



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	ごみ焼却炉自動燃焼制御システムによるダイオキシン類の低減
Author(s)	宮田, 治男; 古橋, 誠
Description	第2回衛生工学シンポジウム (平成6年11月10日 (木) -11日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 3 有効利用、高度処理、廃棄物処理 . 3-2
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 2, 84-89
Issue Date	1994-11-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7589
Type	departmental bulletin paper
File Information	2-3-2_p84-89.pdf



3 - 2

ごみ焼却炉自動燃焼制御システムによるダイオキシン類の低減

三機工業(株) 宮田治男 ○古橋 誠

1. はじめに

ダイオキシン類とは、ポリ塩化ジベンゾダイオキシン類(PCDDs)と、ポリ塩化ジベンゾフラン類(PCDFs)の総称であり、酸素で架橋された2つのベンゼン環に、1~8個の塩素が結合した構造を持つ有機塩素系化合物である。ベトナム戦争で使用された枯葉剤の散布後の後遺症問題のように催奇形性や発ガン性などの強い毒性を持ち、史上最強の毒物ともいわれている。

わが国においては、昭和58年にごみ焼却炉から排出される焼却灰の中からダイオキシン類が検出されたことが報じられ、当時はこのダイオキシン類の生成機構や抑制・除去技術、分析方法が確立されておらず、それによる環境や人体への影響が懸念され社会的不安を引き起こした。その後、ごみ焼却炉で発生するダイオキシン類の基礎研究、調査・分析と共に実施における研究・開発もすすめられ、ダイオキシン類の生成機構と生成条件等が解明されてきた。

平成2年12月に厚生省より「ダイオキシン類発生防止等ガイドライン」が提示され、良好な燃焼および適正な排ガス処理により、問題のないレベルにまでダイオキシン類濃度を低減できる指標が確立された。それによると、ごみ焼却炉では燃焼過程、排ガス処理過程においてダイオキシン類が生成され、燃焼状態の善し悪しが発生量自体を大きく左右するとされている。良好な燃焼を保つ条件として、3Tすなわち、

Temperature (温度・・・炉内を高温に保つ)

Time (時間・・・十分な滞留時間)

Turbulence (渦流・・・ガスの十分な混合)

が重要であるとされ、その具体的方法として燃焼方法の改善、自動燃焼制御による燃焼管理、二次燃焼室の構造改善、二次燃焼方法の効率化等によって完全燃焼により近づけることが挙げられている。また、排ガス冷却時に300℃前後で排ガス中の未燃分を核としてダイオキシン類の再生¹⁾がなされるという厄介な問題もある。この場合も、燃焼段階で完全燃焼させ、未燃分をなくしてしまうことが最も重要である。

このように800℃~950℃で定常運転されている時のダイオキシン類の低減化技術は急速な進歩を遂げてきた。しかし、起動・停止時に一時的ではあるものの、高濃度のダイオキシン類が生成されることも報告された。わが国では、24時間連続運転を行わない中小規模の焼却施設(准連炉、機械化バッチ炉)が数多く存在する。これらの焼却炉では、毎日起動・停止を行うため、未燃物質やダイオキシン類を多く含む排ガスが排出されることが懸念される。ガイドラインでは、この起動・停止時に再燃バーナによるダイオキシン類等の低減化が示されている。ただし、再燃バーナの効果的使用方法や容量、取り付け位置等による効果については研究が進められているところである。

ここでは、これまでオペレータの勘や経験に左右されていた起動・停止時の非定常時の操作(ごみの供給方法や燃焼空気の非定常の操作)および定常時の燃焼管理をファジィ制御³⁾を用いてきめ細かく管理するシステムを開発し、再燃バーナを使用せずに起動・停止時のダイオキシン類の低減化ができたので報告する。具体的には、従来の起動・停止操作を行っているA施設と、ファジィ制御を用いて炉内に送り込まれるごみの供給量、送り速度、および燃焼空気量を、炉内の状況変化に応じて、適正にきめ細かく管理したB施設において集じん器出口排ガスのダイオキシン類について比較評価を行った。

2. ファジィ制御を用いた自動燃焼制御システムの概要

ストーカ方式の焼却施設全体フローの一例を図1に示す。

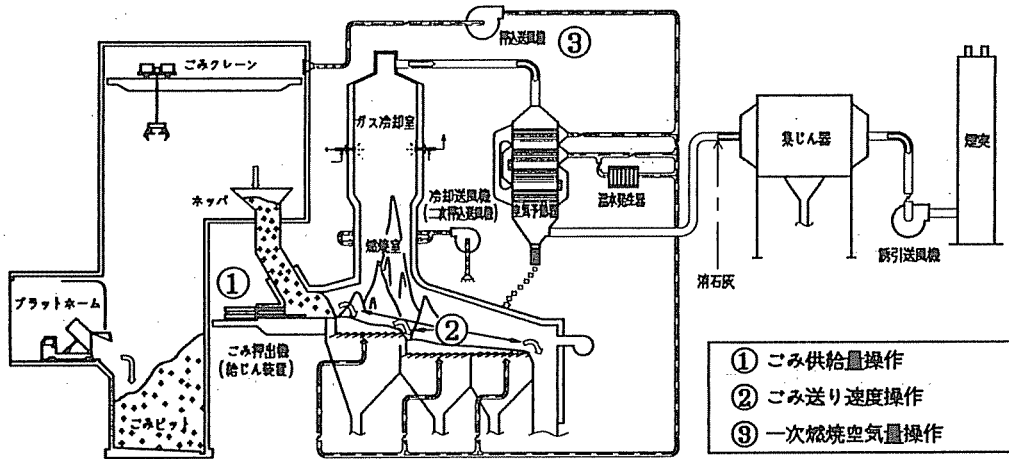


図1 全体フロー

このような焼却炉における燃焼管理上の三要素は、①ごみ供給量、②ごみ送り速度、③燃焼空気量であり、この操作量についてファジィ制御を用いた自動燃焼制御システムを構築した。

(焼却炉の起動運転～定常運転～停止運転の全行程を自動化)

このシステムの起動方法は、図2に示す自動起動システムフローのように、バーナの昇温により炉内温度が一定の温度以上になった時点でごみ供給を開始する。この時、炉内へは非常に少量のごみが投入され前方へ送り出される。ファジィ推論によりそのごみへの着火、燃焼状態に応じてごみ供給量、ごみ送り速度、燃焼空気量がバランスよく定常状態へと導かれる。そのまま定常時自動燃焼へ移行し、予定焼却量をクリアすれば、図3に示すような自動停止が行われるというものである。(ここで、 T ：炉出口排ガス温度、 $T_1 \sim T_6$ ：各設定温度)

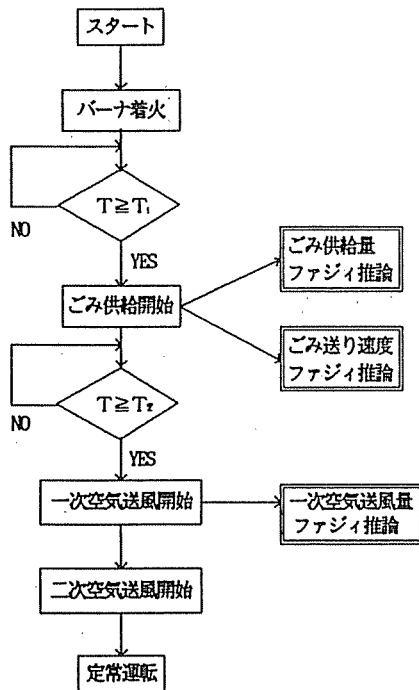


図2 自動起動システムフロー

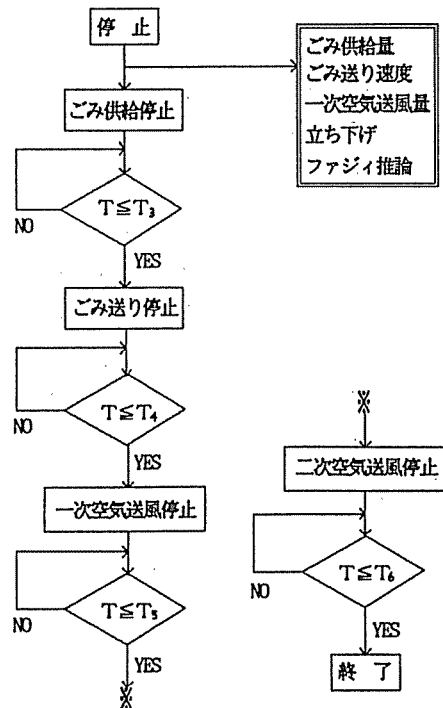


図3 自動停止システムフロー

また、本自動燃焼制御システムの概要を図4に示す。図4の中でファジィ制御部分は、炉出口排ガス温度とその変化量、排ガス量、ごみ質、ストローク、燃焼空気量、ごみ送り速度（インターバル）を入力として総合的推論を行い、ごみ押出機ストローク、押込送風機回転数、ごみ送り速度の増減量を出力する。

運転員の判断をある程度取り込むために、燃焼管理設定画面にごみ質の範囲として0~100%の値を入力できるように考慮した。これは前日の運転状況等から、運転員が判断して運転開始前に一度設定する。この方法を用いることによって、季節ごとに大きく変動するごみ質に対して対応することができる。メインコントローラは、ファジィコントローラの変更量出力から実際の動作量であるストローク、回転数、速度の設定値をそれぞれ算出し、ごみ押出機、押込送風機、ストーカの運転管理を行う。また、炉内圧制御や二次燃焼空気量制御等については従来のシーケンス制御によりコントロールしている。ここで、ファジィ制御の仕様を以下に示す。

①ルール数

- ごみ供給量制御：40ルール
- 一時燃焼空気量制御：30ルール
- ごみ送り速度制御：30ルール

②推論方法

MAX-MIN推論法

③確定方法

重心法

④メンバーシップ関数

入出力共に三角形または台形

なお、ファジィ制御と従来の操作管理方法との違いの一例として、起動時における燃焼空気量の経時変化を図5に示した。従来の運転方法による起動時燃焼空気量の操作量は階段状であり、定常状態になるまで9回の設定変更がなされている。これに対して、ファジィ制御を用いた操作量は、炉内のごみの量の増加やごみへの着火状態等による炉出口温度、排ガス量の変化に応じて連続的に増加している。また、ごみ供給量、ごみ送り速度も同様な違いがある。

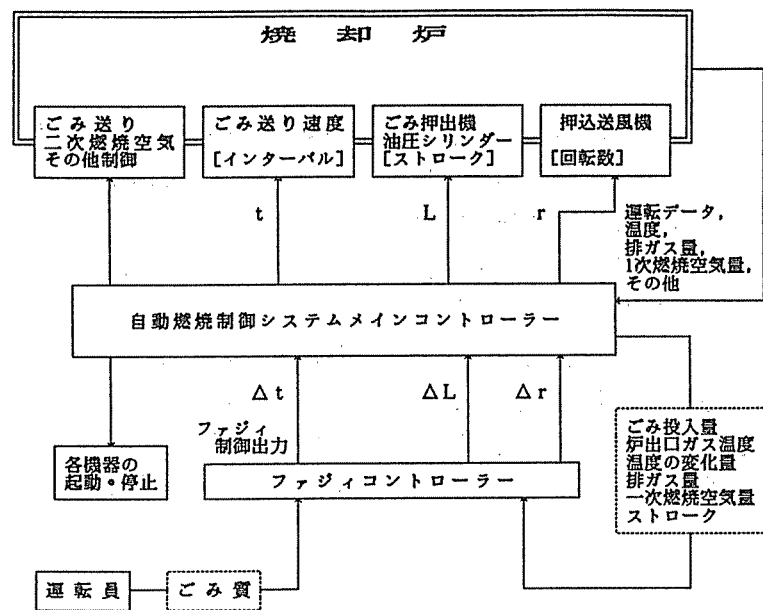


図4 自動燃焼制御システムの概要

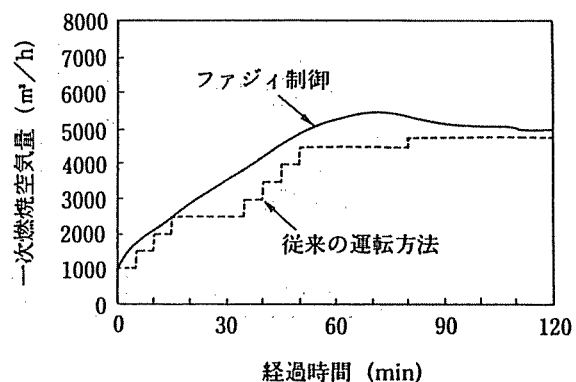


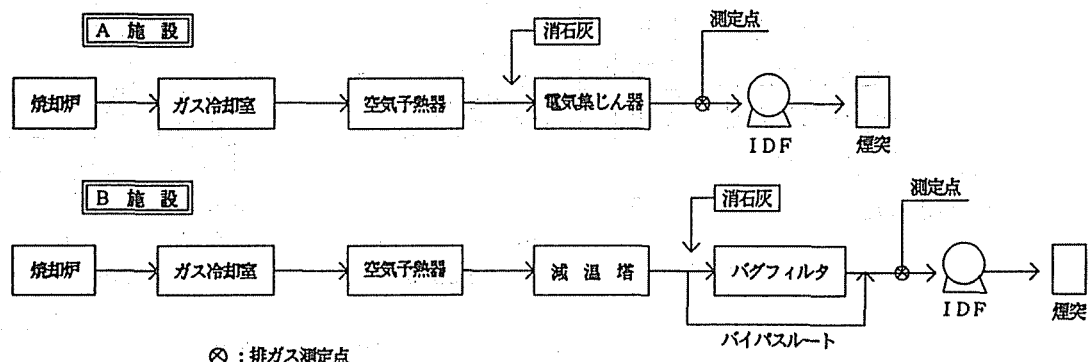
図5 燃焼空気量の経時変化

3. 導入施設の概要

自動燃焼制御システムを導入したB施設と、従来のシーケンス制御を用いて運転しているA施設の概要を表1に、フロー及び測定位置を図6に示す。

表1 A, B各施設の概要

	A 施設	B 施設
炉形式 (能力)	准連続ストーカ式(48t/16h)	准連続ストーカ式(60t/16h)
ガス冷却方式	水噴射式 (炉上)	水噴射式 (別置)
排ガス処理方式	乾式消石灰噴霧+電気集じん器	乾式消石灰噴霧+バグフィルタ
起動・停止方法	手動設定による段階操作	ファジィ制御による自動化
燃焼制御方法	シーケンス制御	シーケンス制御+ファジィ制御



⊗: 排ガス測定点

図6 施設のフロー及び排ガス測定位置

排ガス測定は、集じん器出口にて起動時（ごみ投入～バーナ停止）、定常時、停止時（ごみの投入停止～燃焼空気停止）に区分した。また、測定項目としては、CO、O₂、ダイオキシン類について行った。

4. 測定結果

CO濃度はダイオキシン類と相関関係が認められており、完全燃焼の度合として評価されることが多い。そこで、集じん器出口にてCO濃度の測定を行った。A, B各施設の起動時のCO濃度経時変化を図7に、全行程のCO、O₂濃度を表2に示す。A施設の起動時のCO濃度ピーク値が770ppmに対して自動燃焼システムを導入したB施設は、280ppmに止まっており、平均値は75ppmと低くなっていた。また、停止時、夜間のCO濃度も半減している。このことは停止時においてもごみ層の管理や燃焼空気量の管理が必要であることを裏付けるものである。ここで定常時のCO濃度の違いについては、ガス冷炉上型と別置型という構造上の違いが大きく影響していることが考えられるが、起動時、停止時、夜間のCO濃度については、本システムの導入効果と考えられる。

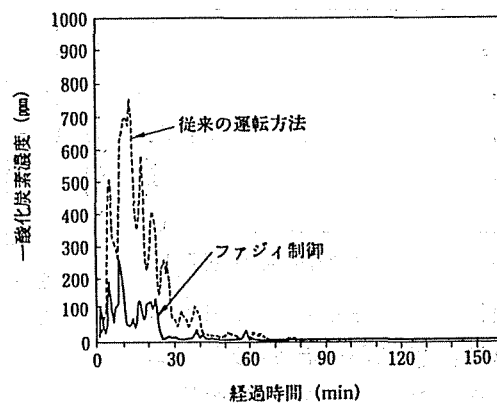


図7 起動時CO経時変化

表2 集じん器出口排ガス性状

		A施設	B施設
CO(ppm) 実測値	起 動	330(770)	75(280)
	定 常	27(65)	5(17)
	停 止	670(930)	275(410)
	夜 間	290(460)	45(110)
O ₂ (%)	起 動	15.1	14.8
	定 常	12.3	12.6

()はピーク値

A、B各施設の起動時におけるPCDDs/DFsの排出量の比較を図8に示す。ここで、起動時のPCDDs/DFsの排出量mg換算は(1)にて算出した。

$$\text{PCDDs/DFs排出量(mg)} = \text{PCDDs/DFs(ng/Nm}^3) \times \text{排ガス量(Nm}^3/\text{h)} \times \text{立ち上げ時間(h)} \times 10^{-6} \dots \dots (1)$$

電気集じん器とバグフィルタという集じん器の違いがあるので定量的比較はできないが、バグフィルタを備えた施設に本システムを用いれば、起動時のPCDDs/DFsの大幅な低減化が可能であるといえよう。また、A、B各施設における起動、定常、停止、夜間のI-TEQ排出量をmg換算した比較を図9に示す。排出量mg換算は(2)式にて算出した。

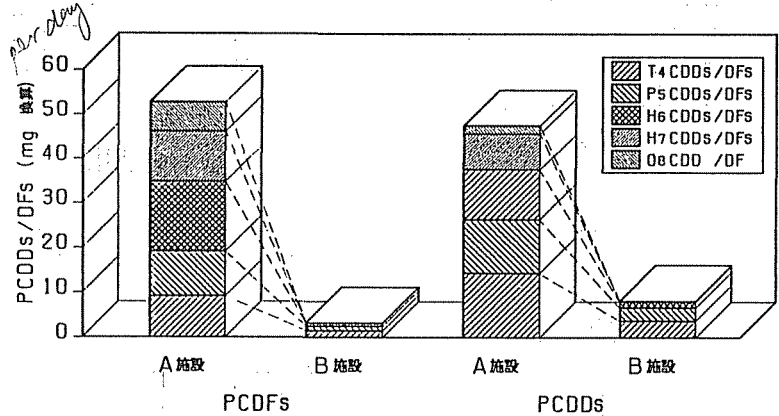


図8 A、B各施設の起動時PCDDs/DFs排出量

$$\text{I-TEQ排出量(mg)} = \text{I-TEQ(ng/Nm}^3) \times \text{排ガス量(Nm}^3/\text{h)} \times \text{各状態継続時間(h)} \times 10^{-6} \dots \dots (2)$$

図9より、起動、停止時のI-TEQ排出量の違いが大きいことが解る。これは非定常時の状態管理をファジィ制御を用いることによって自動化した効果と言えよう。また、ここではA施設の処理量が48t/16h、B施設は60t/16hであるので、ゴミ1t当たりの排出量としては、A施設はB施設の1.25倍となる。しかし、起動・停止時における処理量は正確に把握できないので定常時のみ考慮されるべきものであると考え、ゴミ1t当たりの換算はしなかった。ただし、定常時におけるダイオキシン類についてゴミ処理量当たりの換算が可能であり、ここではこの換算を行うと、自動燃焼システムを導入したB施設の方が、ゴミ焼却量1t当たりから生成・排出される排ガス中のダイオキシン類を50%低減できたことになる。

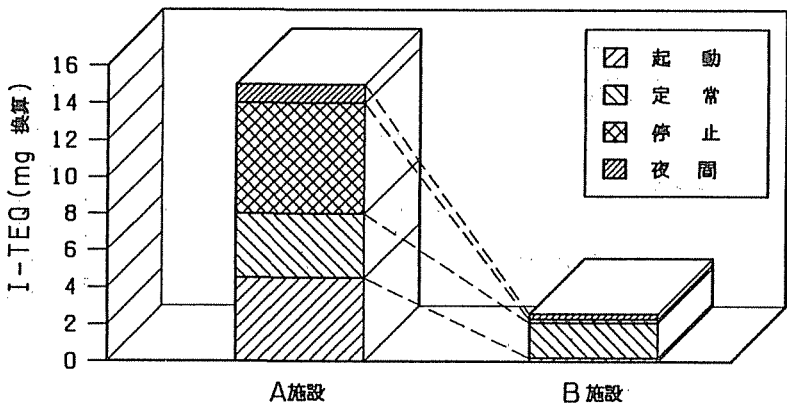


図9 A、B各施設 I-TEQ 排出量

6. まとめ

従来制御では、起動・停止時の非定常操作を自動化することが難しく、自動化システムを組んだとしても、ゴミ質や起動時の炉内蓄熱量等の違いによって、手動介入することが多くなる等の問題があった。そこで、ファジィ制御を用いることによって、制御条件の中に捉えようのないこれらのあいまいさを持った因子を、温度やガス量から推論することにより管理するシステム作りを行った。その結果、起動・停止時のゴミ供給量、ゴミ送り速度、燃焼空気量操作が

連続的に行われるようになり、以下の効果が確認できた。

- 1) 起動時のCO濃度をピーク値で1/3程度に、平均値では1/10以下にすることができた。
- 2) 起動・停止時に煙突から排出されるダイオキシン類量を従来の1/10以下に低減できた。
- 3) 定常時の比較としては、電気集じん器とバグフィルタという設備の違いがあり、冷却温度域も違うため、本システムの効果と考えることは難しいが、本システムを導入した施設の方が排出量が半分であった。

ファジィ制御を用いた自動燃焼制御システムによって、再燃バーナを設置していない施設でも、起動・停止時のPCDDs/DFsの大幅な低減化ができた。今後はさらにこのシステムに、再燃バーナを用いた場合におけるPCDDs/DFsの低減効果等について、調査していきたいと考えている。

参考文献

- 1) 平岡正勝：「廃棄物処理におけるダイオキシン類の生成と制御」廃棄物学誌Vol. No. 1, pp20-37, 1990
- 2) 山崎, 真田：「水噴射ガス冷却方式ごみ焼却炉のダイオキシン低減化」No. 12第2回廃棄物学会研究発表会講演論文集, 1991
- 3) R. R. YAGER, S. OVCHINNIKOV, R. M. TONG, H. T. NGUYEN：「FUZZY SETS AND APPLICATIONS; Selected Papers by L. A. Zadeh」Wiley-Interscience