

II-433 ADC方式による都市ごみ焼却炉のNOx及び蒸発量の同時制御に関する研究

○京都大学工学部 学生会員 藤原健史

京都大学工学部 正会員 平岡正勝 津村和志

株式会社タクマ 高市克己 辻本進一

1. はじめに

本研究は統計的モデルであるARモデル<sup>(1)</sup>を用いた蒸発量とNOxの同時制御を目的としている。その準備段階として焼却炉本来の特性を知るために自動燃焼制御(ACC)の介入していない状態でのシステム解析を行った<sup>(2)</sup>。そしてこの度、ACCとAR制御を結合したADC(Analog-Digital Coordinated control)方式<sup>(3)</sup>を採用し、実プラントでその制御効果を確認するに至ったのでここに報告する。

2. ADC方式

ADC方式はACCとAR制御を組み合わせた制御系である。そのシステム同定実験では同定用ノイズを操作信号に加え、システムを励振させてその記録をとる。制御時には信号を計算機に取り込んで最適操作量を計算し、同定実験でノイズを加えた点と同じ点に出力する。ADC方式の特徴は、AR制御が予測的な操作を行い、ACCがI動作によりオフセットを除去することである。さらに同定実験ではACCがバックグラウンドで働いているため安定したデータを得ることができ、制御時においても速やかにACCの単独制御に移行できるので信頼性が高いという長所を持つ。

3. モデル変数選択

蒸発量(STM)及びNOx濃度(NOx)を被制御変数とし、操作変数と参考変数は次のようにとることにした。

**操作変数** 燃焼用空気総量の制御としてFDFダンパ操作量(FDFN)、燃焼用と後燃焼用の空気の分配を行うものとして蒸発量制御ダンパ操作量(FD1N)、炉冷却用空気量の制御としてCDFダンパ操作量(CDFN)を考えた。またごみ送りとしてのフィーダ速度操作量(FDSN)、乾燥ストローカ速度操作量(DTSN)、燃焼ストローカ速度操作量(CTSN)は共通の同定用ノイズを使用することでごみの移動を円滑にし、解析時にはクリッピングの影響を考慮してCTSNまたはDTSNを用いることにした。

**参考変数** 過去に収録したデータについて炉温分布とNOxとの関係を見るため、NOx濃度を段階ごとに区切り、それに対応する乾燥段上ガス温度(GT1)、燃焼段(前)上ガス温度(GT2)、燃焼段(後)上ガス温度(GT3)、後燃焼段上ガス温度(GT7)の値を分類して平均を求めた。その結果を表1に示す。これによると、後燃焼段に近いほど温度が高いときにNOx濃度が低い傾向を示している。GT7が高いときには燃え切り点が下流側に降りて来ていることを示しており、燃焼段にはごみが敷き詰められた状態になっていると考えられる。

表-1 NOxの頻度と温度の平均値

NOX	GT1	GT2	GT3	GT7
(ppm)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)
48 - 56	864	898	885	732
56 - 64	843	874	874	713
64 - 73	830	873	847	659
73 - 81	852	878	782	608
81 - 90	866	876	740	576
90 - 98	884	873	678	531
98 - 107	887	876	648	508
107 - 115	876	875	627	498
115 - 124	875	874	607	492
124 - 132	867	870	601	492

そのため空気の吹き抜けが起こりにくく、還元性ガスが多量に発生

し、NOxが抑制されると推測される。以上の理由からNOxの指標としてこのGT7を用いることにした。

4. 同定実験とARモデルのあてはめ

システム同定実験は、蒸発量設定値が13.5(ton/hr)の低負荷と、18.0(ton/hr)の高負荷の2条件で行い、サンプリングステップ30(sec)で2日間収録した。タイムステップ30(sec)でARモデルをあてはめた結果、それぞれのモデル次数はM=19、M=22となった。また残差の正規化共分散値はすべて0.3以下であり、再現性や予測性のシミュレーションも妥当な結果を得た。

5. ノイズ寄与率と制御効果

操作変数から被制御変数への影響を知るため、変数の持っている固有ノイズのパワースペクトルが焼却炉内のフィードバック系を通してどのように伝播するかを示すノイズ寄与率を求めた。

**低負荷時(図1)** 参考変数のGT7がNOxに対して直流分から約3.3(cycle/min)の間で寄与しており、蒸

発量に対して直流分で大きく寄与している。操作変数ではFD1NがNOxに対し5.4(cycle/min)より低周波で寄与しており、蒸発量に対しては約3.3(cycle/min)より低周波で特に大きく寄与している。他にCDFNがNOxに対し約3.8(cycle/min)より低周波で寄与している。蒸発量が1/2.4(cycle/min)付近でNOxに対して大きく寄与しているが、これはNOxと蒸発量に同様の変化をもたらす要因が他に存在することを示しており、この場合はACCの制御特性と考えられる。モデルから設計した最適制御系を実プラントに適用して制御実験を行った結果、NOxと蒸発量の分散値がACC単独制御時に比べて0.44~0.77倍、0.53~0.59倍に減少した。

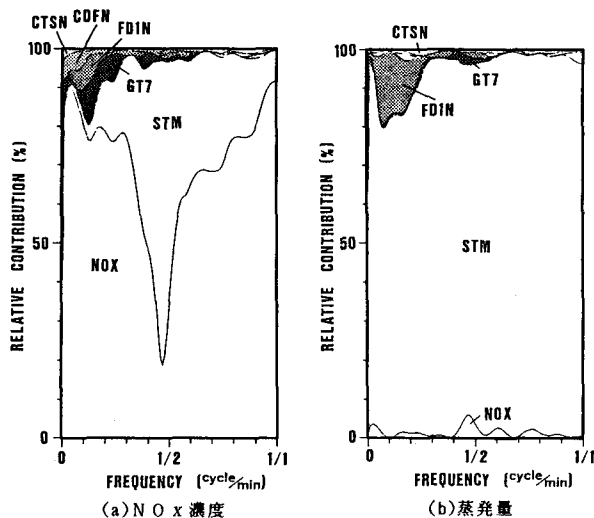


図-1 低負荷時のノイズ寄与率

**高負荷時(図2)** パワースペクトルには多くのピークが見られ、特にNOxに対してはGT7からの寄与の変化が激しい。そのピークはストーカのストロークにより、ごみが燃焼段から後燃焼段へ落下することが原因と考えられ、そのときのGT7の急激な変化が高周波成分としてNOxに大きく影響していると推測される。操作変数はFD1NとCDFNが蒸発量に対して少し寄与している程度である。実プラントの制御実験ではACC単独制御時に比べて制御効果がほとんど見られなかった。ACCが介入していない場合には、燃焼ストーカからNOxや蒸発量に対して直流分から低周波にかけて大きな寄与が見られたことから<sup>(2)</sup>、ACC作動時にはストーカによる制御がうまく働いていないと推測される。そこで燃焼ストーカをACCからAR制御に切り替えて制御実験を行った結果、NOxと蒸発量の分散値がACC単独制御時に比べて0.22、0.64倍となり、NOxに対して著しい制御効果を得た。<sup>(4)</sup>

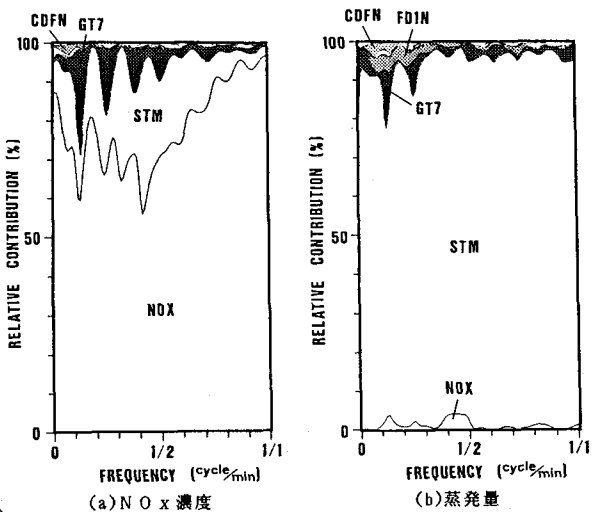


図-2 高負荷時のノイズ寄与率

6. さいごに

操作変数から被制御変数へのノイズ寄与率が大きかった低負荷時には同時制御を達成できた。一方小さかった高負荷時には制御性が悪く、ACCのストーカ制御に問題があることが分かった。また参考変数として採用した後燃焼段上ガス温度はNOxに対して大きく寄与しており、指標として重要であることが分かった。

参考文献 ①赤池弘次/中川東一郎, "ダイナミックシステムの統計的解析と制御", サイエンス社  
 ②藤原健史 他, "自己帰帰モデルによる都市ごみ焼却炉の多目的燃焼制御に関する研究", 土木学会第40回年次学術講演会講演概要集, 1985/9  
 ③中村秀雄, "火力発電所の最適制御に関する研究", 九州大学工学部博士論文, 1980/6  
 ④Masakatsu Hiraoka, et al., "COMPUTER CONTROL SYSTEM OF THE REFUSE INCINERATOR BY USE OF THE MULTIVARIATE AUTOREGRESSIVE MODEL", World Congress 111, 1986/9