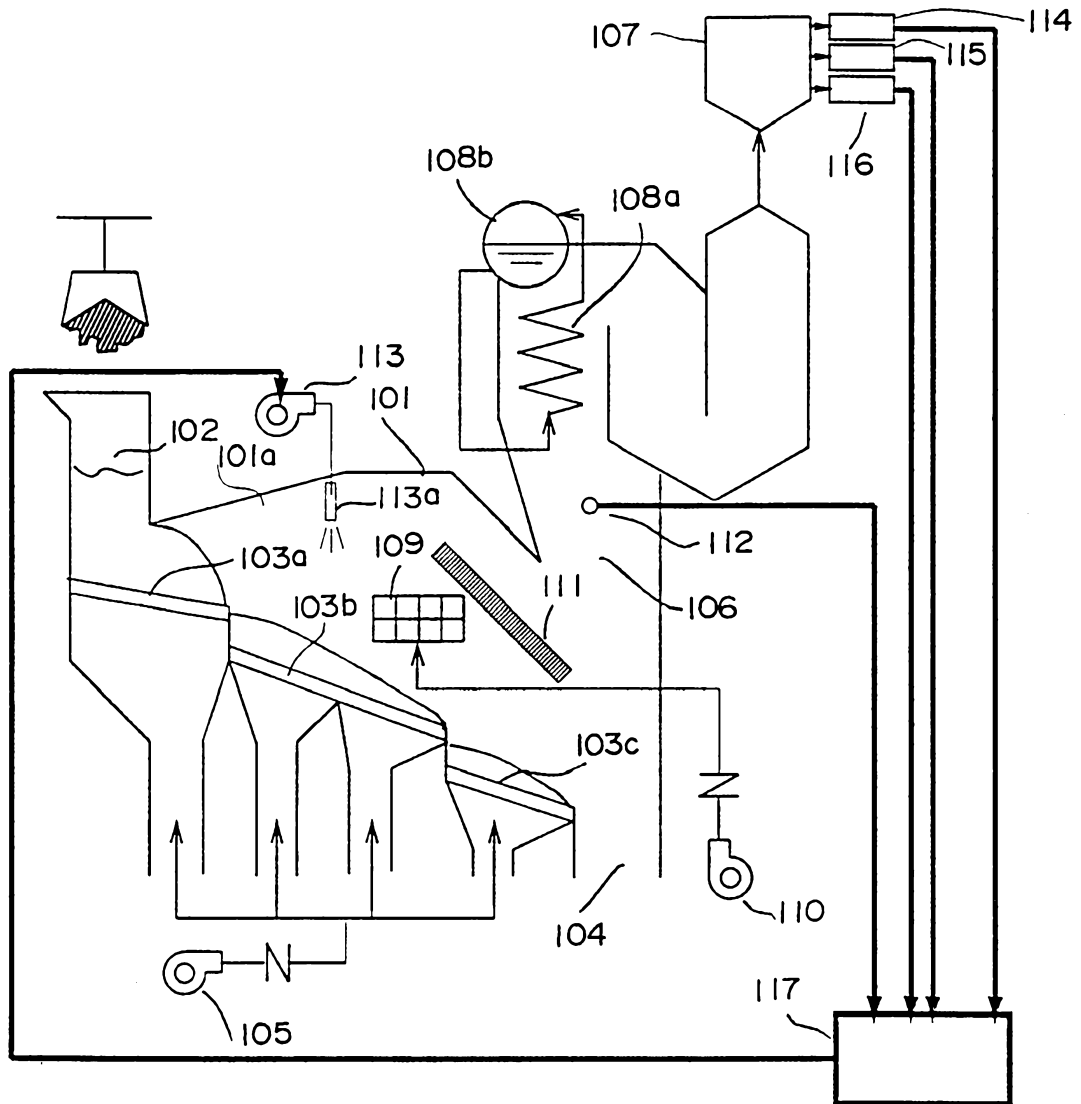


図 7

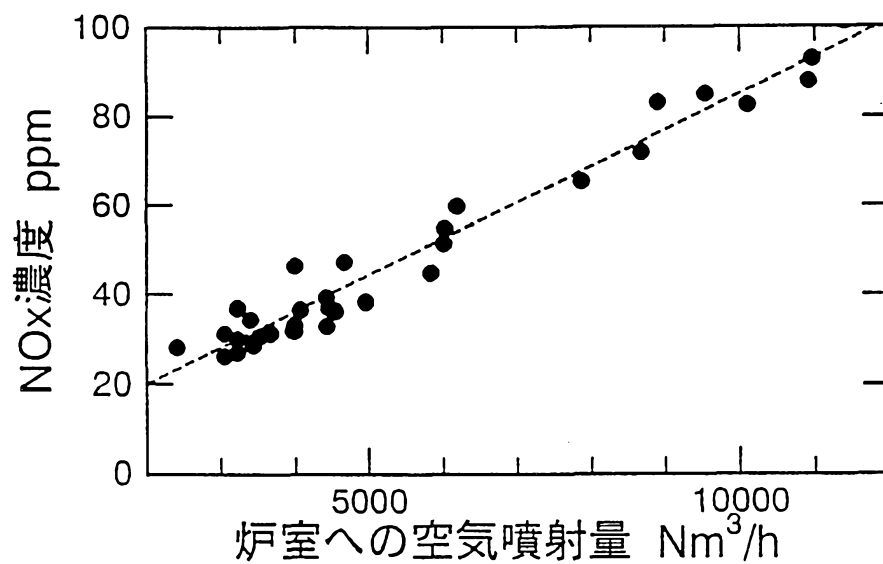


図 8

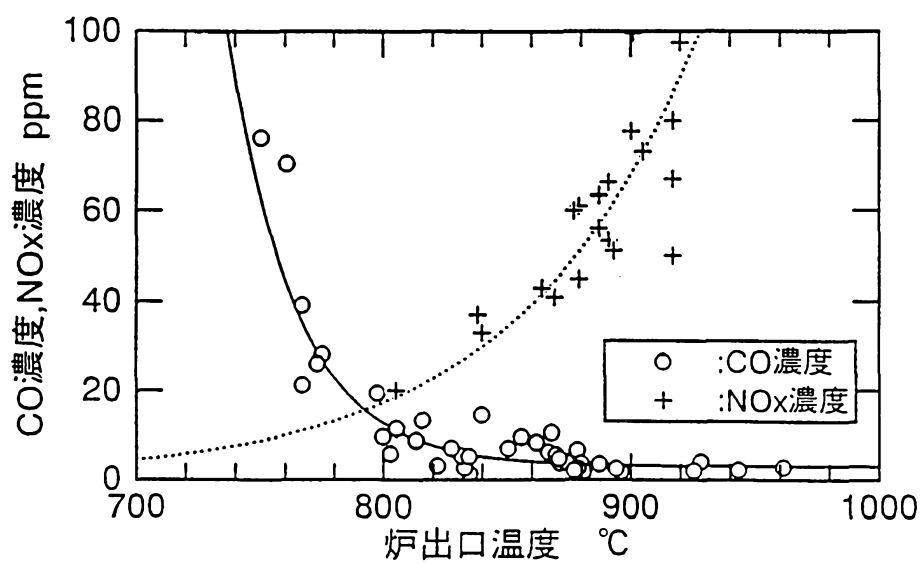


図 9

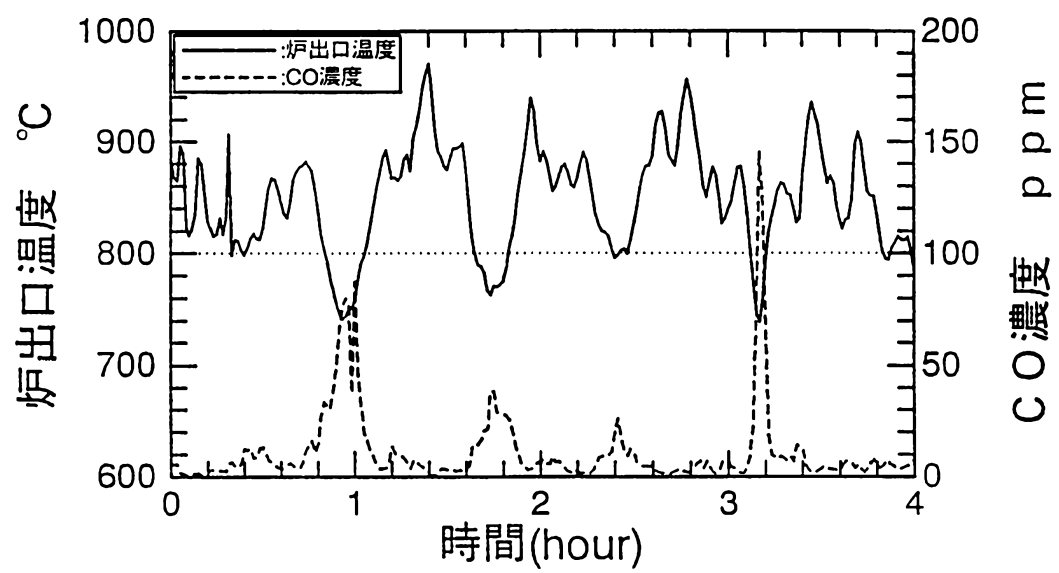


図 10

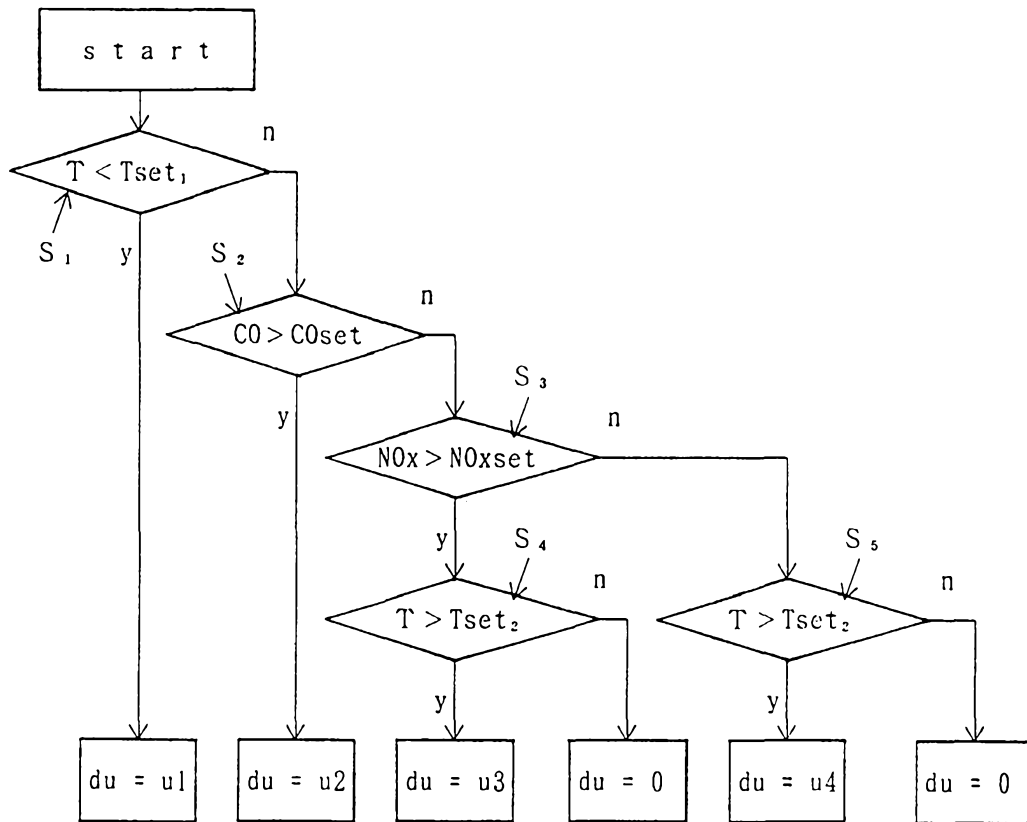
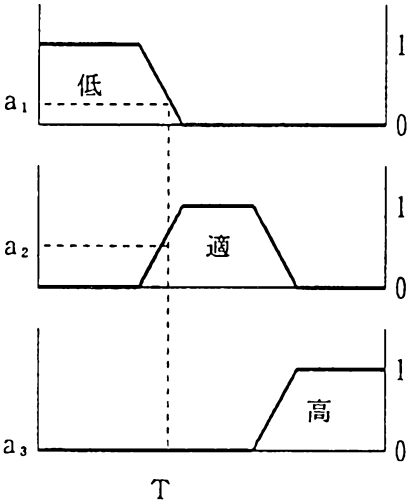
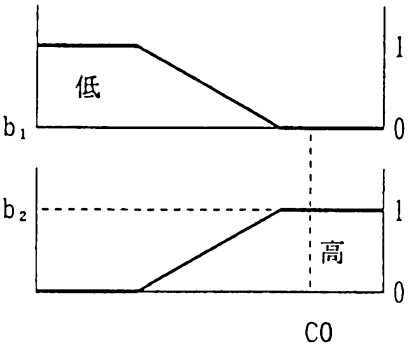


図 11

(a) 炉出口温度



(b) CO 濃度



(c) NOx 濃度

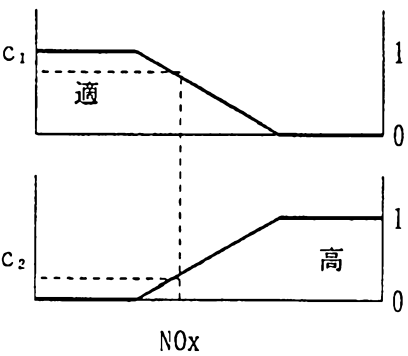


図 12

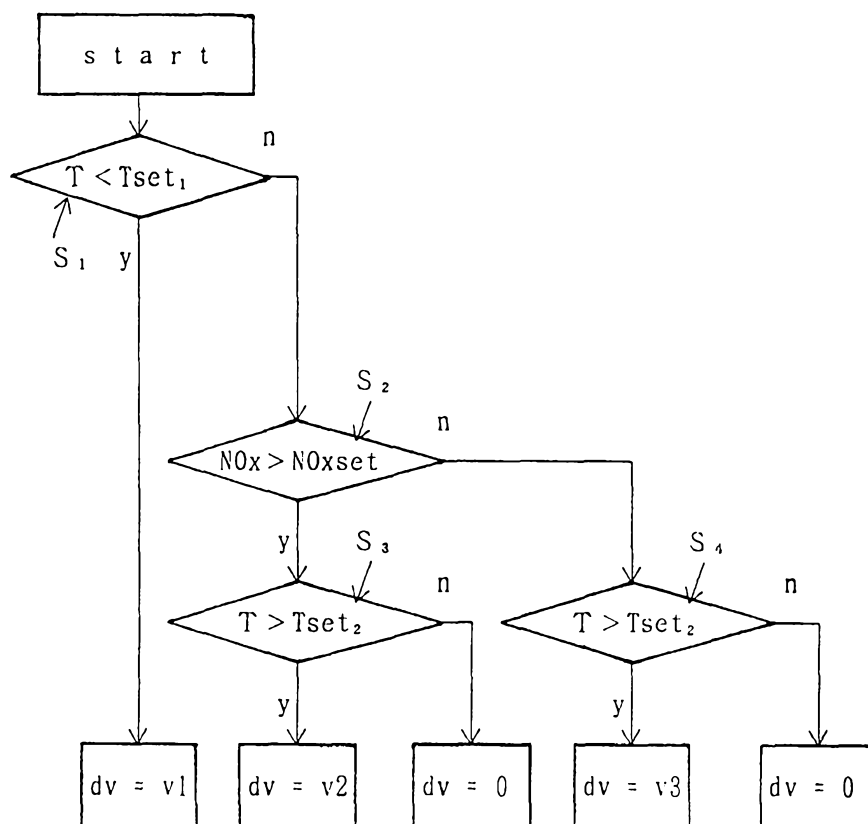


図 13

(a) 炉出口温度

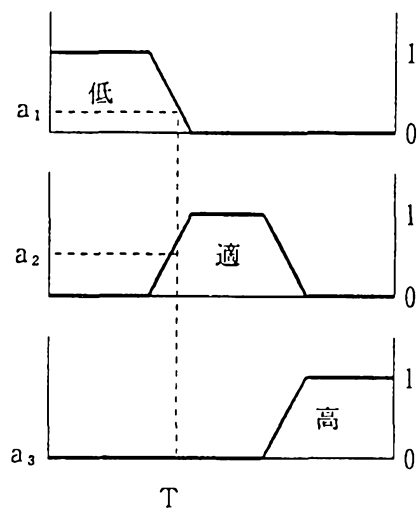
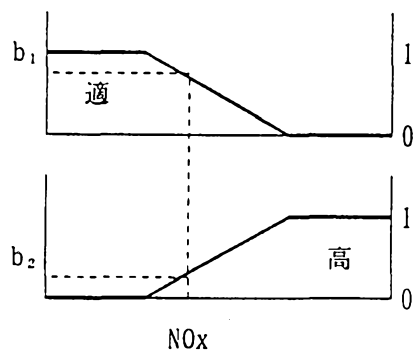
(b) NO_x 濃度

図 14

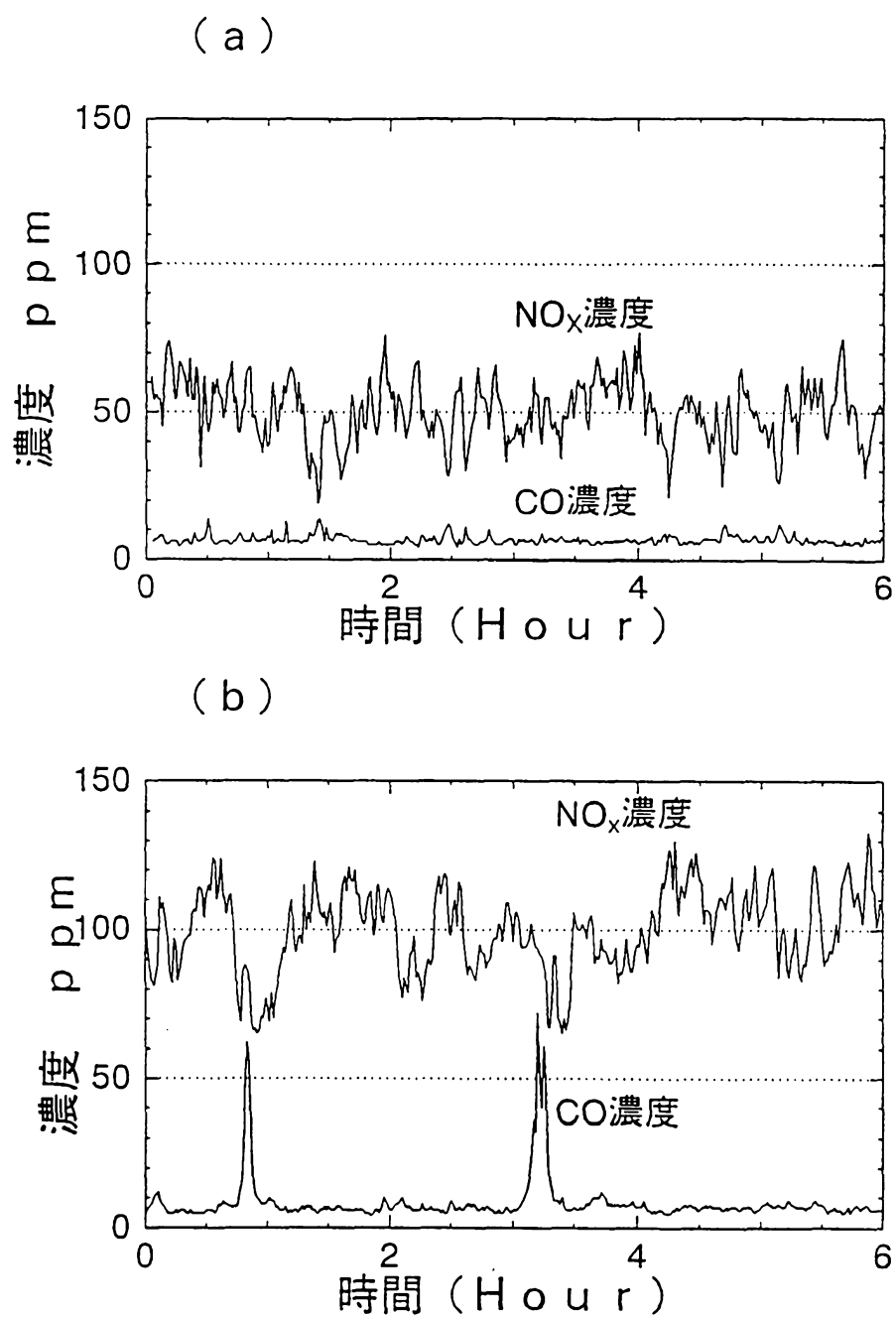


図 15

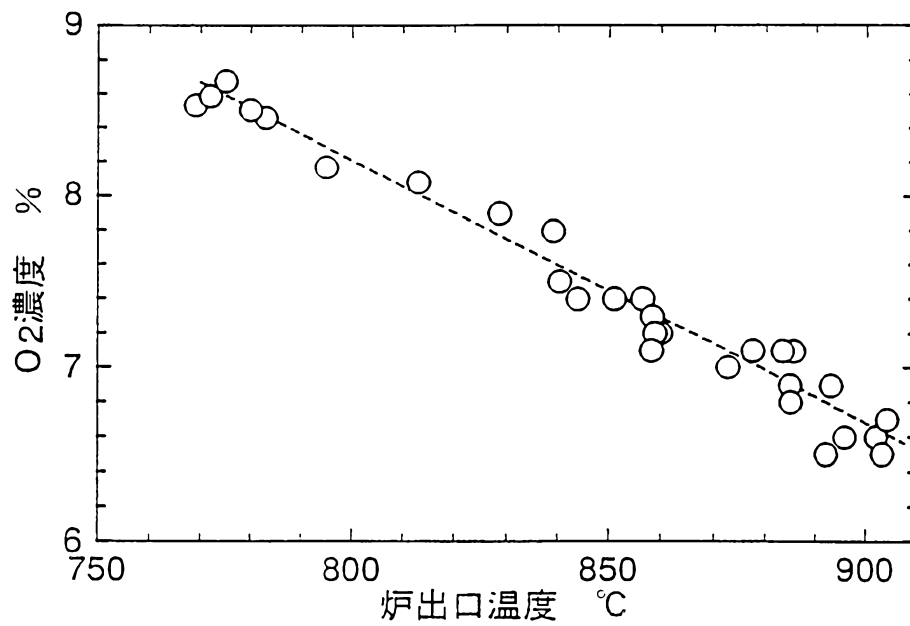


図 16

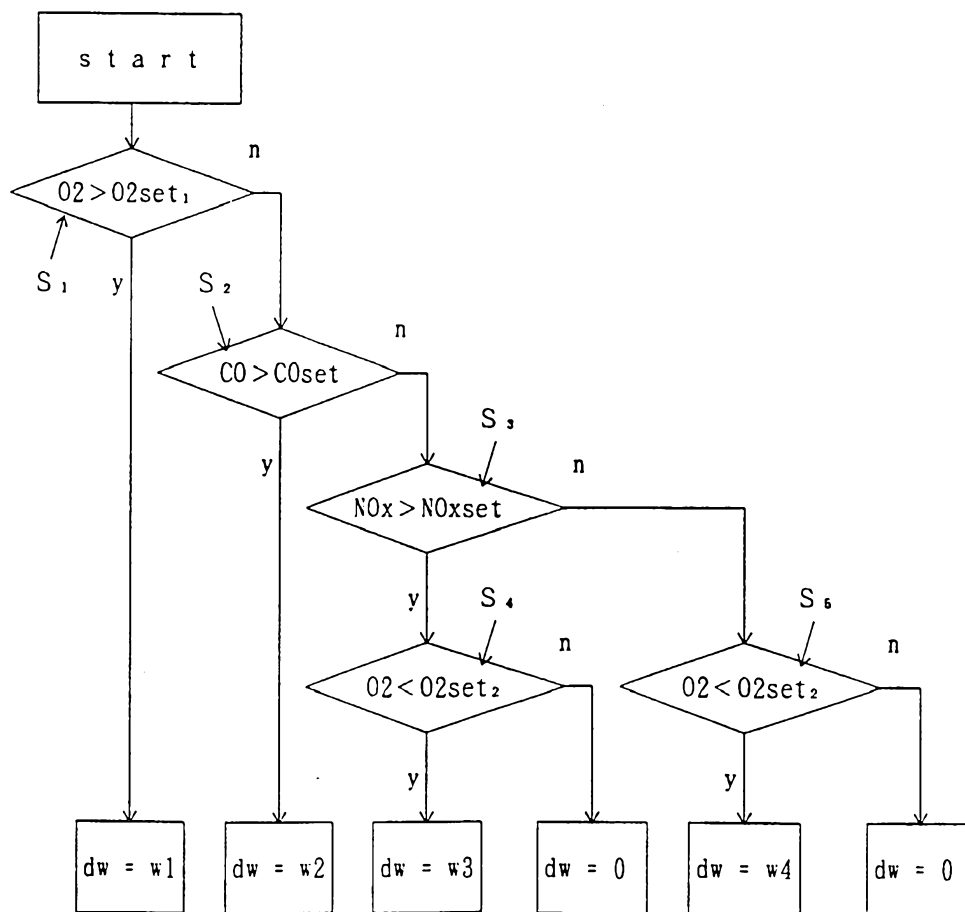
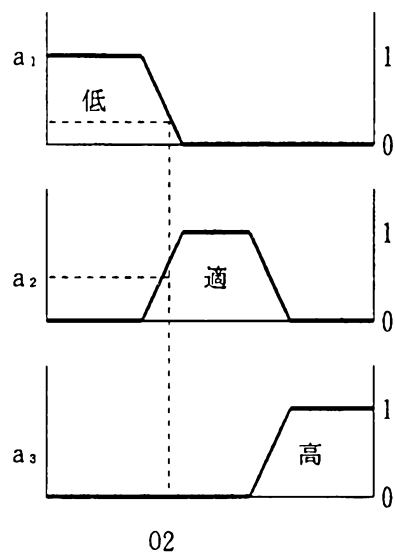


図 17

(a) O_2 濃度

(b) CO 濃度

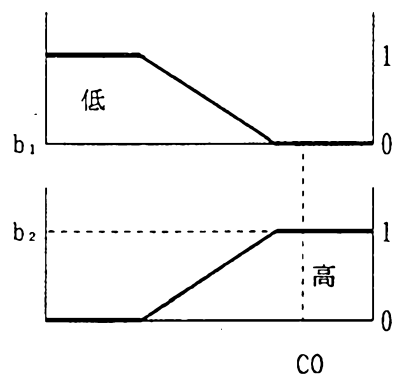
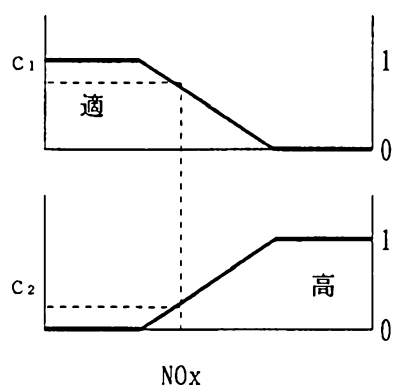
(c) NO_x 濃度

図 18

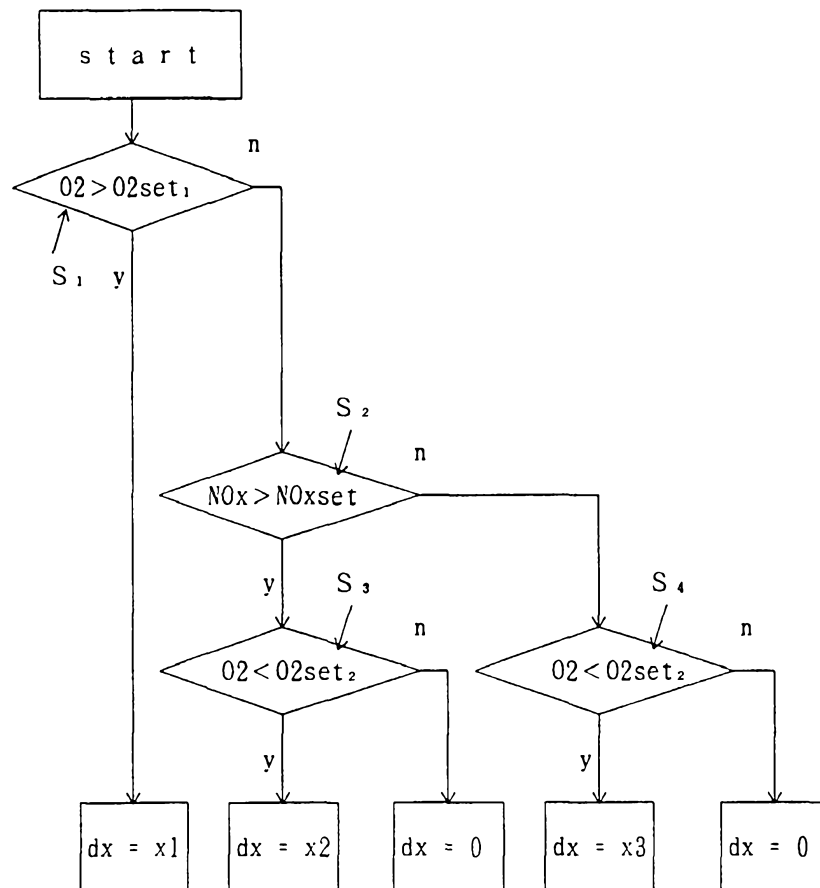


図 19

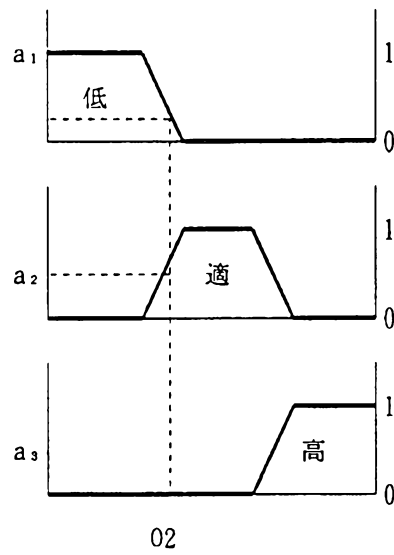
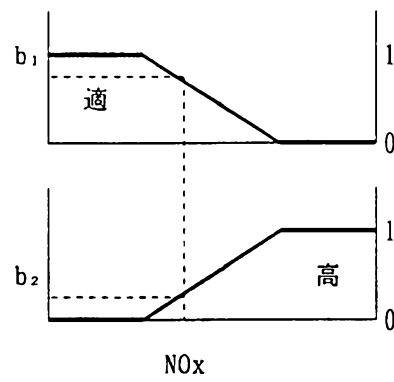
(a) O_2 濃度(b) NO_x 濃度

図 20

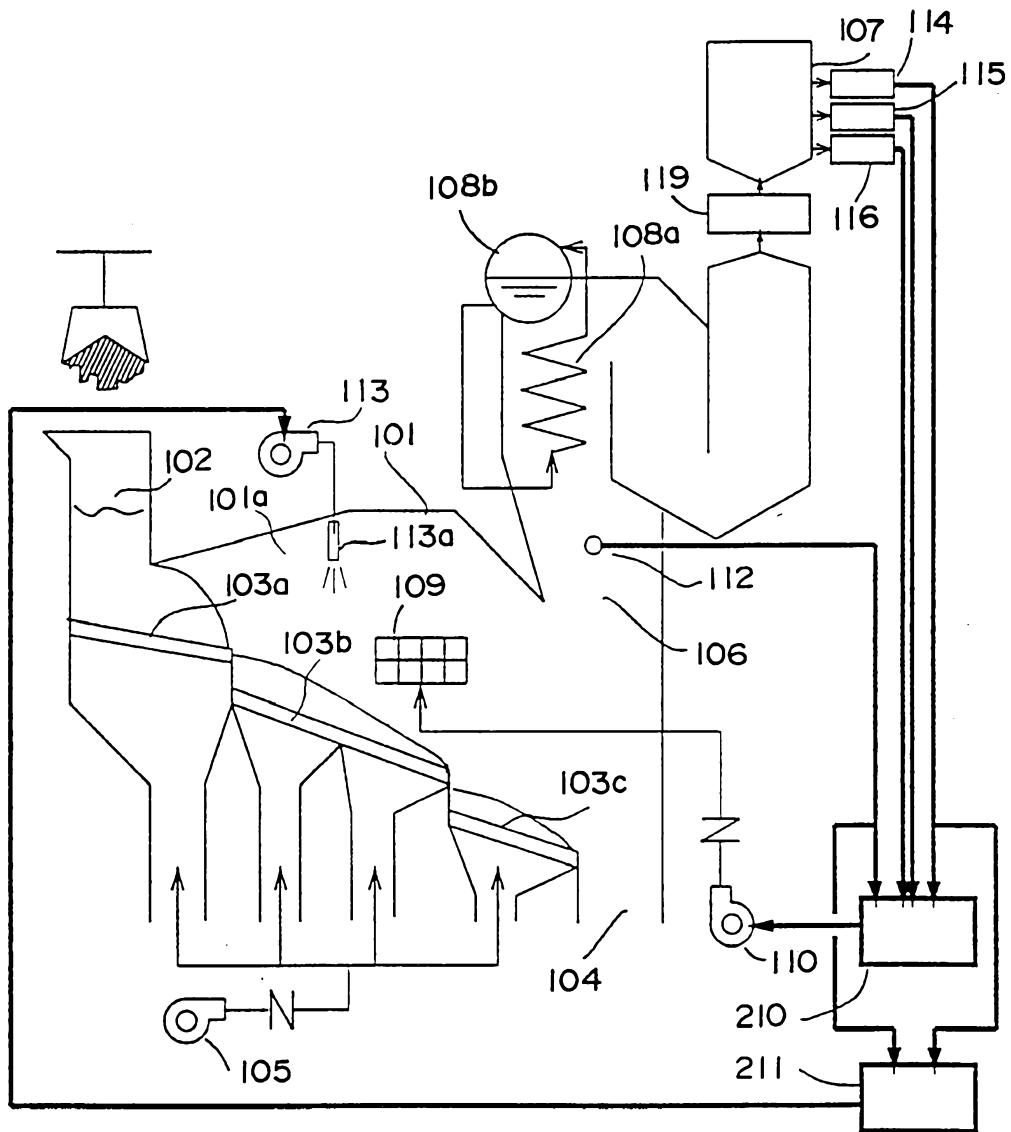


図 21

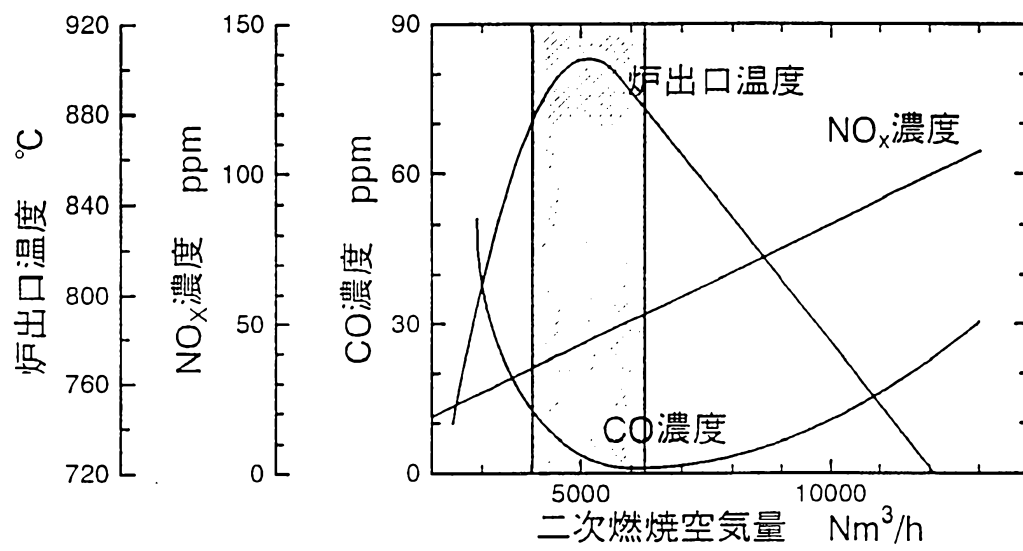


図 22

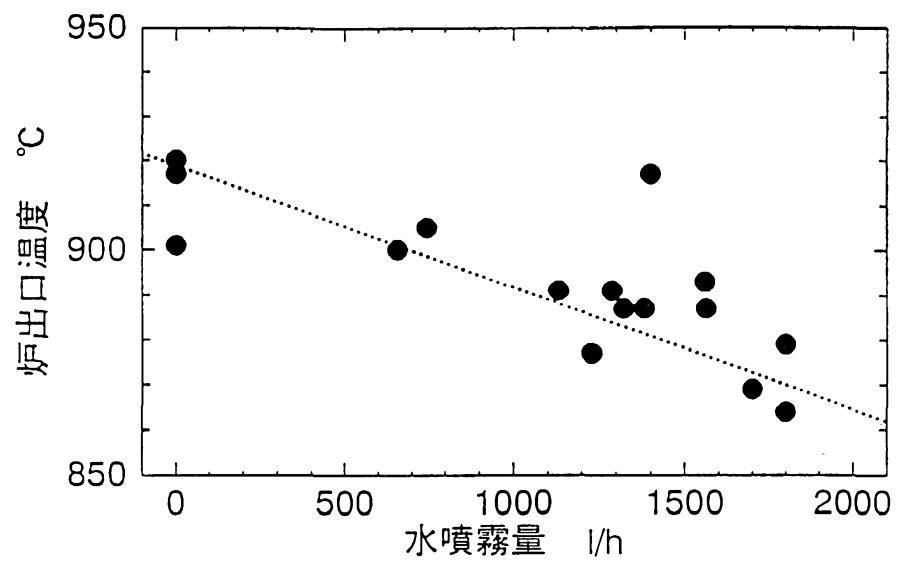


図 23

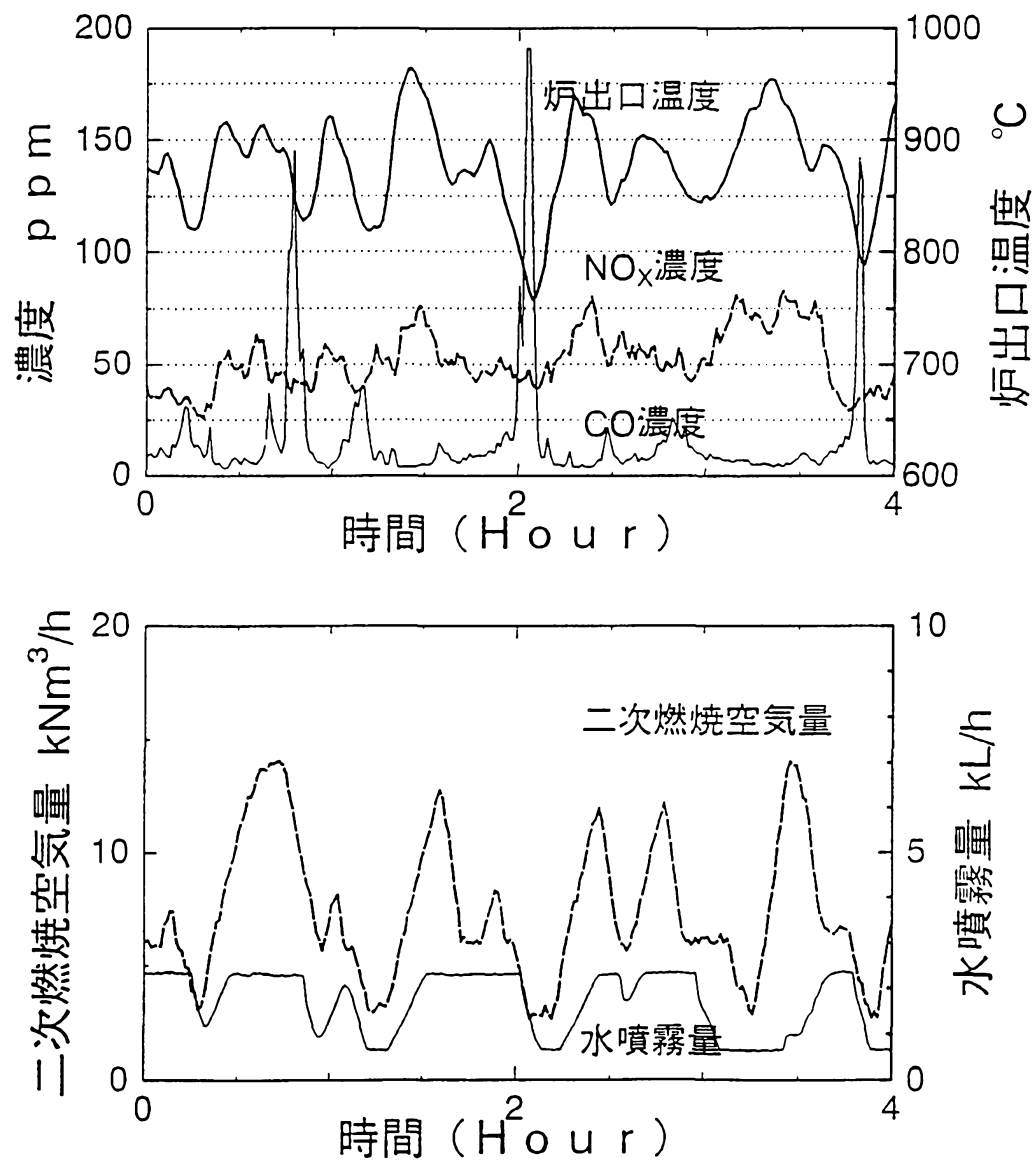


図 24

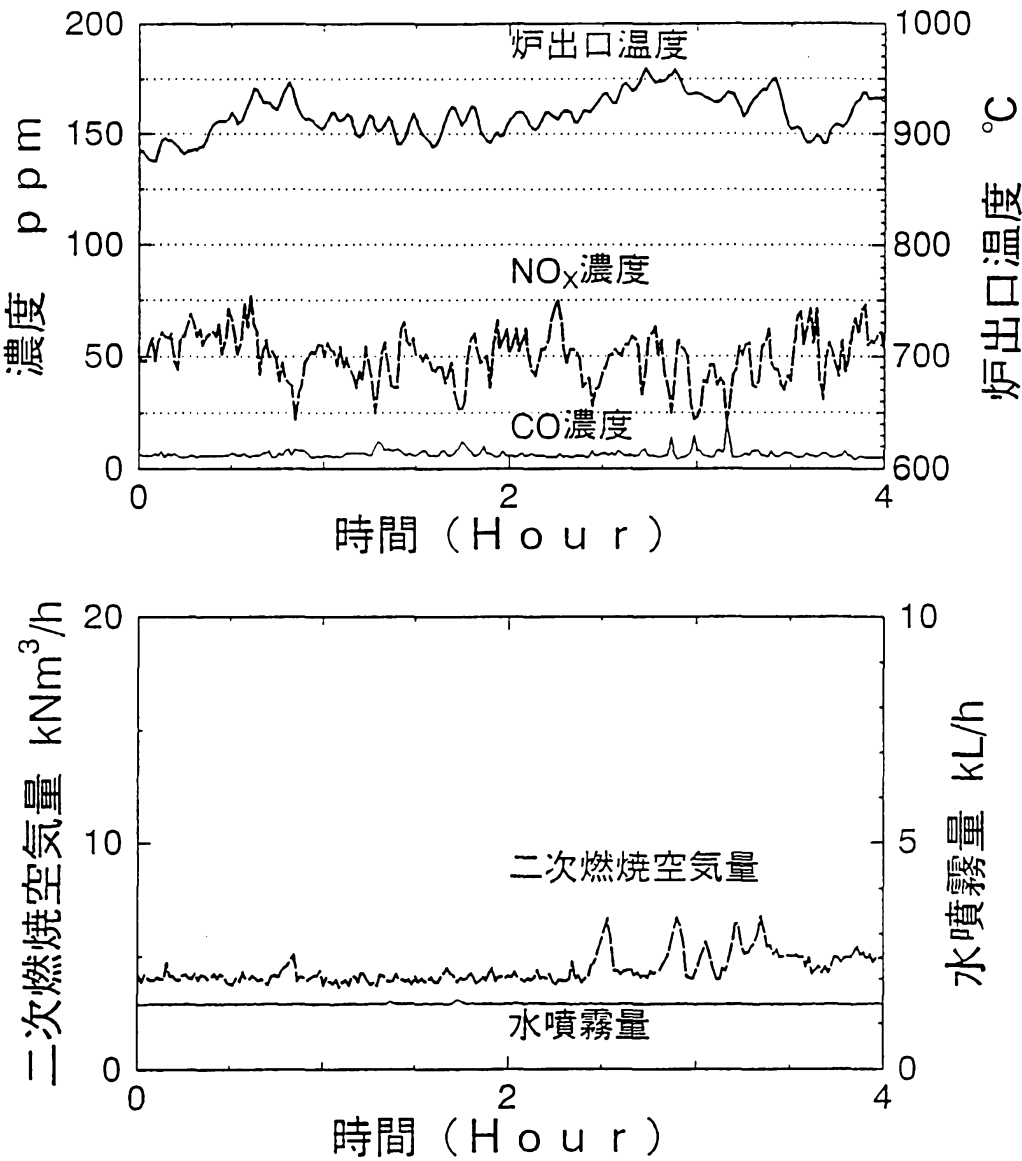


図 25

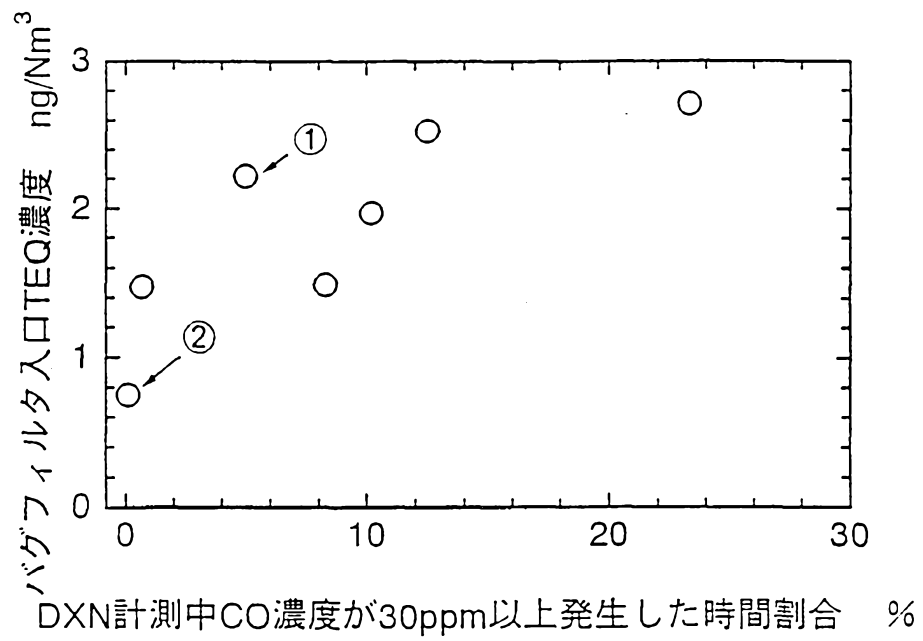


図 26

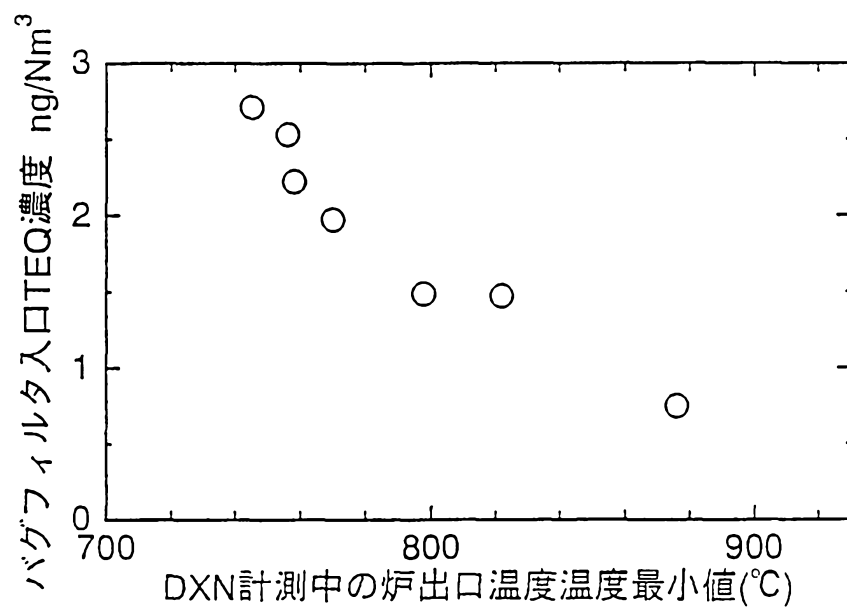


図 27

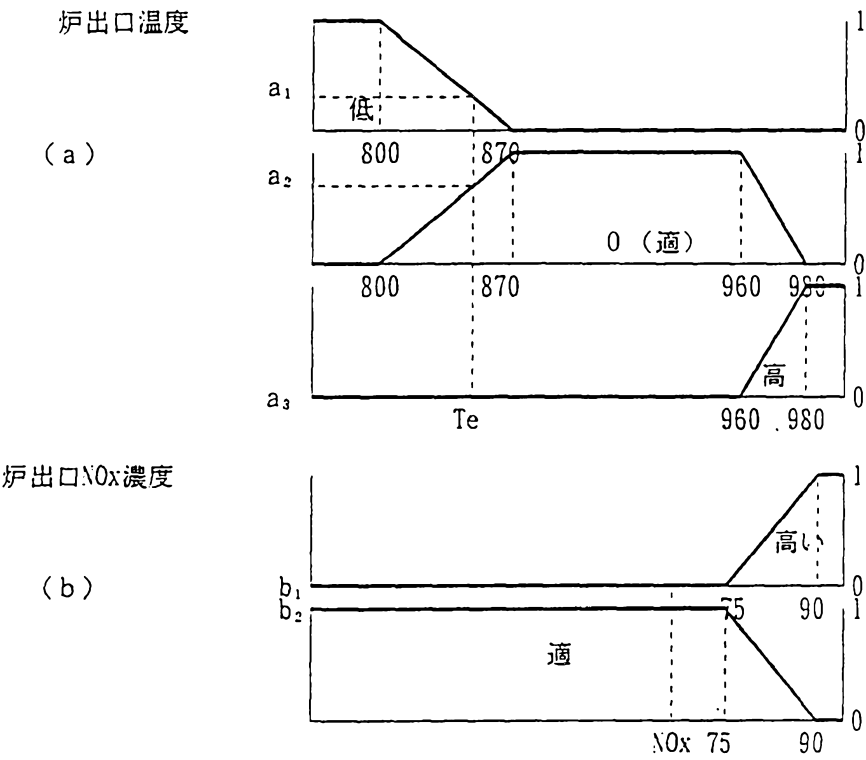


図 28

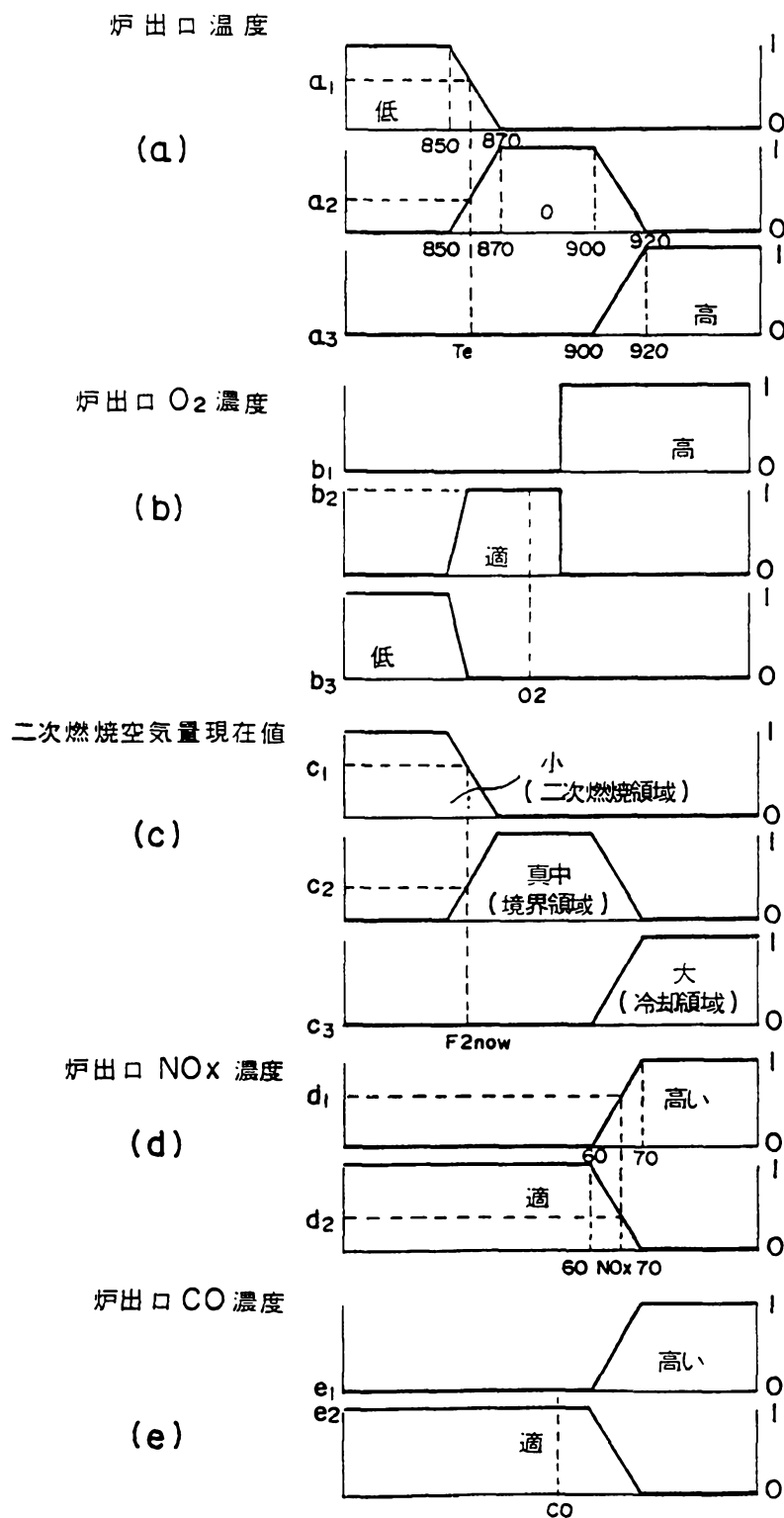


図 29

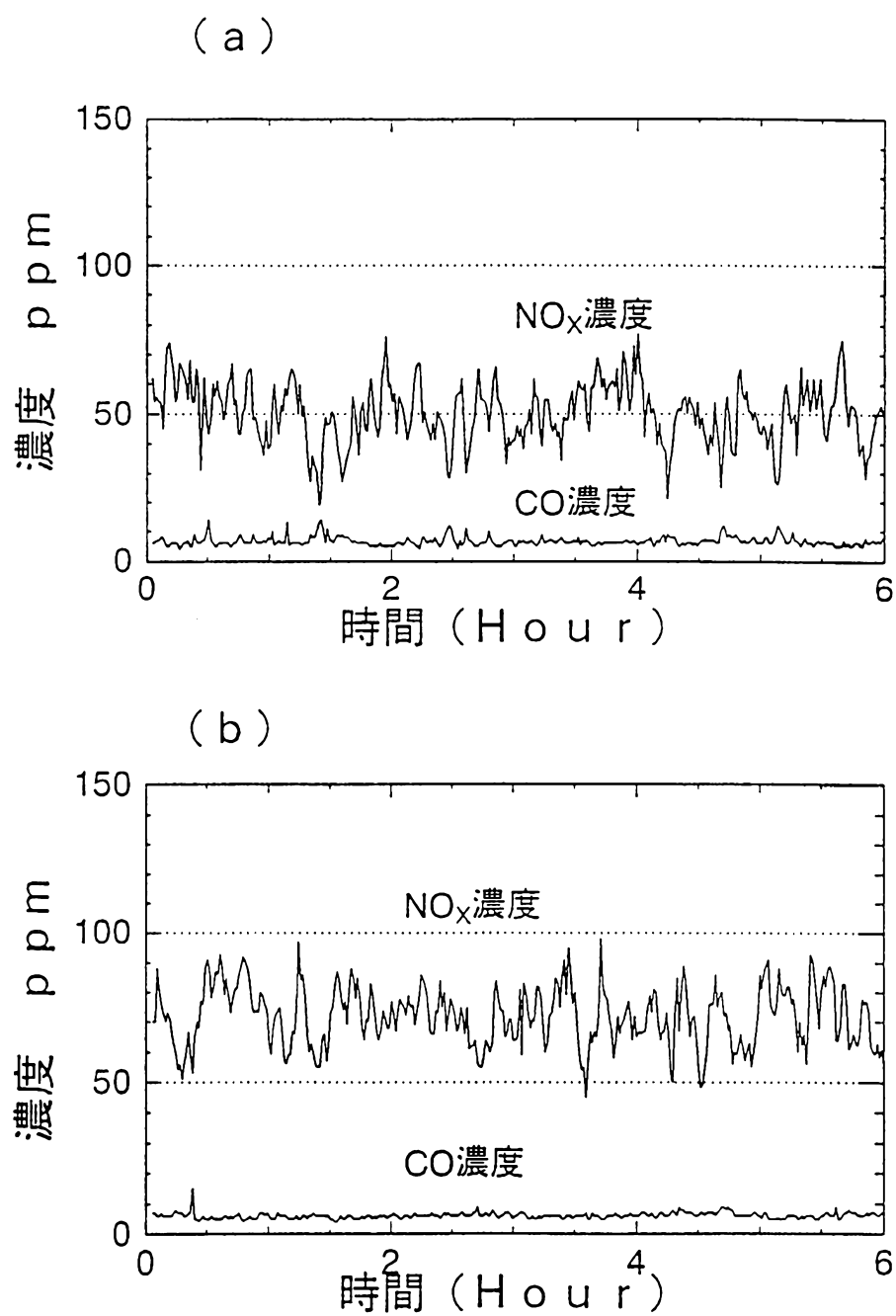


図 30

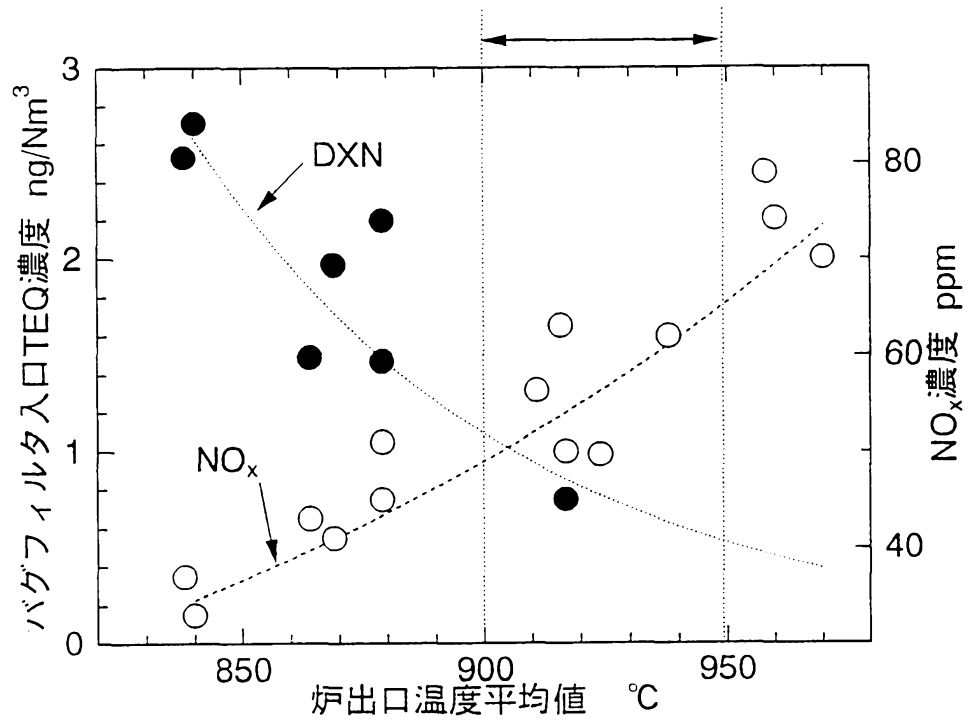


図 31

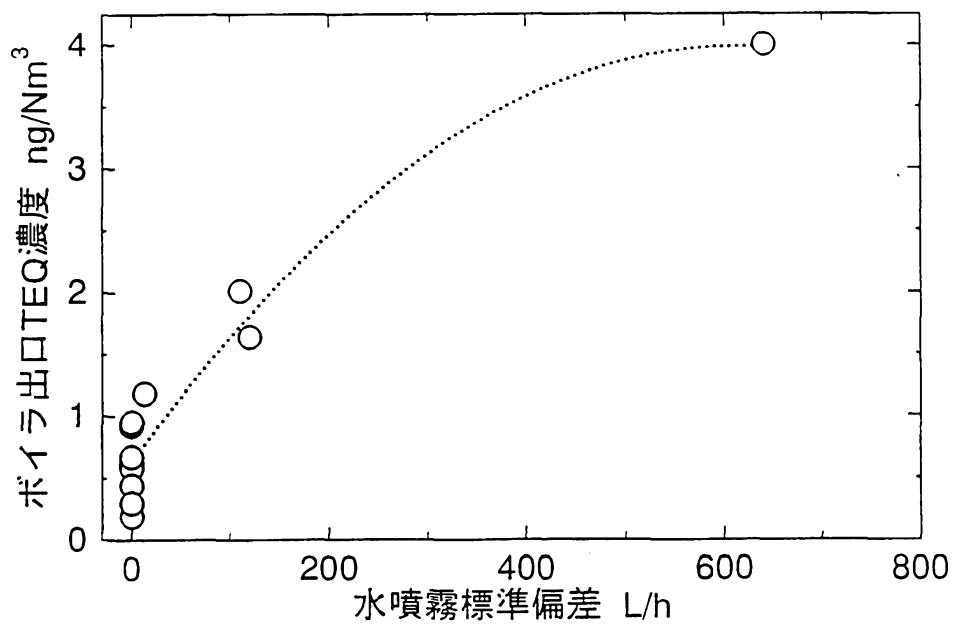


図 32

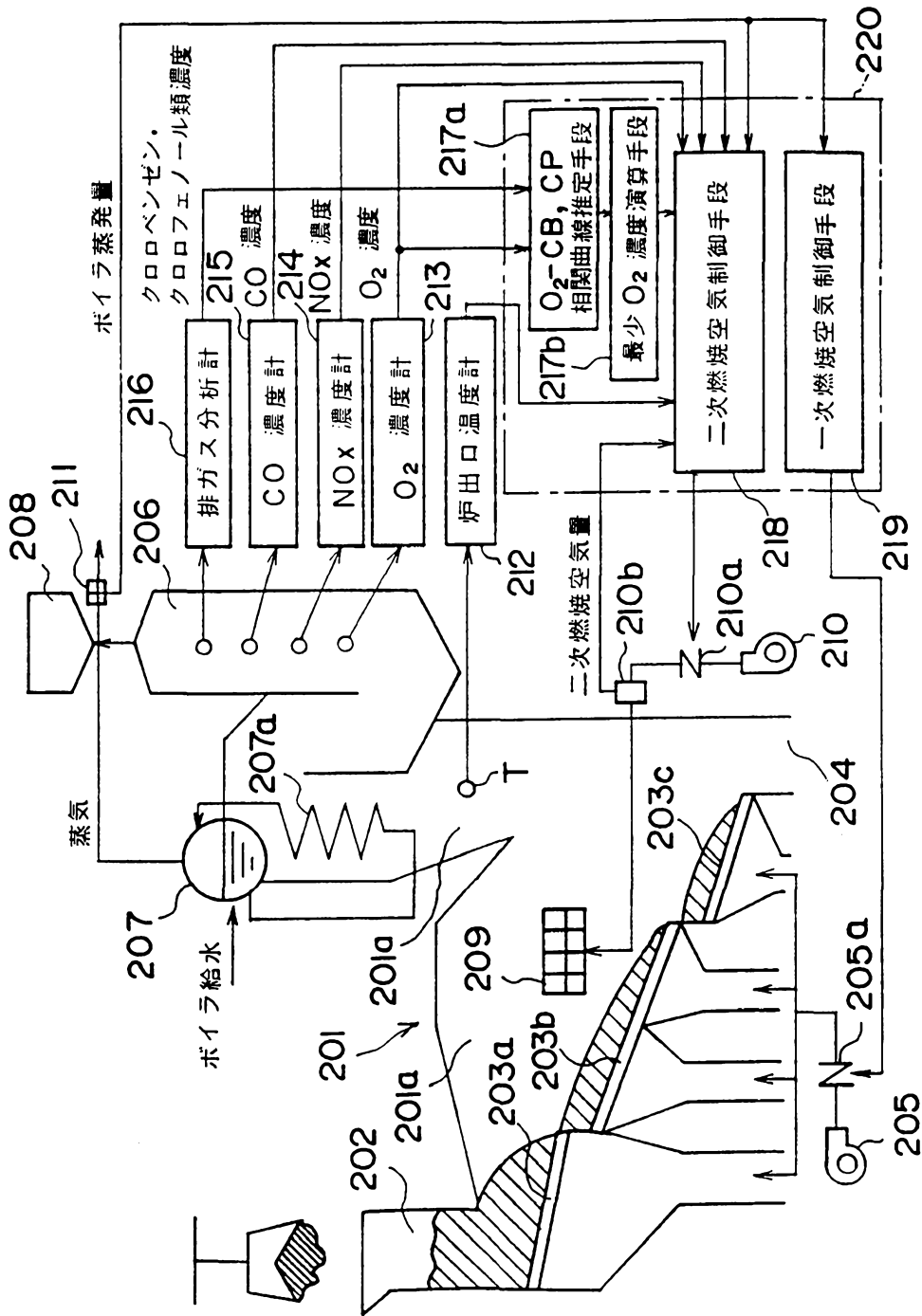


图 33

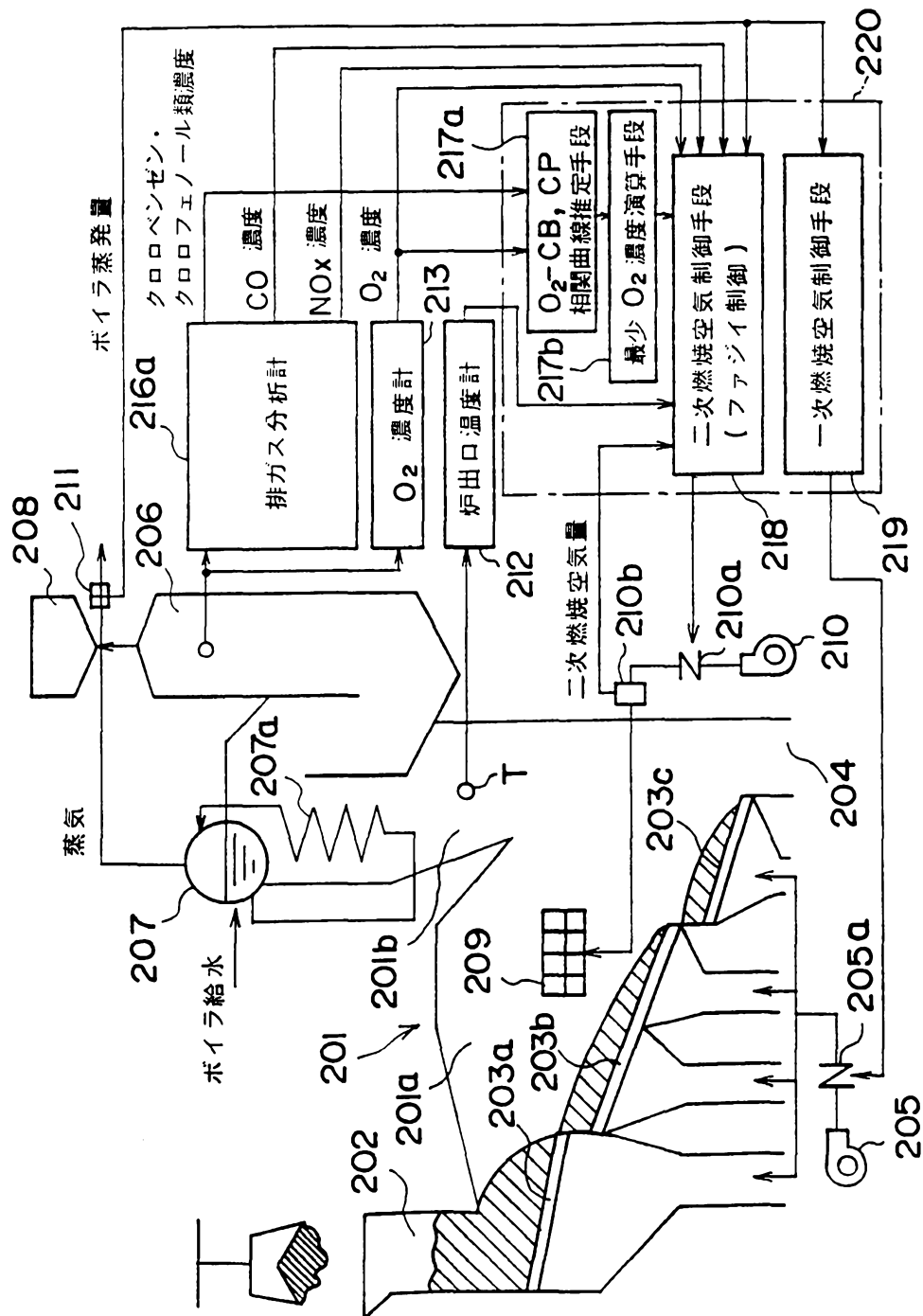


図 34

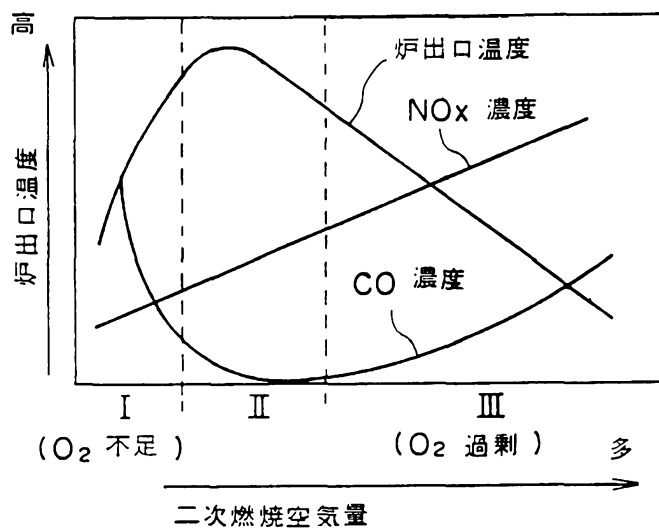
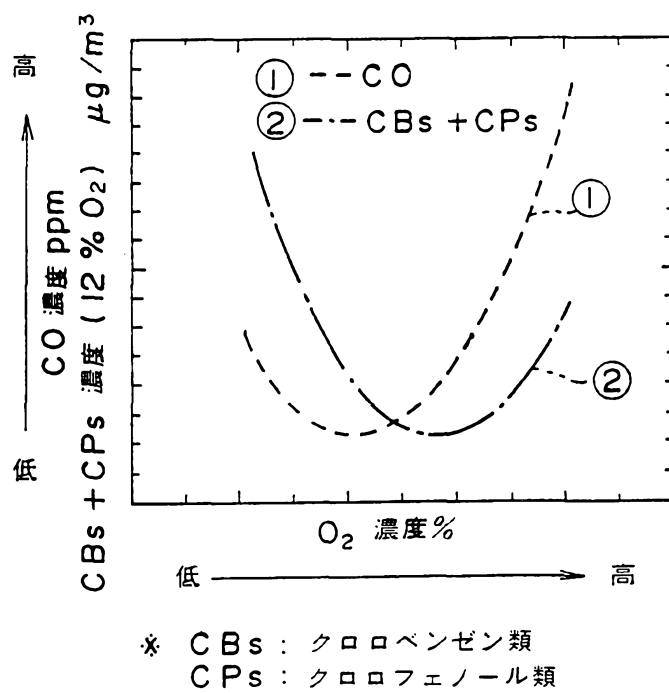


図 35



36

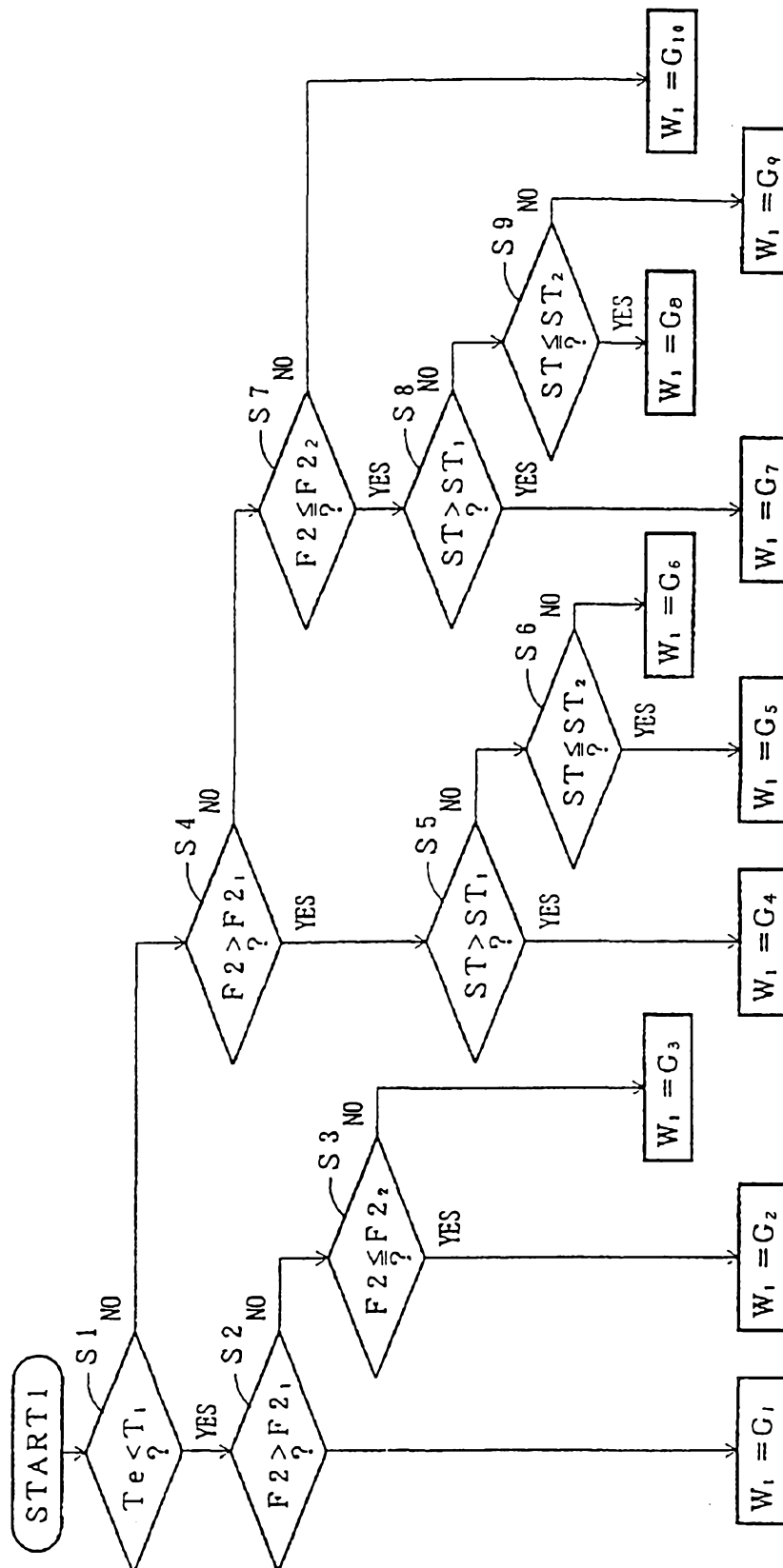


図 37

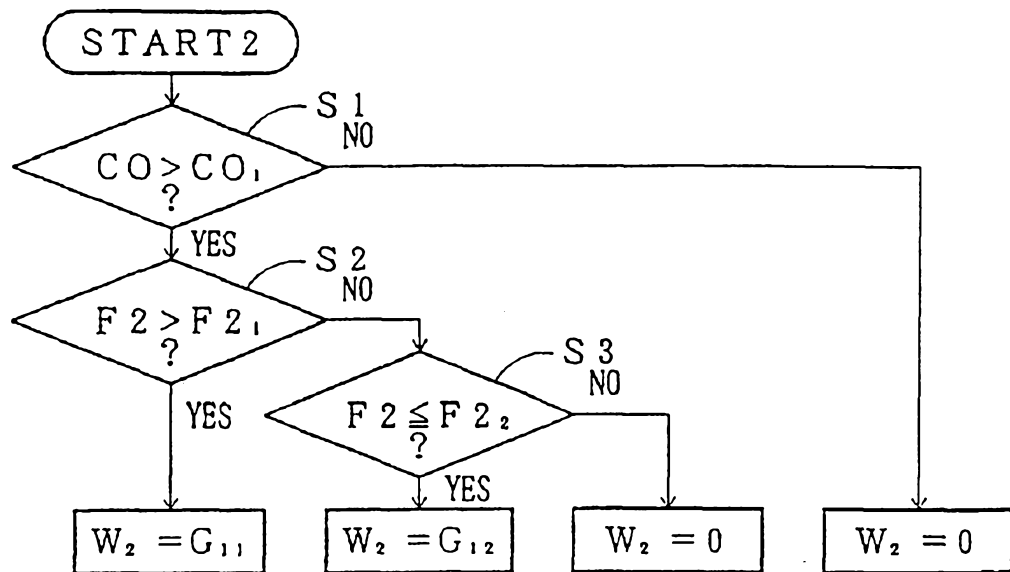


図 38

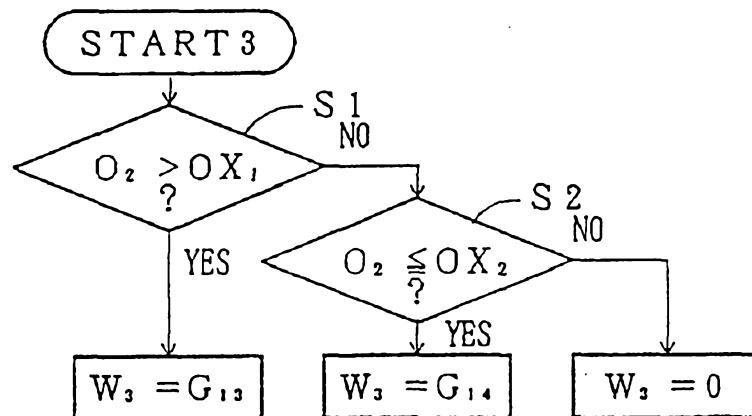


図 39

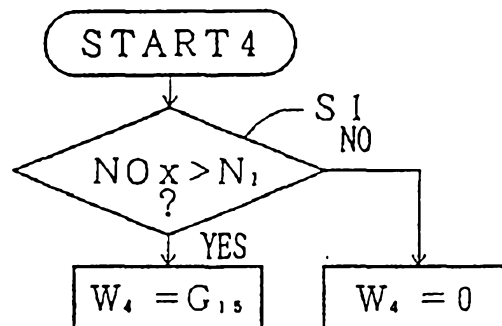
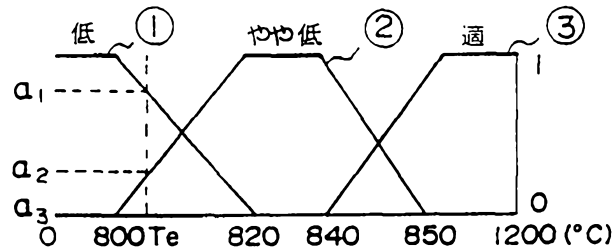
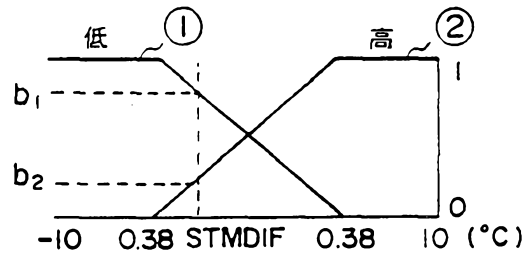


図 40

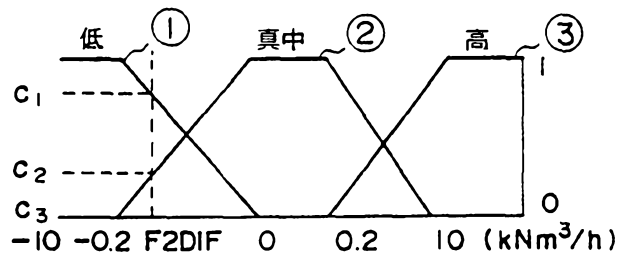
(a) 炉出口温度に対するメンバシップ設定パラメータ



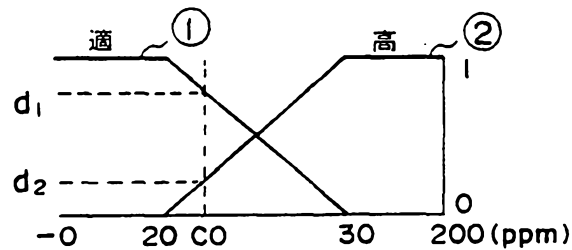
(b) 蒸発量偏差に関するメンバシップ設定パラメータ



(c) 二次燃焼空気量偏差に対するメンバシップ設定パラメータ



(d) CO濃度に関するメンバシップ設定パラメータ



(e) NOx濃度に関するメンバシップ設定パラメータ

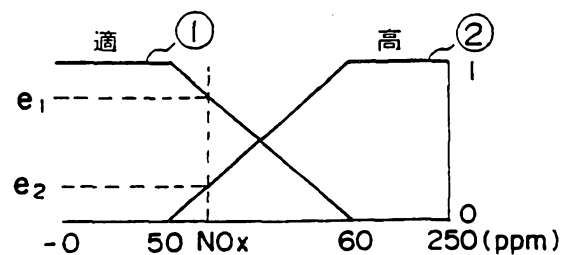
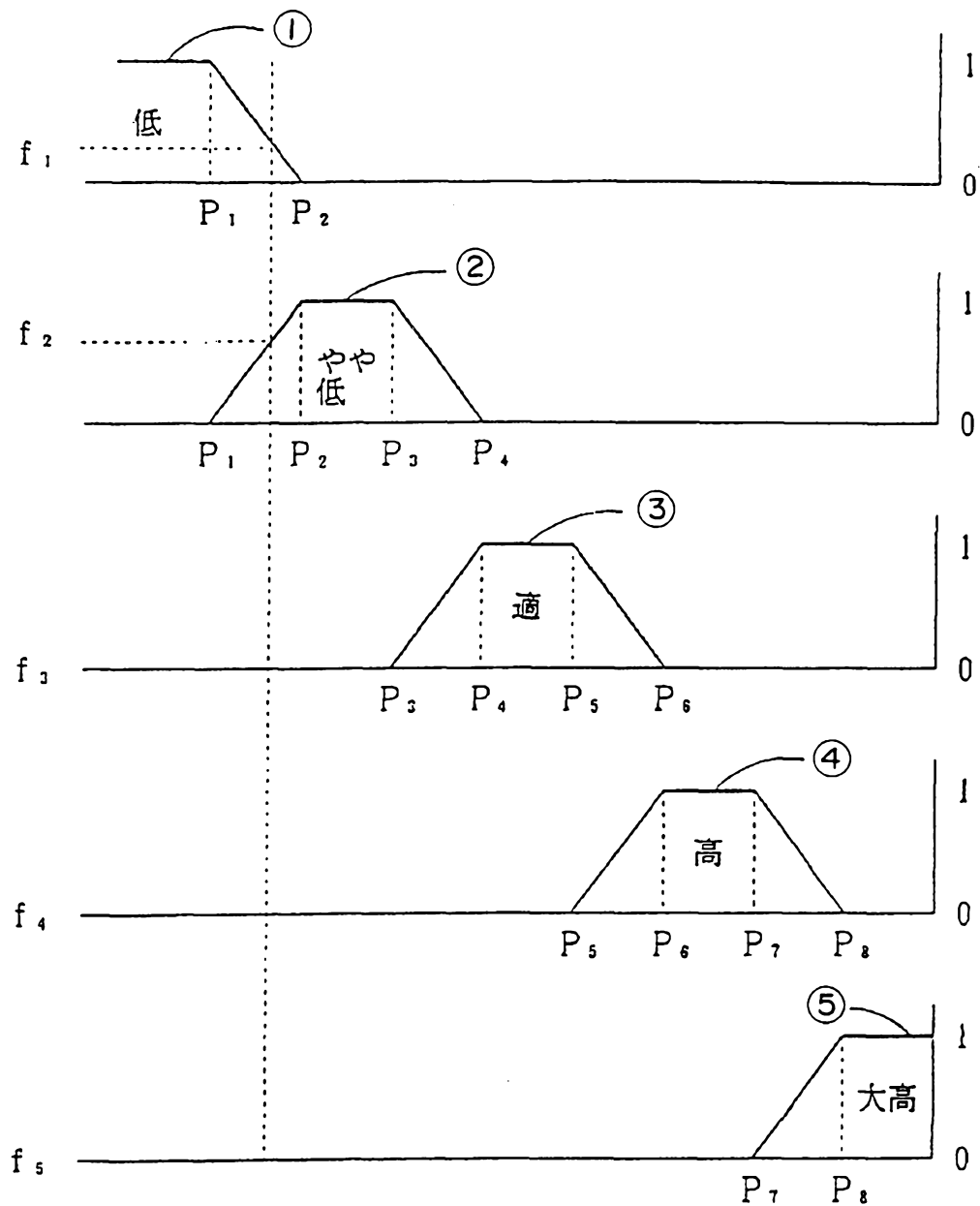


図 41

O₂ 濃度に関するメンバシップ設定パラメータ

ただし、

$$\begin{aligned}
 P_1 &= X_{O_2} - \beta_2 + 0.1 \\
 P_2 &= X_{O_2} - \beta_2 + 0.3 \\
 P_3 &= X_{O_2} - \beta_1 \\
 P_4 &= X_{O_2} - \beta_1 + 0.2 \\
 P_5 &= X_{O_2} + \beta_1 - 0.2 \\
 P_6 &= X_{O_2} + \beta_1 \\
 P_7 &= X_{O_2} + \beta_2 + 0.1 \\
 P_8 &= X_{O_2} + \beta_2 + 0.3
 \end{aligned}$$

図 42

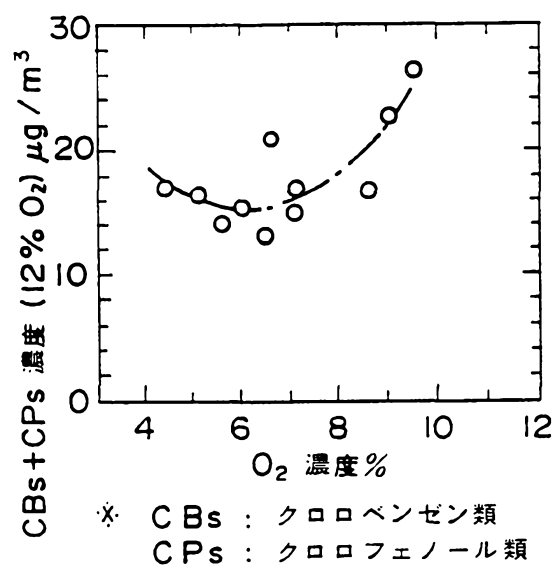
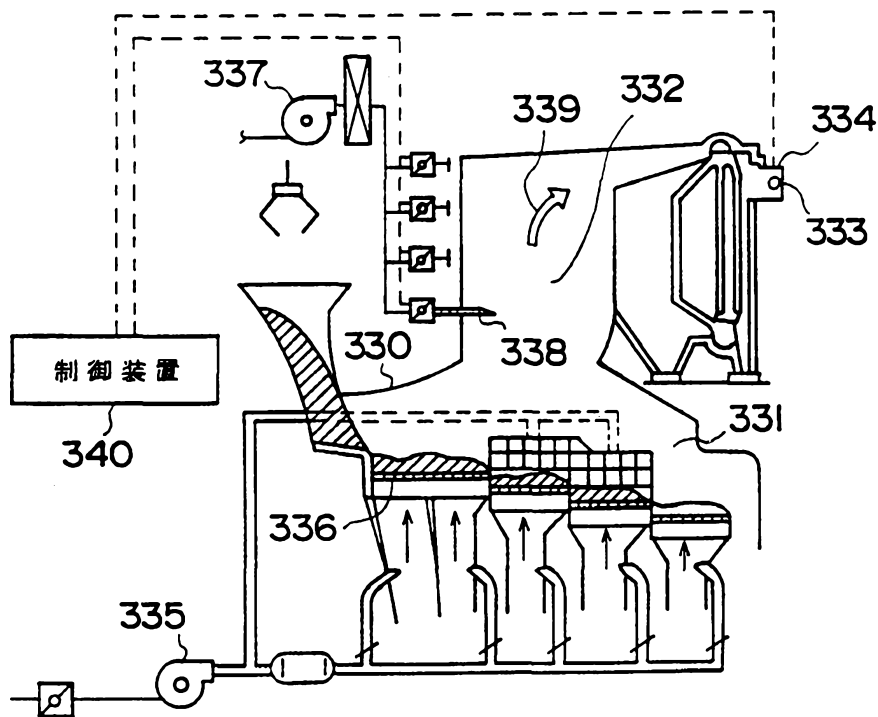


図 43



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP97/03518

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl⁶ F23G5/50

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)

Int. Cl⁶ F23G5/50

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1926 - 1996
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971 - 1996
Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994 - 1997

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.
Y	JP, 7-133917, A (Sumitomo Heavy Industries, Ltd.), May 23, 1995 (23. 05. 95), Column 5, lines 6 to 16; Fig. 1 (Family: none)	1 - 8
Y	JP, 56-42013, A (Kubota, Ltd.), April 20, 1981 (20. 04. 81), Page 1, lower left column, lines 5 to 13 (Family: none)	1 - 8
Y	JP, 5-248618, A (Kubota Corp.), September 24, 1993 (24. 09. 93), Column 1, lines 2 to 10; Fig. 1 (Family: none)	3
A	JP, 5-99411, A (Hitachi Zosen Corp.), April 20, 1993 (20. 04. 93), Column 1, lines 2 to 9; Fig. 2 (Family: none)	4
Y	JP, 60-251310, A (Kubota, Ltd.), December 12, 1985 (12. 12. 85), Page 1, lower left column, lines 5 to 10	9 - 26

☒ 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 document 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
October 16, 1997 (16. 10. 97)

Date of mailing of the international search report
October 28, 1997 (28. 10. 97)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office
Facsimile No.

Authorized officer
Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP97/03518

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
	(Family: none)	
A	JP, 60-162116, A (Hitachi Zosen Corp.), August 23, 1985 (23. 08. 85), Page 2, upper right column, line 1 to lower left column, line 16; Fig. 2 (Family: none)	15, 16
A	JP, 9-49623, A (NKK Corp.), February 18, 1997 (18. 02. 97), Column 4, line 33 to column 5, line 2; Fig. 1 & TW, 305917, A	17 - 34
A	JP, 7-332642, A (Kubota Corp.), December 22, 1995 (22. 12. 95), Column 2, lines 1 to 31; Fig. 1 (Family: none)	17 - 34
A	JP, 8-128615, A (Kubota Corp.), May 21, 1996 (21. 05. 96), Column 2, lines 2 to 37; Fig. 1 (Family: none)	27 - 34
A	JP, 7-167419, A (Babcock-Hitachi K.K.), July 4, 1995 (04. 07. 95), Column 3, lines 33 to 41; Fig. 1 (Family: none)	27 - 34

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.⁶ F 23 G 5 / 50

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 (IPC))

Int. Cl.⁶ F 23 G 5 / 50

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 1926-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-1996年

日本国登録実用新案公報 1994-1997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 請求の範囲の番号
Y	J P, 7-133917, A (住友重機械工業株式会社) 23. 5月. 1995 (23. 05. 95), 第5欄, 第6~16行, 図1 (ファミリーなし)	1-8
Y	J P, 56-42013, A (久保田鉄工株式会社) 20. 4月. 1981 (20. 04. 81), 第1頁左下欄, 第5~13行 (ファミリーなし)	1-8
Y	J P, 5-248618, A (株式会社クボタ) 24. 9月. 1993 (24. 09. 93), 第1欄, 第2~10行, 図1 (ファミリーなし)	3
A	J P, 5-99411, A (日立造船株式会社) 20. 4月. 1993 (20. 04. 93), 第1欄, 第2~9行, 図2 (ファミリーなし)	4

☒ 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」先行文献ではあるが、国際出願日以後に公表されたものの

「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

16. 10. 97

国際調査報告の発送日

28.10.97

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100

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)

榎原 進

3 K

8 7 1 5

電話番号 03-3581-1101 内線 3334

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 請求の範囲の番号
Y	J P, 60-251310, A (久保田鉄工株式会社) 12. 12月. 1985 (12. 12. 85), 第1頁左下欄, 第5~10行 (ファミリーなし)	9-26
A	J P, 60-162116, A (日立造船株式会社) 23. 8月. 1985 (23. 08. 85), 第2ページ右上欄第1行~左下欄第16行, 第2図 (ファミリーなし)	15, 16
A	J P, 9-49623, A (日本鋼管株式会社) 18. 2月. 1997 (18. 02. 97), 第4欄第33行~第5欄第2行, 図1&TW, 305917, A	17-34
A	J P, 7-332642, A (株式会社クボタ) 22. 12月. 1995 (22. 12. 95), 第2欄, 第1~31行, 図1 (ファミリーなし)	17-34
A	J P, 8-128615, A (株式会社クボタ) 21. 5月. 1996 (21. 05. 96), 第2欄, 第2~37行, 図1 (ファミリーなし)	27-34
A	J P, 7-167419, A (パプコック日立株式会社) 4. 7月. 1995 (04. 07. 95), 第3欄, 第33~41行, 図1 (ファミリーなし)	27-34