

## A I 応用の維持管理システム

石田喬重\*、住谷文武\*\*、井上芳郎\*\*\*、田村明彦\*\*\*

※ (株)クボタ 焼却炉設計工事部  
大阪市浪速区敷津東1丁目2番47号

※※ クボタ環境サービス (株)  
大阪市中央区南船場4丁目11番20号

※※※ (株)クボタ 焼却炉技術部  
東京都中央区日本橋室町3丁目1番3号

### 概要

ごみ焼却プラントの運転は、自動燃焼システムの開発が進み、運転の省力化に大きく貢献してきた。それにともない維持管理も高度化したデータの蓄積と最適な運転管理が必要となっている。特に故障時の診断と迅速な対応が、信頼性の高い維持管理システムの指標と言える。そこで、本論文では、ごみ焼却プラントのデータ処理設備と弊社の運転管理用コンピュータを電話回線で接続し、プロセスデータを伝送することで、プラント運転の遠隔監視と、その情報データをA Iを応用して解析することで、最適な運転指導及び管理が実現可能であることを示す。

### キーワード

遠隔監視、A I 応用、故障診断

#### 1. 諸言

都市ごみ焼却プラントは、都市ごみを焼却処理することにより減溶化・無害化・安定化することを目的としている。弊社は、昭和36年に開発を始めて以来、自動燃焼システム、発電制御システムなどを実用化してきた。

こうした中で、自動燃焼システムが高度化する一方で、維持管理は、熟練運転者の長年の経験的知識とノウハウが不可欠であり、特に故障診断や最適な運転方法の判断は、メーカーに電話で問い合わせるが、メーカーでは、運転状況の正確な把握が、電話の話では出来なかったり、迅速な対応が出来ずサービス員を現地へ派遣しているのが現状であった。

したがって、焼却プラントのデータ処理設備と弊社の運転管理用コンピュータを電話回線で接続し、プロセスデータを転送することで、プラント運転の遠隔監視が可能になり、トラブル時にはその情報データを熟練運転者のノウハウを知識ベース化した維持管理システムで解析することで、最適な運転指導とトラブル時の迅速な対応が可能である。この維持管理システムは、現在7ヶ所のプラントに納入されている。

## 2. システムの概要

本システムの目的は次の4点である。

- ① 維持管理状態を絶えずチェックでき、トラブル発生時の早期解決と再発防止。
- ② 運転時間と状態に応じて保守管理規定の指示と、定期的保守作業の実行を自動的に促す。
- ③ 本システムのソフトを蓄積することにより、自然にマニュアルの標準化ができる。
- ④ このシステムを通じて保守管理の状態、発生したトラブル等が弊社で管理でき、今後の設計改善、サービスの向上に寄与する。

図1にシステムの全体構成、図2にシステムファイル一覧を示す。

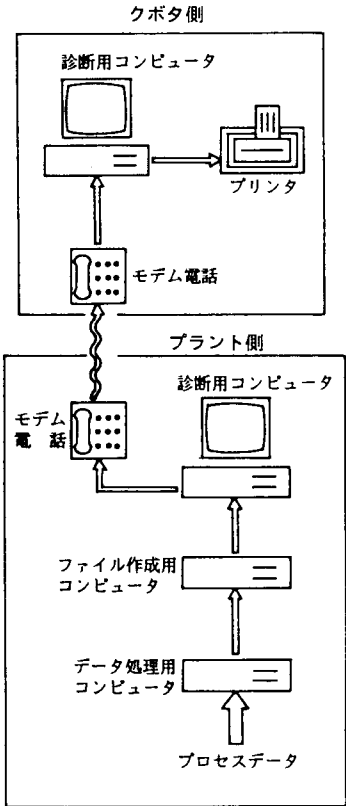


図1 システム全体構成

維持管理システム ファイル一覧			
1. 本社側	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 毎日点検検索</li> <li>2. 定期点検結果検索</li> <li>3. 故障実績検索</li> <li>4. 故障時保守マニュアル登録</li> <li>5. 定期点検マニュアル登録</li> <li>6. 設備機器登録</li> <li>7. 故障時保守マニュアル管理</li> <li>8. 定期点検マニュアル管理</li> <li>9. 設備機器管理</li> <li>10. 画像イメージ作成</li> <li>11. 診断データの管理</li> <li>12. キーワードの管理</li> <li>13. 解説・図面の管理</li> <li>14. 矢印データの作成</li> <li>15. 毎日点検の項目設定</li> <li>16. 終了</li> </ol>		
2. 現場側	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 毎日点検登録</li> <li>2. 毎日点検検索</li> <li>3. 定期点検指示</li> <li>4. 定期点検結果登録</li> <li>5. 定期点検結果検索</li> <li>6. 故障実績登録</li> <li>7. 故障実績データ削除</li> <li>8. 故障時保守マニュアル検索</li> <li>9. 定期点検マニュアル検索</li> <li>10. 設備機器検索</li> <li>11. 焼却炉オペレータガイダンス</li> <li>12. 終了</li> </ol>		
3. リスト	<table border="0"> <tr> <td> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 故障時保守マニュアル</li> <li>2. 定期点検マニュアル</li> <li>3. 故障実績</li> <li>4. 設備機器管理</li> <li>5. キーワード</li> <li>6. 診断ファイル (外部)</li> <li>7. 終了</li> </ol> </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>1. 設備名</li> <li>2. 機器名</li> <li>3. 部品名</li> <li>4. 仕様</li> <li>5. サービス業者</li> <li>6. 検査内容</li> <li>7. 処置内容</li> <li>8. 備考</li> <li>9. 異常現象 (前側)</li> <li>10. 異常現象 (後側)</li> <li>11. 対処</li> <li>12. メーカー名</li> <li>13. 終了</li> </ul> </td> </tr> </table>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 故障時保守マニュアル</li> <li>2. 定期点検マニュアル</li> <li>3. 故障実績</li> <li>4. 設備機器管理</li> <li>5. キーワード</li> <li>6. 診断ファイル (外部)</li> <li>7. 終了</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. 設備名</li> <li>2. 機器名</li> <li>3. 部品名</li> <li>4. 仕様</li> <li>5. サービス業者</li> <li>6. 検査内容</li> <li>7. 処置内容</li> <li>8. 備考</li> <li>9. 異常現象 (前側)</li> <li>10. 異常現象 (後側)</li> <li>11. 対処</li> <li>12. メーカー名</li> <li>13. 終了</li> </ul>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 故障時保守マニュアル</li> <li>2. 定期点検マニュアル</li> <li>3. 故障実績</li> <li>4. 設備機器管理</li> <li>5. キーワード</li> <li>6. 診断ファイル (外部)</li> <li>7. 終了</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. 設備名</li> <li>2. 機器名</li> <li>3. 部品名</li> <li>4. 仕様</li> <li>5. サービス業者</li> <li>6. 検査内容</li> <li>7. 処置内容</li> <li>8. 備考</li> <li>9. 異常現象 (前側)</li> <li>10. 異常現象 (後側)</li> <li>11. 対処</li> <li>12. メーカー名</li> <li>13. 終了</li> </ul>		
4. ファイル圧縮	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 故障時保守マニュアルファイル</li> <li>2. 故障実績ファイル</li> <li>3. 設備機器管理ファイル</li> <li>4. 定期点検実績ファイル圧縮</li> <li>5. 終了</li> </ol>		

図2 システムファイル一覧

本システムの主な特徴は次の5点である。

- ① 通常の図書によるマニュアルと異なり、高速検索機能による素早い対応ができる。
- ② 画像、写真を記憶でき、説明、表現の理解を高めた。
- ③ データおよびソフトは、弊社側又はプラント側で簡単に更新でき、常に最新情報が相互に授受できる。
- ④ 判断を要する部分には、AI推論機構を設け故障時の原因探索、プラント運転状態に応じた操作指針を迅速に示すことができる。
- ⑤ パソコンをベースにシステムを構築し、焼却、水処理、溶融プラントに簡単に採用可能にした。

### 3. 適用例

本システムを実際のごみ焼却炉に適用した例を紹介する。

#### 3-1 遠隔監視

電話回線を使用して、ごみ焼却プラントのコンピュータにアクセスし、プラントと同じフロー画面で、運転表示、プロセスデータを受け取る事により現在のプラントの状態をリアルタイムでモニタ出来ている。図3にフロー画面のハードコピー、図4にデータのトレンドグラフのハードコピーを示す。

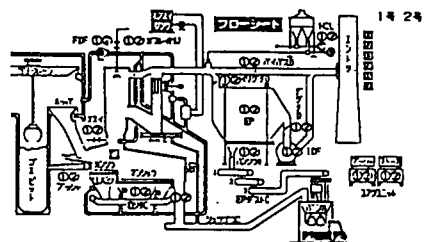


図3 フロー画面

#### 3-2 故障対策

故障が発生した場合、その装置の名称と故障の状況を入力する。これによって原因の推定を行うが、この場合答は1ヶだけでなく可能性の高いもの低いものをウェイトをつけて表示する。また過去に発生した類似現象があれば、その時の処置の内容も表示できる。故障の補修方法は、図面写真により表示可能で、必要に応じ故障実績表をプリントアウトできる。故障対策のフローを図5に示す。

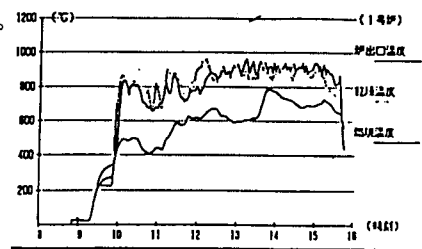


図4 データトレンドグラフ

##### 3-2-1 故障推論の方法

故障箇所の診断については、ファジィ理論を用いる方法が、デジタル式エキスパートを応用するより高速でルールが簡単に構築できる長所がある。しかしマトリックス演算による最小解が複雑にあり、簡単に求められなく最大解のみでは、結論が幅広くなり、例えば故障箇所の特定が困難であった。この解決法として従来のデジタル的推論の手法を混在させ、より正確な推論を高速にできるように工夫した。図6に焼却炉ストーカが動かない場合の推論テーブルを示す。

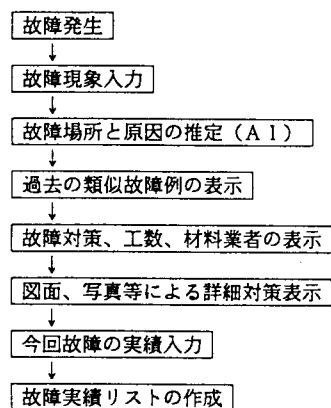


図5 故障対策フロー

焼却炉ストロカが動かない場合の推論テーブル

1. 燃焼中に動かなくなった	0.2	0.6	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
2. 動いていたが次第にストローク少	-1	-1	-1	0.3	0.3	0.5	0.3	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.7	-1	-1
3. シリンダ駆動油圧 60kgf以上か	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
4. シリンダ油圧ホースが振動しているか	N	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
5. 現場手動弁で操作して動くか	N	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
6. KL弁のスポールを手動で押して動くか	N	-1	-1	-1	-1	0.9	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0.8
7. KL弁の信号電流は流れているか	N	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
8. ストローカ制御装置は出力信号出しているか	N																
9. ストローカ位置表示ポテンシヨは正常位置	N																
10. ポテンシヨ、KL弁の信号線は良いか	N																
11. 燃焼温度低下させ自動で動くか	N	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0.8	0.8	0.8	0.8	0.5	-1	-1	-1
12. ロストルのはずれ脱落かみ込み	N									0.2	0.4	0.9	0.9	0.8	0.7	0.6	0.7
13. ストローカが受台の異常、ボルトの緩み破損	N									0.2	0.4	-1	-1	0.8	0.7	0.8	0.8
14. 固定フレーム上のダストアルミの堆積	N									0.9	0.5	0.7	0.9	0.5	0.7	0.9	0.7
15. 可動ストローカベアリングは正常か	N									-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
16. 可動ストローカロッドリンクは正常か	N									0.9	-1	0.9	0.2	0.2	0.2	0.9	0.9
17. 二・三回手動で前後に動かすとしばらくは正常	N	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0.3	-1	0.3	0.2	0.2	0.2	0.9	0.9	0.9
		油圧ユニマツオイル点検	切換弁電磁弁の点検	油圧ユニマツモータ点検	オイル配管の点検	KL弁異物かみ込み	KL弁取付座点検	可動ストローカローラ異物点検	ストローカ緩れ止め点検	駆動ロッドリンク点検	ロストル受台ボルト緩み	固定フレームの破損	ストローカ受台の破損	ロストル熱膨張調整かみ込み	ロストル離間の確保	脱落シールプレート点検	電気制御装置の点検

1 : 関係あり  
0.9 : ほぼ間違いない  
0.5 : 可能性あり  
0.2 : 関係なくもない  
-1 : 全く関係ない

図6 推論テーブル

3-2-2 AIによる故障診断要領

故障状態に応じ幾つかの質問に解答することにより故障箇所を推論するが、答は1個だけでなく、最も原因と思われる部分から、場合によっては疑わしい部分まで、ウェイトをつけて表示する。診断入力画面のハードコピーを図7に示す。

* 診 断 *		適合度
1. 動いていたが次第にストロークが小さくなった。	_____	(10)
2. シリンダの駆動油圧が低下している。	_____	(10)
3. 手動で操作のみ動く。	_____	(10)
4. 現場で操作のみ動く。	_____	(0)
5. 一定時間休止後に発生する。	_____	(0)
6. 燃焼温度を低下させる自動で動く。	_____	(0)
7. 動きが横振れしている。	_____	(0)
8. 2~3回手動で前後に動かすとしばらく正常に動作する。	_____	(0)
入力が終わったら「結果」キーを押して下さい。		

図7 診断画面

4. まとめ

本システムの導入効果として、次の3点が認められた。

- ① 遠隔監視を通じて、熟練者が監視しているのと同等の安心感がある。
- ② 故障診断等で迅速な原因探索、処置ができる。
- ③ 運転員が交代しても統一した維持管理ができる。

今後は、故障実績、定期点検結果より、確率・統計的手法を用い故障発生の時期、点検時期の予測、運転時間、操業形態による最適保全時期の指示等を可能にし、より充実した維持管理システムの構築を図りたい。又、遠隔監視を進化させ、プラント側の制御用コンピュータにアクセスすることにより、季節変動等による制御設定値を遠隔で変更することで、最適制御を簡単に実現可能なプラント制御システムを実証試験中です。