

自動燃焼制御法を採用したごみ焼却炉の機能解析のための基礎的研究

京都大学工学部 正員 ○浦辺 真郎
同上 正員 寺島 泰
バグコック日立 酒井 和人

1. はじめに

焼却プロセスは、多種多様なごみの減容化、安定化には優れた効果を発揮し、またごみの発熱量の有効な回収、再利用法としても評価が高まっている。しかし変動するごみ質等に対応したごみ焼却炉の運転を行い、安定した燃焼排ガスや焼却残渣、さらには発生熱量を得るには、ごみ焼却炉の特性、焼却を十分把握した燃焼管理が必要となる。このような背景から、最近ごみ焼却炉の自動燃焼制御（Auto Combustion Control、以下 ACC という）が注目されている。ACC とは一般に燃料を安定かつ活発に燃焼させ、発生熱量を安定かつ効率よく回収するための自動的な燃焼制御を行うことである。またボイラ炉などでは、燃焼に伴って生成する NOx 抑制対策として、還元 2 段燃焼法を用いている例もある。還元 2 段燃焼法は、燃料を還元雰囲気下で熱分解させ、燃料中の窒素を N₂ 等へ還元して、fuel-NOx（通常のごみ焼却炉の場合、発生する NOx の大半は fuel-NOx である）の発生を抑制した後、未燃ガスを酸化燃焼しようとするものである。

本来エネルギー回収を目指すACCとNOx抑制を目指す還元二段燃焼法とは、空気比（燃料の燃焼空気量に対する理論空気量の割合）を下げ、ボイラの熱回収効率を向上させると同時に還元雰囲気を導出するという点では一致しているが、基本的な原理、運転操作では異なる点も多い。したがってこれら2つの燃焼法の関連を把握し、最適操作法を探ることは、エネルギー有効利用面のみならず、環境管理面からも興味あることである。本研究はこのような観点から、実際にACCを採用しているごみ焼却炉において、燃焼排ガスの性状と発生熱量との関係を調査し、それらの結果をごみ焼却量や送風空気量といった操炉上の運転因子と関連させて解析することによりごみ焼却炉の機能について考究しようとするものである。

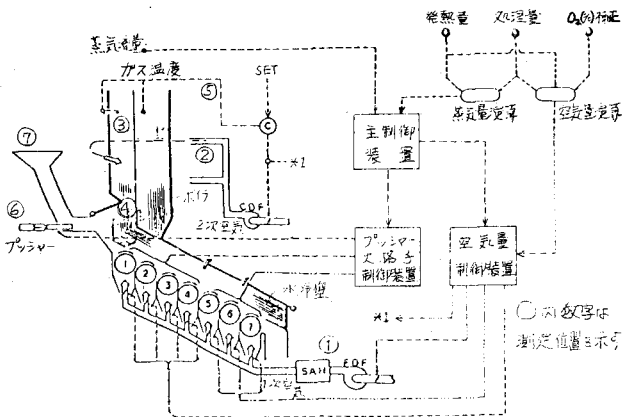
2. 調查概要

(1) ごみ焼却施設概要 調査対象
ごみ焼却施設の概要を表-1 に示した。
当施設は、蒸気量一定制御を目指したA
CCを採用しているが、その制御方法の
概要を図-1 に示した。

(2) 分析方法等の概要 前掲の図-1 には、排ガス等の試料の採取位置を併せて示したが、それらの試料の分析方法

表-1 調査対象ゴミ焼却施設の概要

燃焼方式	連続式ストーブ・炉
燃焼能力	200 Kw x 3ヶ所
炉口面積	3ヶ所 炉室 146.6 m ² x 9 3ヶ所 " 129.6 "
大炉口前	37.300 kcal/m ² hr (1,100 kcal/kg 5ヶ所) 62.800 " (1,800 ") 76.300 " (2,500 ")
ガス冷却	自然冷却 3ヶ所 (自然循環式専用水量 15ヶ所)
余熱利用	9ヶ所 x 2基 (減速式温水ポンプ) 焚火機 2基
発電能力	8,000 Kw (4,000 Kw x 2基)
その他	3ヶ所供給 15 7ヶ所 3ヶ所、同様に炉子 7段 炉室全面水冷却 6採用



基本システム：蒸気流量安定化システム

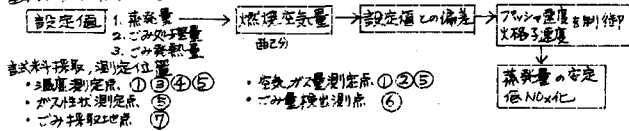


図-1 ACC基本システムの概要と排ガス等試料採取位置図

ついてみると、CaseⅢ(10月21日、22日の2日間における約380分の測定全データ)では、 Q_1 、 O_2 と正の相関が見られ、当該ごみ焼却炉での還元2段燃焼により、 Q_1 が増大した場合熱分解ゾーンでの還元雰囲気がかめられ、 NO_x の発生が増大すると考えられ、このことは同時に熱分解ガスの指標としての CO の発生が減少する傾向からとも裏付けられる。一方CaseⅠ(10月21日12:15~13:50での正常燃焼時)では、CaseⅢの場合とほぼ同様の相関関係を示しているが、 O_2 、 Q_1 とも安定していることもあり、安定した NO_x 、 CO が得られ、良好な還元2段燃焼が行われている。CaseⅡ(10月22日10:32~11:21で、 $BOIL$ をCaseⅠより約1.3倍上昇させるよう設定値を変更)では、 $BOIL$ を上げるため、ごみ供給量、 Q_1 、 Q_3 も必然的に増大させることとなり、 T_1 が上昇したにもかかわらず、 NO_x は下っている。

蒸発量の平均、標準偏差をみるとCaseⅢでは、変動率20.3%と大きいのが、これは3回のモードチェンジを行ったためであり、CaseⅠではその値が5.3%とよく安定していることがわかる。この $BOIL$ と他の測定項目との単回帰係数についてみると、CaseⅢでは T_1 、 T_2 、 Q_1 、 Q_3 と正の相関が高く、CaseⅠではそれらと正の相関があるものの、CaseⅢより低い値となっているが、これはCaseⅠでの $BOIL$ の変動が少なく安定しているためと考えられる。CaseⅡでは $BOIL$ 設定値を増加させたため、 $BOIL$ との相関、とくに Q_3 との相関が負になっている。これについてはCaseⅠ~Ⅲでの $BOIL$ と $PUSH$ との相関が負になっている点とあわせて後述する。

(4) 熱精算 表-5に示した熱精算基礎式と仮定とから、ごみの低位発熱量を推定する式(1)が得られ、この式を用いてCaseⅠでのごみの平均低位発熱量を計算すると2,090 Kcal/kgとなる。この結果は、表-3に示した10月22日10:40に採取したごみの低位発熱量2,100 Kcal/kgと良く一致している。

$$Hu = \frac{1}{B} \{ 604.6 G_B + 94.2 (Va_1 + Va_2) - 1.07 ta G_a Va_1 \} + 78.55 \quad (\equiv 2087) \quad (Kcal/kg) \quad (1)$$

つぎに表-5の熱精算を各項目ごと計算するため、表-3、表-4の各測定結果等の平均値を用いると、次の結果となる。すなわち $g_{i1} (= 2100 Kcal/kg \times 8.290 kg/hr) = 17,410$ 、 $g_{i2} (= 604.6 \times 0.312 Kcal/Nm^3 \times 21,270 Nm^3/hr) = 1,05$ 、 $g_{i3} (= 566.3 G_B) = 13.53$ 、 $g_{i22} (= 242.2 \times 0.230 Kcal/hr \times 23,760 Nm^3/hr) = 2.13 Gcal/hr$ となり、また未燃等の損失は g_{i1} の7%で1,22 Gcal/hrである。この結果入熱の方が出熱より1,57 Gcal/hr(入熱の8.5%に相当)多くなっているが、ごみの低位発熱量やごみ供給量などの誤差、出熱項での誤差(4分毎の測定データから直接 g_{o1} 、 g_{o2} を求めると、変動率は各々5.0、9.5%となる)などに起因すると考えられる。いまこれらの入・出熱項計算値をそのまま用いて燃焼排ガス(炉室)温度を計算してみる。燃焼排ガスエンタルピー i_{eg} (Kcal/Nm³)は、

$$i_{eg} = (g_{i1} + g_{i2} - g_{o2} - 1.57 - 1.22) / V_{eg} = 801 / (Q_3 - Q_2) = 569$$

となり、一方燃焼排ガス組成は、 H_2O 19.5、 O_2 6.2、 CO_2 7.9、 N_2 66.4%と計算され、このエンタルピーと温度線図(略)から、排ガス温度は約1,460℃となる。この値と実測値 T_1 897℃の差が水冷壁等で

表-4 排ガス等の測定結果全表

項目 測定項目	単位	平均値(偏差)			相関係数			係数		
		CaseⅠ	CaseⅡ	CaseⅢ	CaseⅠ	CaseⅡ	CaseⅢ	CaseⅠ	CaseⅡ	CaseⅢ
1次空気量 Q_1	Nm ³ /h	21,270 (1970)	25,300 (1140)	21,760 (4330)	0.356	0.346	0.356	0.266	0.269	0.685
2次空気量 Q_2	Nm ³ /h	2,800 (200)	3,310 (400)	2,710 (500)	-0.033	0.007	0.085	-0.027	0.247	0.157
排ガス量 Q_3	Nm ³ /h	26,560 (4090)	32,810 (2400)	28,050 (5400)	0.363	-0.228	0.144	0.473	-0.281	0.507
炉室温度 T_1	℃	897 (18.7)	941 (46.5)	915 (25.4)	0.213	-0.478	-0.207	0.109	0.370	0.681
炉室温度 T_2	℃	737 (20.9)	801 (39.0)	742 (53.8)	0.148	-0.310	-0.210	0.548	0.497	0.721
排ガス温度 T_3	℃	242.6 (20.6)	220 (6.4)	231 (19.1)	-0.183	-0.195	0.228	-0.402	0.467	-0.098
排ガス NO_x	ppm	96.1 (8.2)	88.8 (12.9)	94.6 (16.9)	—	—	—	0.039	0.002	0.444
O_2	%	9.4 (0.83)	9.0 (1.27)	9.7 (1.60)	0.094	-0.591	0.413	-0.275	0.100	-0.401
CO	ppm	26.3 (4.10)	23.4 (5.61)	37.2 (17.7)	0.261	-0.469	-0.360	0.037	0.081	0.052
CO_2	%	11.0 (1.15)	10.7 (1.59)	10.7 (1.54)	0.220	-0.058	0.186	-0.009	0.255	0.032
水分 WET	wt%	17.4 (1.89)	14.5 (1.62)	16.0 (3.02)	-0.378	—	-0.153	-0.184	-0.504	-0.076
蒸発量 $BOIL$	kg/hr	23.7 (1.27)	31.1 (3.25)	25.6 (5.16)	0.039	0.002	0.044	—	—	—
たばね量 $PUSH$	%	33.4 (1.57)	30.0 (0.97)	32.2 (6.38)	-0.128	-0.171	0.124	-0.243	-0.356	—

備考 1) 測定データは8秒毎読み取り、5データを平均し、40秒毎のデータとしてまとめたものである。
2) NO_x 、 CO 、 CO_2 は、 O_2 12%換算値(乾ガス基準)であり、WETは湿ガス基準のwt%である。
3) CaseⅠ……正常燃焼モードによるデータ、データ数142(約95分間の連続データ)
CaseⅡ……処理量増大($BOIL$ 設定25%→35%)35分運転後、モードとして正常燃焼モードへ復帰した時のデータ、データ数72(約50分間の連続データ)
CaseⅢ……3回のモードチェンジを含む全運転時のデータ、データ数567(約380分の不連続データ)

表-5 熱精算のための基礎式と仮定

項目	計算式	備考
入熱	$g_{i1} = Hu \times B$ $g_{i2} = G_a \times C_{p,a} \times Va_1$ $g_{i3} = (0.2A + 0.3I + W) \times t_o \times B$ $g_{i4} = G_o \times C_{p,o} \times Va_2$	Hu : ごみ低位発熱量 (Kcal/kg) B : ごみ供給量 (kg/hr) A : 灰分(%), I : 可燃分(%), W : 水分(%) C_p : 比熱 (Kcal/Nm ³ ・℃) t_o : 温度(℃), V_a : 空気量 i : エンタルピー (Kcal/kg) η : 熱損失係数(-) G_o : 不燃蒸発量 (kg/hr) i_o : 不燃蒸発量、 i_w : 水分 (給水、 i_d : ドライエント水)
出熱	$g_{o1} = ((i_o - i_w) + (i_w - i_{o2})) \times a_{o2} \times G_B$ $g_{o2} = G_o \times C_{p,o} \times Va_2$ $g_{o3} = G_a \times Hu \times B$ $g_{o4} = \eta_b \times (g_{i1} + g_{i2} + g_{i3})$ $g_{o5} = 0.26 \times A \times B \times T_r$ $g_{o6} = \eta_c \times (g_{i1} + g_{i2} + g_{i3} + g_{i4})$	

注) 仮定 (1) ($g_{i3} + g_{o6}$)は全入熱量の0.6~1.0%程度であり無視する。
(2) ($g_{o3} + g_{o4} + g_{o5}$)は、 g_{i1} の7%とする。
(3) 理論排ガス量と Hu との熱効関係式(実験式)から、空気過剰率を規定し、 V_{a2} を V_{a1} と V_{a2} とで規定する。

冷却(すなわち熱回収)されていると見なせる。燃焼ガスの897℃のエンタルピーは323 Kcal/Nm³であり、したがって水冷壁での熱吸収量は、 $(569-323) \times (26,560-2,800) = 5.84 \text{ Gcal/hr}$ となり、ボイラ収熱量13.53 Gcal/hrの約43%に相当しており、炉冷却、熱回収に与える水冷壁の効果が大きかったことが理解できる。

4. 考察

(1) 蒸発量, NO_xについて BOILおよびNO_xを目的変数とし、他の測定項目(連続測定を行った項目)を説明変数として、CaseⅢについて重回帰分析を行い、その結果(表-6参照)に基づいて考察を加える。

BOIL, NO_xとともに、重相関係数0.8以上をもち、これらの説明変数でよく説明されている。また標準偏回帰係数に注目すると、まずBOILの場合ではT2, Q1に対するものが大きく、このことはボイラ入口ガスの保有頭熱の影響が大きいことを意味していることになり、理論的にも妥当な結果である。またNO_xの場合ではQ1, T1(T1は負)の標準偏回帰係数が大きく、NO_xとQ1との関係は、3(3)で述べた通りに解釈されるが、NO_xとT1との関係については、CaseⅠとCaseⅡ、Ⅲでの単回帰係数の符号が逆転しているなどのことから、より詳細な検討が必要であろう。

上述のように燃焼空気量Q1は、BOIL, NO_xに対して大きな影響を与える因子であり、ごみ焼却炉運転操作上重要であることがわかる。そこで、焼却炉やボイラの焼却効率、熱回収効率に大きく影響を与えるQ1を、空気比を指標として表わし、空気比とともにNO_x, 未燃ガス成分のCOとの関係についてまとめた結果が表-7である。

この場合のごみ1ton焼却当りの排ガス量を求めると、表-4と後述する表-9のごみ焼却量の値とから、CaseⅠでは26,560÷6.60=4,024, 同CaseⅡ 2,863 Nm³/hrと通常のストーカ炉より少ない排ガス量である。したがって計算された空気比も主に1.6~1.8と小さな値で運転されているが、この範囲では、表-7の結果から見る限り、NO_xも低く、かつCOの発生も抑制されているといえる。また空気比をもう少し下げてもNO_x, CO濃度から検討する限り、良好な運転が可能ともいえるが、その場合では2次空気量の送入方法等の点も考慮に入れる必要がある。

以上のようにNO_xの発生に大きな影響を与える因子は、Q1とT1であることが明らかになったが、この2因子を変数として、CaseⅠについてクラスター分析を行った。その結果、類似度100を目安に分割すると、21のクラスターに分類され、各クラスターでの変数の平均値を求めてNO_xとの関係を図示したものが、次頁図-3である。NO_xとQ1との関係は、上述した重回帰分析と類似した結果となっているが、NO_xとT1では、必ずしもT1が増大してもNO_xが減少している傾向になっておらず、どちらかといえば、T1が900℃程度のときNO_xが最低で、それよりT1が低くなっても、高くなってもNO_xの生成が増加する傾向が見られており、興味深い。

(2) ごみ供給量と蒸発量等との相互相関について ごみ供給速度に相当するPUSHと排ガス量や排ガス負との関係は、同時刻の測定データ間で検討してもほとんど意味がなく、したがってこれらの関係を時系列データとして取り扱い、より詳細に調べるためPUSHとの相互相関をとって検討を加えてみる。そこでCaseⅠの連続データを利用し、PUSH, CO₂, NO_x, WET等のデータ(標準化データ)を、PUSHを基準として、CO₂等の伝播時間の

表-1. 蒸発量, NO_xを目的変数とした場合の重回帰分析結果 (CaseⅢ)

説明変数	目的変数: BOIL			目的変数: NO _x		
	標準偏回帰係数	標準偏回帰係数の絶対値	偏相関係数	標準偏回帰係数	標準偏回帰係数の絶対値	偏相関係数
Q1	0.157	0.685	0.308	0.075	0.356	0.185
Q2	0.015	0.157	0.125	0.002	0.035	-0.044
Q3	0.118	0.506	-0.009	0.013	0.104	-0.051
T1	0.039	0.681	0.182	0.132	-0.207	-0.493
T2	0.058	0.721	0.416	0.036	-0.210	-0.101
T3	0.010	-0.018	-0.206	0.052	0.228	0.116
NO _x	0.005	0.044	0.157	-	-	-
O ₂	0.239	-0.401	0.022	0.161	0.412	0.241
CO	0.000	0.053	0.027	0.069	-0.360	-0.256
CO ₂	0.004	0.032	-0.078	0.003	0.186	0.078
WET	0.053	-0.076	0.125	0.009	-0.153	0.168
BOIL	-	-	-	0.007	0.044	0.188
PUSH	0.011	-0.356	-0.126	0.000	0.124	0.018
決定係数	0.838			0.801		
調整係数	0.702			0.642		

2. 説明変数文の場合

Q1	0.469	0.635	0.412	0.127	0.356	0.919
T2, T1	0.169	0.721	0.473	0.358	-0.207	-0.939
重相関係数	0.799			0.717		
決定係数	0.638			0.514		

表-7 空気比別に分類したNO_x, COの平均値

燃焼 温度 (℃)	O ₂ (%)	Case I						Case II					
		NO _x (ppm)		CO (ppm)		平均値	標準偏差	NO _x (ppm)		CO (ppm)		平均値	標準偏差
		平均	標準偏差	平均	標準偏差			平均	標準偏差	平均	標準偏差		
1.5	7.0	3	89.1	2.8	22.9	1.4	35.6	3	76.0	2.1	25.9	0.8	40.3
1.6	7.9	16	91.7	6.3	24.6	3.2	35.8	26	82.2	7.1	25.9	5.9	37.7
1.7	8.6	26	95.5	5.7	25.7	2.5	36.4	18	87.9	6.7	24.8	5.7	34.2
1.8	9.3	32	100.0	13.2	28.0	4.0	36.4	6	93.6	3.0	19.9	3.7	25.9
1.9	9.9	45	95.2	5.3	25.6	4.5	31.6	6	92.2	2.0	19.4	1.1	23.9
2.0	10.5	16	95.0	4.9	27.5	4.5	32.1	2	94.9	0.5	17.6	4.0	20.5
2.1	11.0	0						9	95.4	1.7	19.8	2.6	22.0
2.2	11.5	0						3	96.2	5.0	20.1	1.7	24.2

注) (1) この空気比(m)とは、燃料中の水素、窒素を無視して、過剰空気で発生燃焼させた場合の近似式(次式)から求めた。

$$m = \frac{(CO_2)_{max}}{(CO_2)} = \frac{21}{21 - (O_2)}$$

(2) COの平均値(x)は、O₂12%換算を行わない場合の乾気基準濃度で示す。

遅れとして取り扱い、各々の相互相関係数を求めた。

図-4(1)は、WET、CO₂、NO_xとPUSHとの相互相関係数を表わしたものであるが、PUSHとWET、CO₂との相互相関係数が最も高くなるのは各々9.3、20分である。いいかえればごみが炉内に供給された後、それらの時間経過後に乾燥、燃焼が最も活発に行われていると予想される。一方NO_xでは、PUSHとの相互相関係数は明らかな傾向が見られておらず、ごみ供給量とNO_x濃度との直接的因果関係がないことになる。このことから当該炉では、ごみ量の変動に影響されずNO_x制御が良好に行われていると推察される。

つぎに上述のCO₂等の濃度とPUSHとの相互相関ではなく、Q3とCO₂×Q3、すなわちCO₂の発生量(単位はたとえばton-CO₂/hr)とPUSHとの量的な関係として相互相関係数を求めた結果が図-4(2)である。PUSHとQ3との相互相関からみると、Q3はごみ供給後20分後に影響が大きくなり、相互相関係数も0.8と非常に高くなっている。すなわちごみ供給量の変動に伴い、20分後に1次空気量をそれに見合った量に加減してやれば、十分な熱分解、燃焼が行えるものと予想される。このガス量Q3の伝播時間の遅れの影響が大きいため、水分量(WET* = WET × Q3)は、14分、NO_x発生量(NO_x*)は20分後にPUSHと最も高い相互相関係数を示すことになり、前図4-(1)と異なった傾向が見られている。なおごみ中の炭素は、その95%以上が排ガス中へCO₂として移行しており、ごみ中の水分も同様に排ガス中の水分へ移行し、1次空気中の湿分の影響は無視少である。このことから上述の結果は、ごみ焼却炉内でのごみの乾燥速度、燃焼速度が把握されることを示している。

一方ごみ供給量と発生熱量との関係について検討するため、PUSHとT1、T2、BOILとの相互相関係数を計算すると図-5の結果が得られた。PUSHとT1では21.3分の時間遅れの時に最も高い相関を示しており、この時間遅れはCO₂、Q3といったごみの燃却量を表す因子での遅れ時間20分より若干遅れているが、この原因として熱電対による温度検出の遅れが考えられる。BOILについて同様の遅れ時間は、T1より約5分遅れ、T2はさらに遅れ、ごみ供給後32分後に最もその影響が表れる。このBOIL、T2とPUSHとの相互相関では、蒸発量が増加した後にボイラ入口ガス温度が上昇したことになり、予備しているようである。ボイラ蒸発量は、前述のように水冷壁での熱吸収量とボイラ入口ガスの顕熱からの熱吸収量との合計である。ところが水冷壁での熱吸収量の方が、ボイラ入口ガスの保有顕熱からの熱吸収量に比して量的には若干少ないが、時間的にはボイラ蒸発量に大きく影響を与えている。これは水冷壁での熱吸収量が当然ながらT2よりもむしろT1と相関があると考えられ、またT2は2次空気送入後のガス温度であり、2次空気により冷却されるため、T1より応答の遅れがあると考えられる。これらのことからT1とT2の関係が説明されよう。

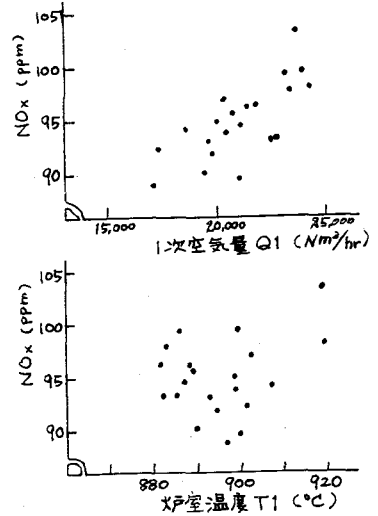


図-3 クラスター分析によるNO_xと1次空気量、炉室温度との関係 (Case I についての場合)

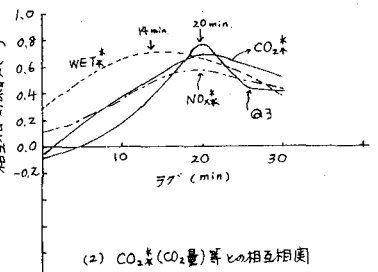
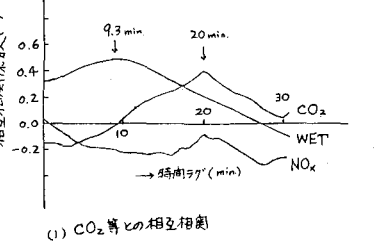


図-5 7%24-速度と排ガス性状との相互相関

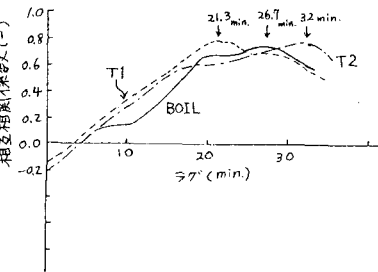


図-6 7%24-速度と排ガス温度等との相互相関

つぎに BOIL を目的変数として、PUSH 等の説明変数の PUSH からの応答遅れを考慮した場合の重回帰分析を行った結果の 1 例を表-8 に示した。この結果と表-6 の結果とを比較すると、BOIL に与える PUSH の影響が非常に大きいことが明らかとなる。またごみ質に相当（ごみの水分）する WET と BOIL との標準偏回帰係数は負となり、ごみの水分が多いと一般にごみの低位発熱量も下がり、したがって BOIL も低下すると考えられる。

(3) ごみ質の推定 ごみ質の把握は、燃焼管理上極めて重要であるが、このごみ質は時々刻々変化するため、それを逐次推定できる方法があれば、今後の焼却炉の設計、運転等に対して有効となる。ここでは排ガスの性状測定結果等から、ごみ中の炭素量や水分量を推定し、その結果をまとめて表-9 に示した。この推定方法の概略は同表脚注を参照されたい。同表には、参考までに窒素量についても併記したが、ごみ中の窒素含有量は通常 0.6%（湿重量比）程度と考えられ、したがって当該ごみ焼却炉における NOx 転換率は 3% 程度と見なせよう。またごみ中の水分量は、平均 41.7% と推定され、表-3 での生ごみ水分分析結果の平均 36.7% より、約 13% も大きいものとなっているが、これはとくにごみの投入量の値に若干の問題（たとえば、ごみの投入量はクレーンバケットのつかみ量であるが、この量と炉内入のごみ供給量との間には、前述したように瞬時的なずれがあるなどの問題）があるためであろう。しかしながら、このようなごみ質の推定方法により、変動するごみ質の把握が一応ながら可能になったと言える。

5. おわりに

本研究では ACC を採用したごみ焼却炉を対象に、そこでの排ガス性状を中心に基本的な統計手法を用いた解析に加え、ごみ焼却炉の機能、特性について検討した。その結果上述したような興味ある知見が得られ、NOx 制御、蒸発量の安定制御を目的としたごみ焼却炉の基本的な運転操作法について解明するための基礎を示すことができた。今後の検討課題としては、低負荷燃焼時や低位発熱量のごみ焼却時の燃焼特性、低酸素燃焼の限界などの把握といった点の他、バッチ炉や他の焼却炉（たとえばボイラ付焼却炉以外の炉）等の同様な解析、検討などがあげられる。これらの成果に基づけば、現行の蒸発量定値制御（フィードバック制御）方式から、フィードワード制御を含めた蒸発量、排ガスや焼却残渣性状の予測制御方式への展開が可能となろう。

なお本研究の 1 部は、文部省科学研究費総合研究 A（研究代表者 神山桂一北海道大学教授）の成果であることを付記する。

表-8 蒸発量と目的変数として説明変数の応答遅れを考慮した場合の重回帰分析

説明変数	Case I				Case I-II + α			
	説明変数	説明変数	説明変数	説明変数	説明変数	説明変数	説明変数	説明変数
PUSH	0.667	0.317	0.349	0.530	0.729	0.338		
T23	0.015	0.509	-0.270	0.017	0.633	0.176		
Q1	0.023	0.763	0.200	0.000	0.674	-0.073		
CO2	0.000	0.243	0.034	0.009	0.354	0.117		
WET	0.074	-0.273	-0.241	0.111	0.117	-0.365		
定数		0.985		0.317				
決定係数		0.734		0.663				

PUSH データからの各変数の遅延時間
WET: 9分20秒、T23: 24分、Q1: 20分、CO2: 20分
BOIL: 26分40秒

表-9 炭素、水分量の計算（ごみ質の推定）

項目	19/11	19/12	19/12	19/12	19/12
	11:00-11:30	17:00-17:30	17:30-18:00	18:00-18:30	18:30-19:00
炭素量 (%)	1.20	1.29	1.51	0.99	1.27
窒素量 (%)	1.69	1.36	1.45	1.03	1.28
水分量 (%)	4.99	3.00	3.60	2.70	3.67
炭素量 (kg)	12.40	5.74	10.76	10.05	6.60
窒素量 (kg)	4	4	5	4	6
水分量 (kg)	10.97-11.43	16.90-18.26	10.34-11.34	10.58-12.04	10.24-11.16
炭素量 (kg)	10.5	22.5	14.0	9.9	19.2
窒素量 (kg)	0.014	0.024	0.013	0.010	0.019
水分量 (kg)	40.2	52.3	33.5	26.9	55.6

(1) 炭素、窒素、水分の量 (kg) は、各々 CO2、NOx、WET と排ガス量とから求めた。
(2) ごみ中の窒素はすべて NOx になったとしている。