

平成11年度厚生科学研究補助金（生活安全総合研究事業）

廃棄物処理における燃焼制御によるダイオキシンの
抑制技術に関する研究
(H11-生活-044)

報 告 書

平成12年3月

主任研究者
株式会社日立製作所 電力・電機開発研究所
小豆畑 茂

はじめに

ごみ焼却炉のダイオキシン類排出量は、新設炉で0.1~5ng-TEQ/Nm³、また既設炉でも平成14年12月から、1~10ng-TEQ/Nm³以下に規制される。これまでのごみ焼却炉の制御は、一酸化炭素(CO)や蒸気発生量等を指標として燃焼の安定化を図ってきた。しかしながら、CO濃度の低い場合には、COがダイオキシン類の発生量と必ずしも相関があるとは限らないことが指摘されている。一方、ダイオキシン類前駆物質がダイオキシン類の発生量と相関があることが報告されている。ダイオキシン類の発生をさらに低いレベルに抑制するには、従来のCOや蒸気発生量に加えて、ダイオキシン前駆物質の量を計測し、それに基づいた制御を施すことが有効な手段と考えられる。

本研究では、まず、ごみ焼却プラントにおけるダイオキシンとクロロフェノールの濃度の相関について検討した。次にごみ焼却炉のトリクロロフェノール(TCP)濃度をオンラインリアルタイムで連続計測し、二次空気の吹き込み方法及びEP入口の排ガス温度の設定値などの運転条件を変更した場合のTCP濃度、CO濃度の変化の様子を調べた。また、ダイオキシンを抑制するためのモデルベース制御技術の基本技術としてクロロフェノールの濃度を推定する予測モデルを開発し、その妥当性を評価した。これらの研究結果をまとめた本報告書がダイオキシン抑制に係る研究の一助になれば幸いである。

最後に、本研究にご協力いただいた多くの方々に対して、心より感謝を申し上げます。

平成12年3月

小豆畑 茂

目次

I. 総括研究報告書概要版	1
II. 総括研究報告書	4
A. 研究目的	5
B. 研究方法	6
1. クロロフェノール類とダイオキシン類の濃度相関	6
2. オンライン計測クロロフェノールデータの解析	6
2.1 焼却炉概要	6
2.2 クロロフェノール計測方法	8
2.3 データ解析方法	9
2.3.1 焼却炉運転方法	9
2.3.2 収集データ	10
3. 予測モデルの構築	11
3.1 開発技術概要	11
3.1.1 予測モデル	11
3.1.2 予測モデル調整及び操作量決定技術	13
3.2 モデル検証のためのシミュレーション方法	15
3.2.1 静特性調整	15
3.2.2 ごみ質変更シミュレーション	16
3.2.3 二次空気流量変更シミュレーション	16
C. 研究結果及び考察	17
1. クロロフェノール類とダイオキシン類の濃度相関	17
2. オンライン計測クロロフェノールデータの解析	18
2.1 通常運転データの解析	18
2.2 二次空気吹き込み方法変更試験データの解析	18
2.3 E P ガス温度設定値変更試験データの解析	20
2.4 反応塔停止試験データの解析	21
2.5 後燃焼ダンパ変更試験データの解析	22
2.6 二次燃焼ダンパ変更試験データの解析	24
3. 予測モデルのシミュレーション結果	25
3.1 静特性調整結果	25
3.2 ごみ質の変化によるクロロフェノールの挙動	28
3.3 二次空気ダンパ開度の変化によるクロロフェノールの挙動	28
D. 結論	32
E. 引用文献	32
F. 研究発表	33
G. 知的所有権の取得状況	33
III. 分担研究報告書1 (ダイオキシン類とクロロフェノール類の相関)	34
A. 研究目的	34
B. 研究方法	35
1. クロロフェノールの連続計測	35
2. クロロフェノールとダイオキシン類の濃度相関	35
C. 研究結果	36

1. クロロフェノールの連続計測	36
2. クロロフェノールとダイオキシンの濃度相関	37
D. 考察	37
1. クロロフェノールの連続計測	37
2. 代替指標としてのクロロフェノールの評価	37
3. ダイオキシンの再生成メカニズム	38
4. 濃度相関における炭化水素類の寄与	39
E. 結論	39
F. 引用文献	40
G. 研究発表	40
H. 知的所有権の取得状況	40
IV. 分担研究報告書2 (オンライン計測クロロフェノールデータ解析)	51
A. 研究目的	51
B. 研究方法	52
1. データ収集方法	52
1.1 焼却炉概要及びデータ収集項目	52
1.2 クロロフェノール計測方法	54
1.3 焼却炉運転方法	55
2. データ解析方法	56
2.1 データ前処理	56
2.2 操作条件変更によるTCPとCOの挙動解析	56
C. 研究結果	57
1. 通常運転データの解析	57
2. 二次空気吹き込み方法変更試験データの解析	57
3. EPガス温度設定値変更試験データの解析	58
4. 反応塔停止試験データの解析	60
5. 後燃焼ダンパ変更試験データの解析	61
6. 二次燃焼ダンパ変更試験データの解析	63
D. 結論	64
E. 研究発表	64
F. 知的所有権の取得状況	64
V. 分担研究報告書3 (予測モデル)	65
A. 研究目的	65
B. 開発技術	66
1. 前駆物質発生量予測モデル	66
1.1 対象とした焼却炉の概要	66
1.2 予測モデルの概要	67
1.3 ごみモデル	68
1.4 ガスモデル	73
1.5 輻射モデル	75
2. 予測モデル調整技術及び操作量決定アルゴリズム	76
2.1機能概要	76
2.2機能詳細	77
2.2.1パラメータ最適化モジュール	77
2.2.2感度解析モジュール	81

C. モデル検証のためのシミュレーション方法	82
1. 静特性調整	82
2. 入力条件変更シミュレーション	83
2.1 ごみ質変更シミュレーション	83
2.2 二次空気ダンパ開度変更シミュレーション	83
D. シミュレーション結果及び考察	84
1. 静特性調整結果	84
1.1 ごみモデルの特性	84
1.2 ガスモデルの特性	84
2. 入力条件変更シミュレーション結果	92
2.1 ごみ質変更シミュレーション結果	92
2.2 二次空気ダンパ開度変更シミュレーション結果	92
3. 考察	98
3.1 ごみモデルの調整	98
3.2 ガスモデルの調整	98
E. 結論	99
F. 研究発表	99
G. 知的所有権の取得状況	99

Ⅱ. 総括研究報告書

総括研究報告書

主任研究者 小豆畑 茂 （株）日立製作所 電力・電機開発研究所 企画室長

廃棄物処理における燃焼制御によるダイオキシン類の抑制技術に関する研究

（H11-生活-044）

研究要旨

本研究はごみ焼却炉においてダイオキシン前駆物質をオンラインリアルタイムで連続計測し、それに基づいた燃焼最適化制御によりダイオキシン類の発生をさらに低いレベルに抑制することを最終目的としている。本研究では、その基礎検討として以下の項目を実施した。

- (2)ごみ焼却プラントにおけるダイオキシンとクロロフェノールの濃度の相関解析
- (2) ごみ焼却炉においてオンライン計測したトリクロロフェノール（TCP）データの解析
- (3)モデルベース制御技術の基本技術となる以下の技術の開発及び予測モデルの妥当性評価
 - (a)クロロフェノール発生量予測モデル
 - (b)予測モデル調整技術
 - (c)操作量決定アルゴリズム

これらの項目を実施した結果、以下の知見を得た。

(1) 排ガス中のダイオキシン類及びクロロフェノールの濃度を従来法により分析し、両者の濃度相関を調べた。その結果、ダイオキシン類の濃度で約 1 桁の濃度幅のバラツキはあるものの、両者の間には相関は認められ、文献に報告された結果とも合致した。

(2) オンラインでTCPを連続計測し、その挙動とCOの挙動を比較した結果、燃焼状態が悪化し、CO濃度が高くなった場合は、TCP濃度も同様に高くなった。また、一般に安定燃焼と言われているCO濃度が低い状態では、CO濃度とTCP濃度の挙動に差異が認められた。

また、操作条件として後燃焼ダンパ開度及び二次空気吹き込み量を変更した場合、操作条件に対するTCP濃度及びCO濃度の挙動に差異が見られた。ダイオキシン類との相関においてはCOよりもクロロフェノールの方が相関が高いことを考えると、ダイオキシンの低減にはクロロフェノールを指標とすることは有効な手段であると考えられる。

ただし、操作条件とクロロフェノールの濃度の関係はごみ質等の条件によって異なることが予想されるため、今後は十分なデータを解析し、操作条件とクロロフェノールの関係

を焼却炉毎に明確にしていくことが必要である。

(3) 制御用のモデルとしてクロロフェノールの濃度を推定する予測モデルを構築した。本モデルにより焼却炉内のガス温度や酸素濃度分布等を計算し、排ガス中のクロロフェノールの濃度を推定した。操作条件が一定の状態では、モデルパラメータを調整することで、モデルで計算したクロロフェノール濃度を実測したクロロフェノール濃度に一致させることができた。

分担研究者

武田 信生 京都大学大学院 工学研究科
藤原 健史 京都大学大学院 工学研究科
本田 稜慈 (株)日立製作所 計測器グループ 環境システム本部
武川 茂樹 (株)日立製作所 計測器グループ 環境システム本部
佐藤 美雄 (株)日立製作所 電力・電機開発研究所
松本 弘 (株)日立製作所 電力・電機開発研究所
野村 政英 (株)日立製作所 電力・電機開発研究所
斎藤 忠良 (株)日立製作所 電力・電機開発研究所
堀 嘉成 (株)日立製作所 電力・電機開発研究所
水本 守 株式会社日立製作所 電力・電機開発研究所
谷口 正行 株式会社日立製作所 電力・電機開発研究所

A. 研究目的

本研究では、ごみ焼却炉において、ダイオキシン前駆物質をオンラインリアルタイムで連続計測し、それに基づいた燃焼最適化制御によりダイオキシン類の発生をさらに低いレベルに抑制することを最終目的としている。具体的には以下の項目を目的とした。

(1) ごみ焼却プラントの電気集塵機 (EP) 出口において排ガスをサンプリングし、従来法によりダイオキシンとクロロフェノールの濃度を分析し、その相関関係を解析する。また、文献調査によって得られた相関関係と比較する。

(2) ダイオキシン前駆物質としてクロロフェノールを選択し、ごみ焼却炉におけるクロロフェノールの挙動を解析する。

(3) 焼却炉の燃焼制御方式として提案しているモデルベース制御技術を開発するため、その基本技術となる以下の技術を開発する。

- (a) ごみ焼却炉内のごみの燃焼状態を模擬した物理モデルベースの予測モデル
- (b) 各種反応の反応定数を調整パラメータとした予測モデル調整技術
- (c) 最適化アルゴリズムを用いた操作量決定アルゴリズム

また、予測モデルにいくつかの入力条件を与えてシミュレーションし、その挙動の妥当性を評価する。

B. 研究方法

1. クロロフェノール類とダイオキシン類の濃度相関

ダイオキシン類の代替指標としてのクロロフェノール類の有効性を確かめるために、焼却炉 A、焼却炉 B の 2 炉について排ガス中のダイオキシン類及びクロロフェノール類の濃度を分析する。クロロフェノールは以下の方法に従って分析する。まず煙道からのガスサンプリング及び前処理に関しては、次の二つの方式により試料を採取する。

A 法：1mol/l の水酸化ナトリウム水溶液を入れたインピンジャ 2 本を直列に設置し、これに 5 l/min で排ガスをバブリングさせ、クロロフェノールを捕集する。捕集終了後インピンジャ内壁をジクロロメタンで洗浄し、水酸化ナトリウム水溶液とあわせて試料溶液とする。

B 法：次に述べるダイオキシン類のサンプリングと同じく、「廃棄物処理におけるダイオキシン類標準測定分析マニュアル」に従って試料を採取する。

いずれの試料溶液も、まず試料溶液 1l に対してジクロロメタンを 100ml 混合し、これに 6mol/l の塩酸溶液を添加して弱酸性とする。これを抽出分離し、抽出液をシリカゲルカラムで精製し、濃縮後シリル化してガスクロマトグラフ-質量分析計により、ジクロロフェノール、トリクロロフェノール、テトラクロロフェノール、及びペンタクロロフェノールを定量する。これらの合計量を総クロロフェノール濃度とする。

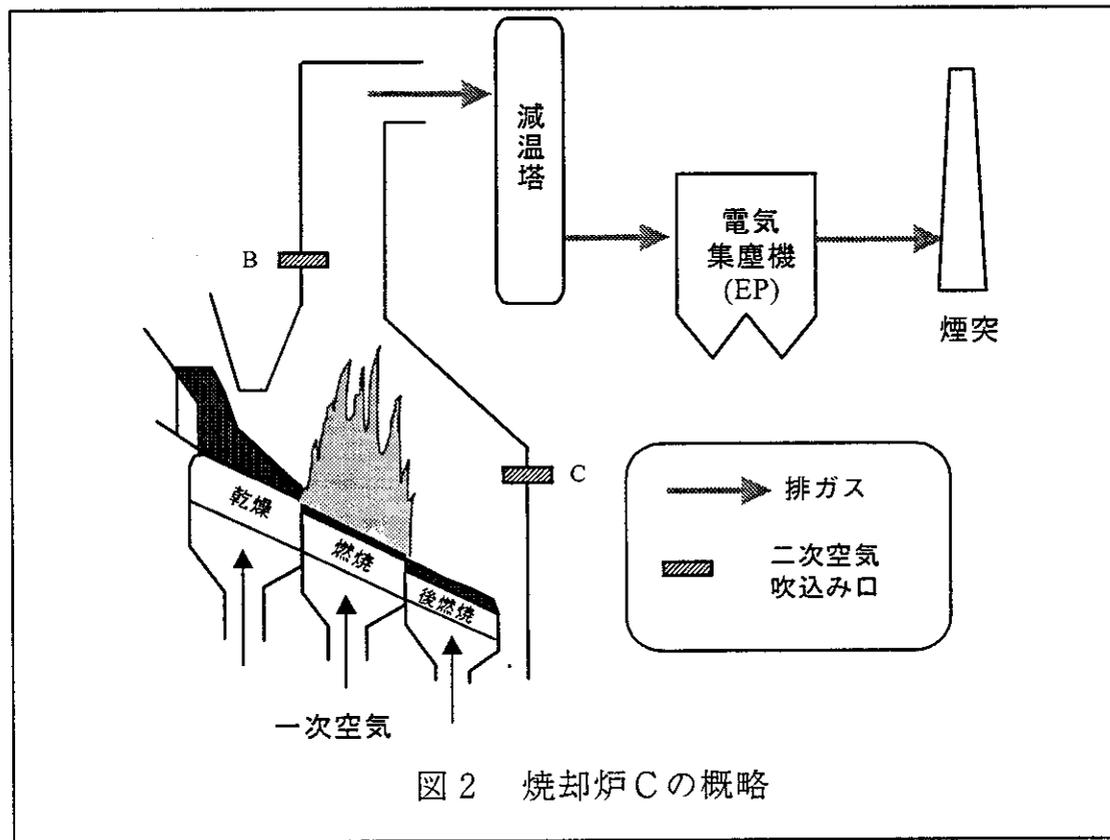
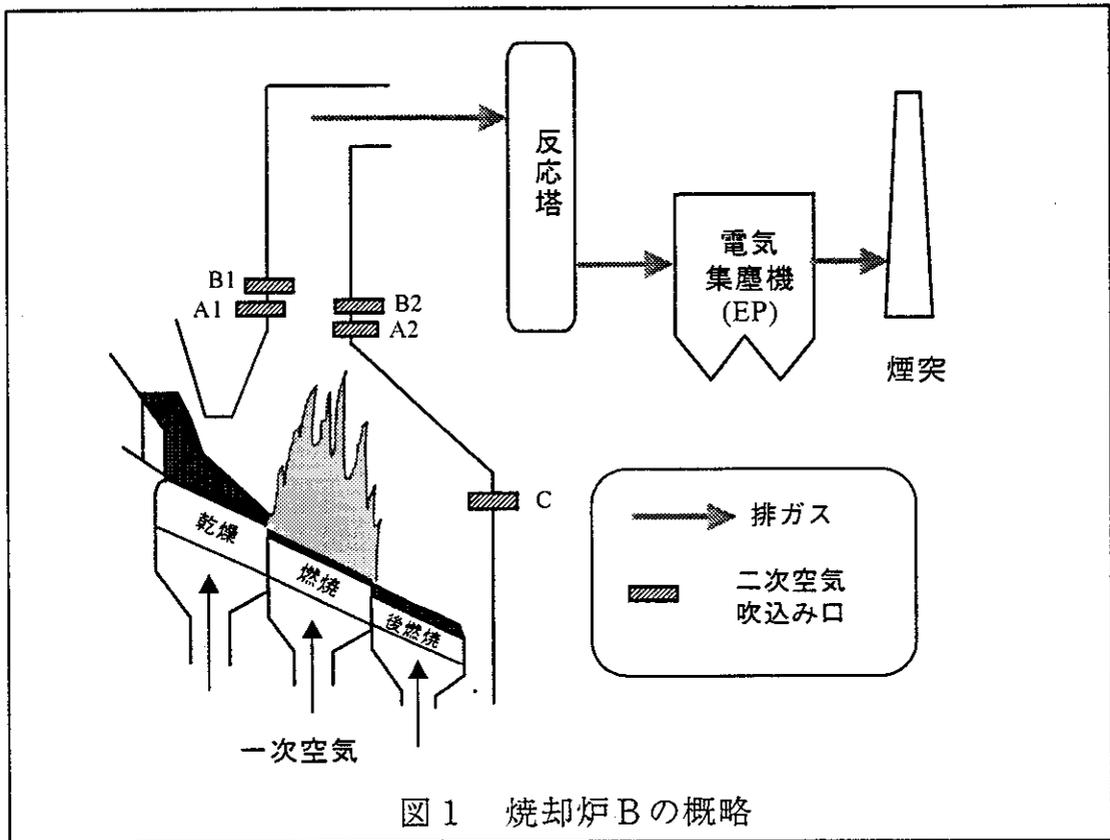
ダイオキシン類は「廃棄物処理におけるダイオキシン類標準測定分析マニュアル」に従って排ガスよりサンプリングし、精製、濃縮し、ガスクロマトグラフ-質量分析計により分析する。ダイオキシン類の濃度は各異性体濃度に毒性等価係数(TEF)を積算し、ダイオキシン(PCDDs)とフラン(PCDFs)を合計して総ダイオキシンの等価毒性濃度で表す。

また文献に報告されている類似のデータを採取し、今回の分析結果と比較、検討する。

2. オンライン計測クロロフェノールデータの解析

2.1 焼却炉概要

本研究で対象とするごみ焼却炉はストーカ式ごみ焼却炉である。焼却炉 B 及び焼却炉 C の 2 つ焼却炉で T C P 濃度を計測する。図 1 に焼却炉 B の概要を示す。ストーカは乾燥ストーカ、燃焼ストーカ、後燃焼ストーカの 3 段に分かれている。各ストーカの下部から一次空気が供給され、それぞれの空気量は各ストーカ下部のダンパにより調節される。この一次空気は通常 200℃ に昇温されて供給されている。また、炉内には一次空気とは別に二次空気が供給される。焼却炉 B には、図 1 に示したように吹込み口が複数あり、通常その全てから二次空気が供給されている。それらの二次空気を分類すると二次空気 A、B、C の 3 通りとなる。二次空気 A、B は二次燃焼領域に吹き込む二次空気である。二次空気 A は吹込み口 A1、A2 から旋回流れを与えるように吹き込まれる。二次空気 B は吹込み口 B1、B2 から対向流れを与えるように吹き込まれる。また、二次空気 C は通常補助バーナーが設置されている後燃焼側炉壁に設置されており、吹込み口 C から吹き込まれる。



焼却炉の後段には反応塔がある。この反応塔では排ガス中のHClを抑制するため、消石灰を水スラリーにして吹き込んでいる。また、反応塔の後段には電気集塵機（EP）があり、飛灰を除去している。EP入口の排ガス温度は通常200度程度に制御されており、その操作端は炉出口と反応塔の間にあるガス冷却室（図示せず）での水噴霧量である。

図2に焼却炉Cの概要を示す。焼却炉Cが焼却炉Bと異なる点は以下のとおりである。

(a) ボイラー（図示せず）付き焼却炉である

(b) 焼却炉出口に減温塔がある。

(c) 二次空気吹き込み方法が異なる。

(d) 一次空気のダンパ開度、ごみ移送速度などの主な操作端は自動燃焼制御装置により操作されている。

上記(c)についてより詳細に説明する。図2に示したように、焼却炉Cでは二次空気吹き込み口がB,Cの2箇所である。吹き込み口Bは焼却炉Bの吹き込み口B1に相当し、後燃焼側の炉壁に向かって垂直方向に空気を吹き込んでいる。吹き込み口Cは焼却炉Bと同様である。

2.2 クロロフェノール計測方法

図3にオンラインモニタの概略図を示す。オンラインモニタは電気集塵機（EP）出口に設置した。排ガスはフィルターによりダスト分が除去された後、オンラインモニタのイオン化部に導入される。イオン化部では大気圧化学イオン化(APCI: Atmospheric Pressure Chemical Ionization)によりクロロフェノール類が比較的選択的にイオン化される。イオン化された排ガス中の成分は質量分析部に取り込まれる。質量分析部では三次元四重極質

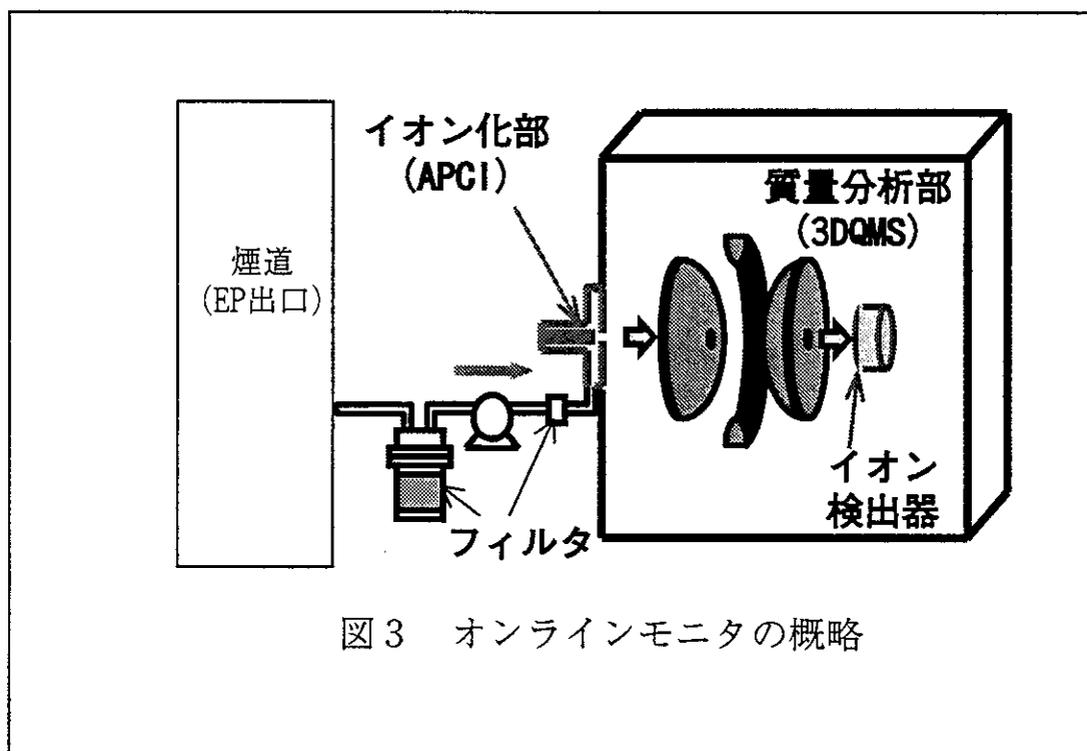


図3 オンラインモニタの概略

量分析計(3DQMS : 3-Dimensional Quadrupole Mass Spectrometer)によりクロロフェノール類を検出し、濃度が算出される。また、排ガスをオンラインモニタに導入する配管は、試料の吸着を防ぐため 180~200℃に加熱してある。なお、本研究では、分析対象としてトリクロロフェノール (TCP) を選んだ。これは廃棄物の焼却排ガス中のクロロフェノール類のうち、TCP が最も高濃度で含まれるためである。

2.3 データ解析方法

TCP濃度のトレンドグラフを作成し、表2に示した運転条件によるTCPの濃度変化について解析する。また、運転条件の違いによるTCP濃度の変化の様子を調べ、各運転条件におけるTCPの挙動とCOの挙動について比較する。運転方法及び収集データについては以下に示す。

2.3.1 焼却炉運転方法

本研究では、以下の(a)~(f)に示す運転条件で焼却炉を運転した。ただし、(a)~(e)は焼却炉Bの運転条件であり、(f)は焼却炉Cの運転条件である。

(a)通常運転(焼却炉B) :

運転員が通常行っている運転

(b)二次空気の投入方法変更運転 (焼却炉B) :

二次空気投入方法A~Cのうちのいずれかまたはそのうちの2つを使用する。なお、通常運転時はA~Cの全ての方法で二次空気を投入している。二次空気の変更条件を表1に示す。

(c)EP入り口ガス温度変更運転 (焼却炉B)

EPの入口ガス温度の設定値を変更して運転する。変更条件は表2に示したとおりである。ただし、前述したようにEP入口ガス温度をフィードバックして制御していない。また、操作端はガス冷却室の水噴霧量であり、ガス冷却室からEP入口までには空気予熱器(図示せず)及び反応塔がある。

(d)反応塔停止運転 (焼却炉B)

反応塔から供給する消石灰の水スラリーを停止する。表3に示したように稼動または停止のいずれかで運転した。

(e)後燃焼ダンパ開度変更運転 (焼却炉B)

後燃焼ダンパをステップ的に変更して運転

表1 二次空気条件

条件	二次空気吹き込み方法
条件1	Aのみ
条件2	Bのみ
条件3	Cのみ
条件4	A+B

表2 EP入口ガス温度条件

条件	EP入口ガス温度設定値
条件1	180℃
条件2	190℃
条件3	200℃
条件4	210℃

表3 反応塔稼動条件

条件	反応塔稼動状況
条件1	稼動
条件2	停止

する。変更した条件は表4に示したとおりである。なお、その他の燃焼ダンパの条件は同一である。

(f)二次空気量変更運転（焼却炉C）

二次空気吹き込み量を段階的に変化させた運転を実施する。本試験で変更したのは二次空気吹き込み口Bのダンパ開度であり、表5に示したように段階的に変更した。

2.3.2 収集データ

また、本焼却プラントにおいて収集したデータを表6に示す。クロロフェノール濃度はオンラインモニタにより計測した濃度である。またCO濃度及びO₂濃度は既設の分析装置により計測した濃度である。これらの排ガス濃度は全てEP出口で計測している。また、炉内温度は炉上部に設置された熱電対により計測している。

表4 後燃焼ダンパ条件

条件	後燃ダンパ開度
条件1	30%
条件2	100%
条件3	10%

表5 二次燃焼ダンパ条件

条件	二次燃焼ダンパ開度
条件1	5%
条件2	20%
条件3	40%
条件4	60%
条件5	80%
条件6	100%

表6 収集データ

No	項目	測定場所	収集データ形式	サンプリング間隔
1	TCP濃度	EP出口	電子データ	約12秒
2	CO濃度	EP出口	チャート紙データ	約60秒
3	O ₂ 濃度	EP出口	チャート紙データ	約60秒
4	炉内温度	炉上部	チャート紙データ	約60秒
5	EPガス温度	EP入口	チャート紙データ	約60秒

3. 予測モデルの構築

3.1 開発技術概要

以下に、本研究で開発した技術の概要について説明する。ただし、前述した(b)予測モデル調整技術及び(c)操作量決定アルゴリズムでは、同様のアルゴリズムを使用できるため、予測モデル調整技術及び操作量決定アルゴリズムという1つのプログラムとして開発する。

3.1.1 予測モデル

予測モデルの主要なモデルは焼却炉内部のごみ及びガスを模擬したごみモデル及びガスモデルである。ごみモデルとガスモデルの概要を図2に示す。ごみモデルはストーカ上のごみをモデル化したものであり、各ストーカに対応して乾燥ごみモデル、燃焼ごみモデル、後燃焼ごみモデルで構成されている。乾燥ごみモデル及び後燃焼ごみモデルは、ごみの移送方向に対して4分割する。ただし、燃焼ごみモデルは主要なモデルであるため、詳細に検討するためごみの移送方向に8分割した。ここでは、便宜的に乾燥段に近い4つのモデルを燃焼ごみ1モデル、後燃焼段に近い4つのモデルを燃焼ごみ2モデルと称する。従っ

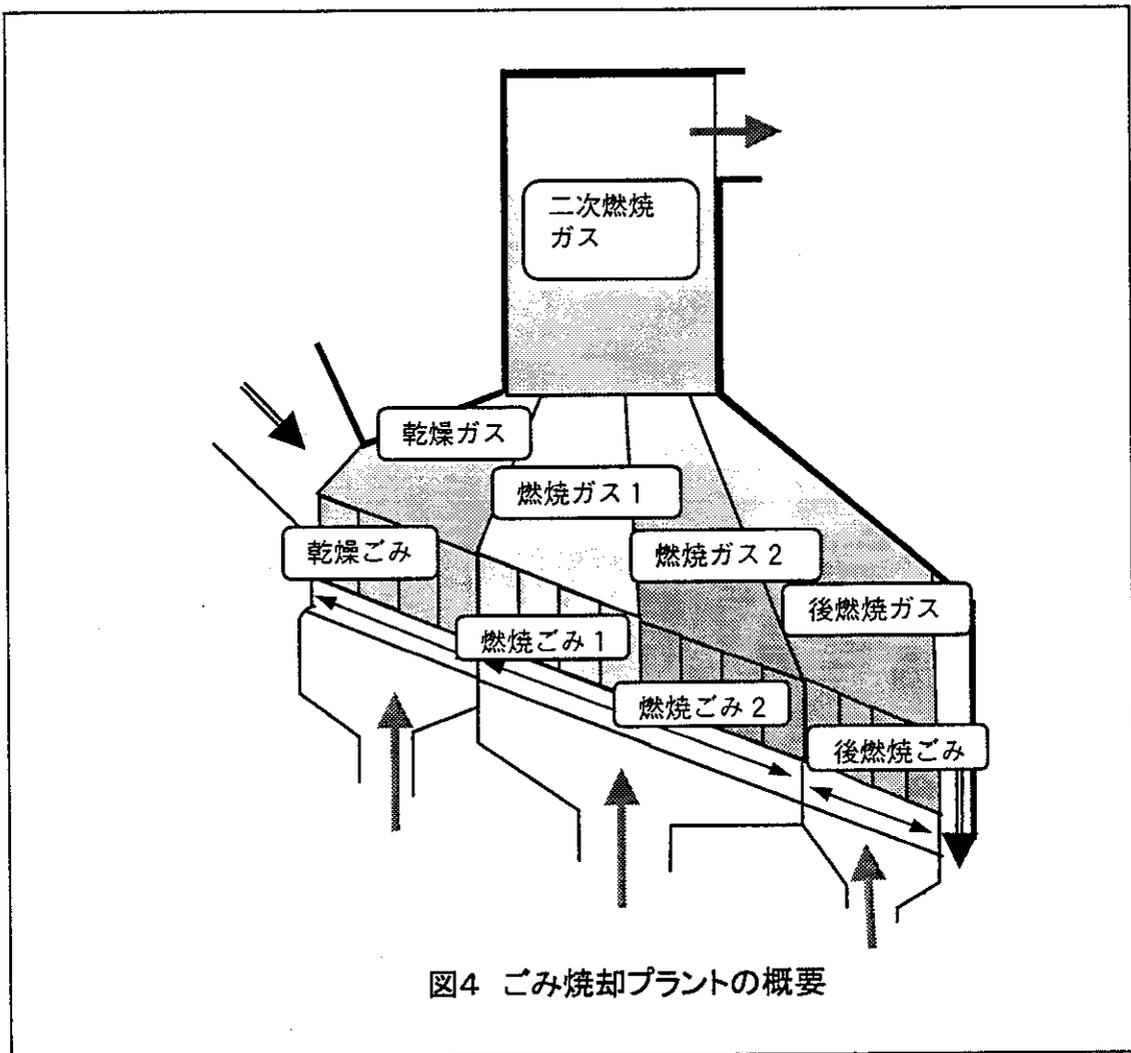


図4 ごみ焼却プラントの概要

て、ごみモデルはごみ移送方向に16分割されている。

各ごみモデルには、その上流から流入するごみと一次空気が入力される。ごみモデル内部では水分の蒸発、揮発分の揮発、チャーの燃焼がおこる。ガス成分はガスモデルへの入力となり、固相成分はその後流のごみモデルの入力となる。

ガスモデルは図4に示すように各ごみモデルから発生するガスが混合する一次燃焼部のモデルと、それらのガスモデルのガスが混合する二次燃焼部のモデルからなる。一次燃焼部のガスモデルは、乾燥ガスモデル、燃焼ガス1モデル、燃焼ガス2モデル、後燃焼ガスモデルからなる。また、二次燃焼領域のガスモデルは二次燃焼ガスモデル1つである。各ガスモデルはガスの流れ方向に対して10分割してあり、ガスの流れ方向の濃度分布及び温度分布を計算している。

ごみモデル及びガスモデルの中では、物質収支式及び熱収支式に従い各ごみ成分の反応量、ごみ温度、ガス温度等の状態量が計算される。熱収支式の中に含まれる輻射熱については、次の3つを考慮する。

- (a)各ガスモデル <—> 各ごみモデル
- (b)各ガスモデル <—> 炉壁モデル
- (c)各ごみモデル <—> 炉壁モデル

ただし、(a)のガスモデルとごみモデルの輻射の中に二次燃焼ガスモデルは入っていない。これらの輻射熱の計算はごみモデル、ガスモデルの中で計算するのではなく、別途作成した輻射モデルの中で計算している。

ごみモデル、ガスモデル、輻射モデルを含めたモデル全体の構成を図5に示す。ファンモデル、ダンパモデルは、焼却炉に燃焼空気を供給するためのモデルである。ただし、これらのモデルは物理モデルではなく、ダンパ開度、ファン出力を与えると空気量を計算するモデルである。また、制御部は一次空気温度の設定値やストーカ速度などの操作量の値をファンモデルやごみモデルに渡すモデルである。

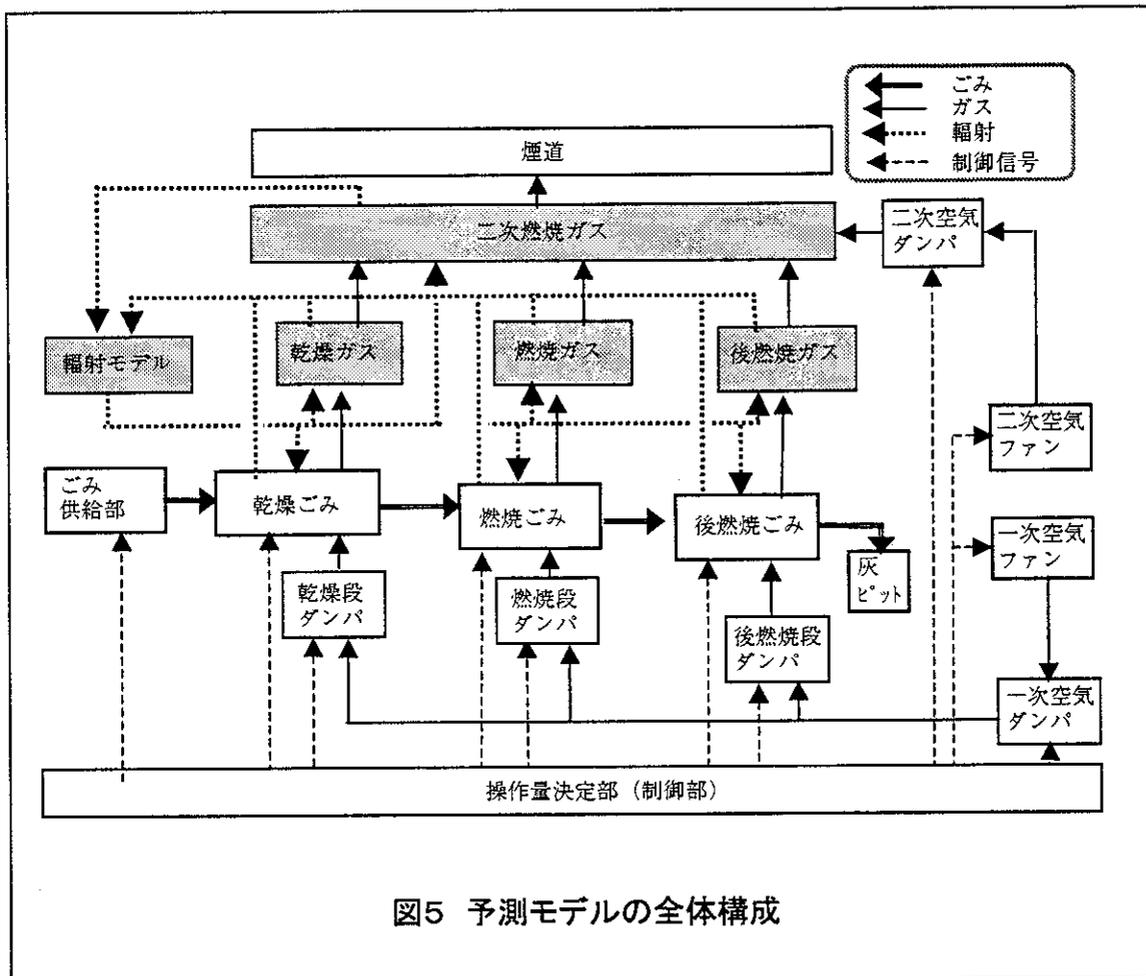


図5 予測モデルの全体構成

3.1.2 予測モデル調整及び操作量決定技術

図6に予測モデル調整及び操作量決定プログラムの構成図を示す。

開発したプログラムの機能は(1)パラメータ最適化モジュール及び(2)感度解析モジュールからなる。各モジュールの機能は以下のとおりである。

(1)パラメータ最適化モジュール

本モジュールはモデルパラメータ調整及び操作量決定の両方に利用する。調整パラメータ、調整対象状態量、評価指標を選択すると、調整パラメータを変化させて評価指標が最適(最大または最小)となるように調整する。調整パラメータの代わりに操作量を入力することで調整対象状態量(例:クロロフェノール濃度)を最小とする操作量を決定することができる。

(2)感度解析モジュール

モデルパラメータ調整、及び操作量決定の基礎検討用モジュールである。モデル入力であるモデルパラメータまたは操作量を変化させた場合の出力の変化を調べる。

自動的に入力値を変化させて入力する機能と、出力結果を整理する機能からなる。

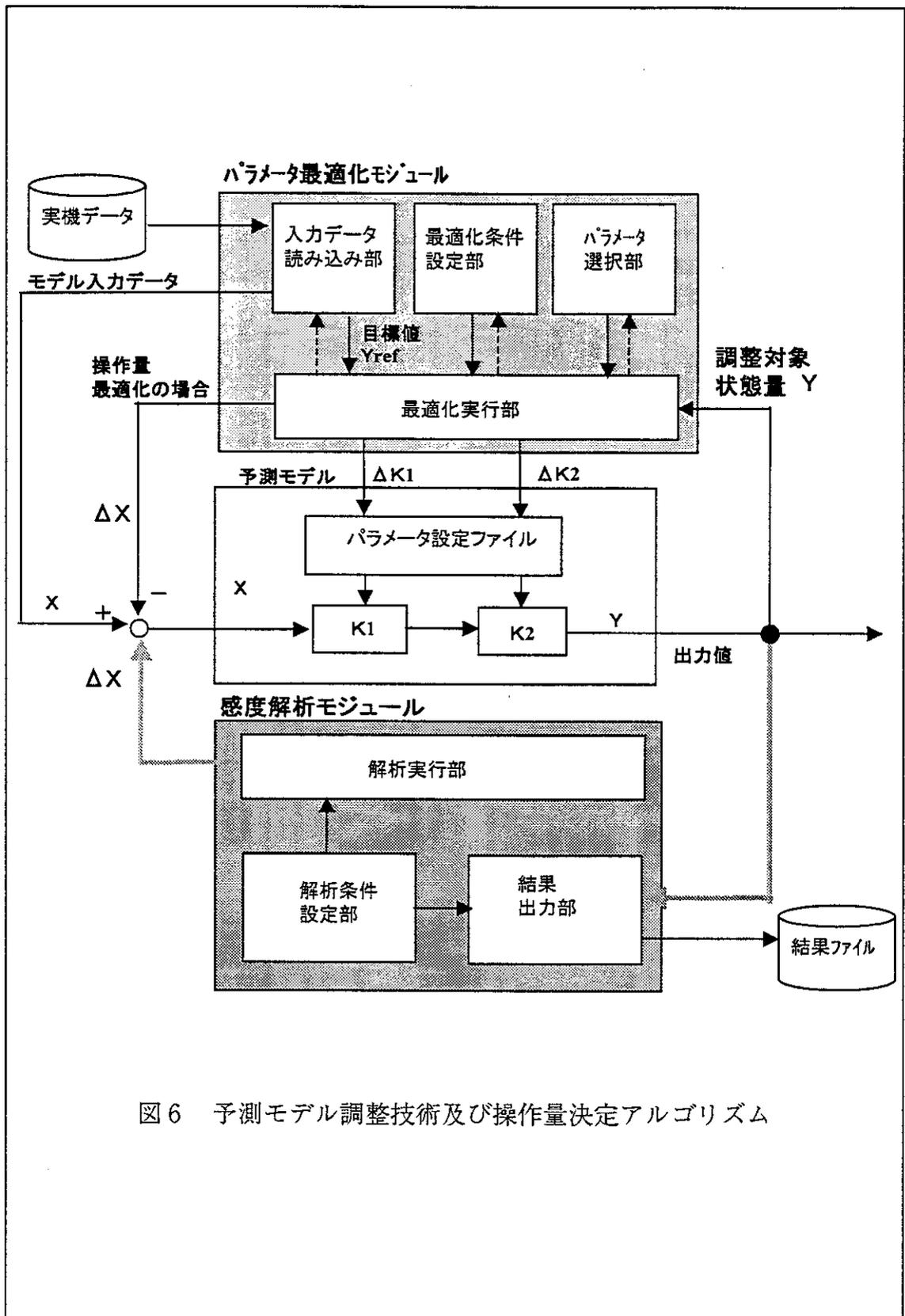


図6 予測モデル調整技術及び操作量決定アルゴリズム

3.2 モデル検証のためのシミュレーション方法

3.2.1 静特性調整

表7にシミュレーションの入力条件を示す。また、目標となる状態量を表8に示す。表7の入力条件のうち、No1～No4に示したダンパ開度、及びNo9に示した一次空気温度は焼却炉Bにおける運転条件である。また、表8に示した状態量のうち、No1～No3の状態量は表7の操作条件で得られた実測データである。表8に示した状態量に調整するための調整パラメータを表9に示す。

表7 入力条件

No	項目	単位	設定値
1	乾燥段ダンパ開度	[%]	10
2	燃焼段ダンパ開度	[%]	100
3	後燃焼段ダンパ開度	[%]	45
4	二次燃焼ダンパ開度	[%]	100
5	ごみ水分割合	[%]	42
6	ごみ揮発分割合	[%]	38
7	ごみチャー割合	[%]	9.5
8	ごみ灰分割合	[%]	8.5
9	一次空気温度[°C]	[°C]	200

表8 目標状態量

No	項目	単位	設定値
1	クロロフェノール濃度	[$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$]	1.8
2	CO濃度	[ppm]	15
3	炉内温度	[°C]	970
4	ダイオキシン濃度(総量)	[ng/Nm ³]	50

表9 調整パラメータ

No	項目	元の値
1	水分蒸発速度係数1	0.000017
2	揮発分蒸発速度係数1	0.9
3	チャー燃焼速度係数1	0.0129
4	CO反応頻度因子	12000
5	CO活性化エネルギー	-100000
6	PCPの燃焼反応頻度因子	430.6
7	PCPの燃焼活性化エネルギー	-46650
8	DXNの燃焼反応頻度因子	430.6
9	DXNの燃焼活性化エネルギー	-46650

3.2.2 ごみ質変更シミュレーション

前節で調整したモデルパラメータを使って、水分量と揮発分の割合を変化させた場合の挙動について解析した。水分の割合を増加させたシミュレーション及び水分の割合を減少させたシミュレーションを実施した。それぞれの条件を表10、表11に示す。

表10 ごみ質変更シミュレーション (水分増加)

条件	時間[秒]	ごみ水分	ごみ揮発分
条件1	0~300	42.0%	38.0%
条件2	300~3600	43.5%	36.5%

表11 ごみ質変更シミュレーション (水分減少)

条件	時間[秒]	ごみ水分	ごみ揮発分
条件1	0~300	42.0%	38.0%
条件2	300~3600	40.5%	39.5%

3.2.3 二次空気流量変更シミュレーション

二次空気吹込み量を変化させた場合の挙動を解析した。シミュレーション条件は表12に示したとおりである。

表12 二次空気ダンパ開度変更シミュレーション

条件	時間[秒]	ダンパ開度
条件1	0~1800	100%
条件2	1800~3600	60%
条件3	3600~5400	40%
条件4	5400~7200	30%
条件5	7200~9000	20%

C. 研究結果及び考察

1. クロロフェノール類とダイオキシン類の濃度相関

2つのサイトでクロロフェノール及びダイオキシン類の濃度をオフラインで計測した。分析結果を濃度相関の図として、文献[1~6]での報告例とあわせて、図7に示す。それによると、今回測定したデータと文献で報告されたデータとは、ばらつきはあるもののほぼ同じ領域にプロットでき、次に示すような回帰式が得られた(相関係数:0.788)。

$$[DXN] = 0.736 \times [PCP]^{0.913} \quad (1)$$

ここで、[DXN] はダイオキシン類の濃度を、[PCP] はクロロフェノールの濃度を表す。

