

下水処理場の故障診断用エキスパートシステムについて

(株)オオバ ○渡辺 勝俊
(株)高岳製作所 加藤 義男

1. はじめに

近年、コンピューターによって「知識」が扱える様になって来たため、人工知能を応用した各種の技術の開発が色々な方面で活発に行われている。人工知能の応用分野として最も有望視されているのは、「エキスパートシステム」であり、建設の分野においてもその構築が試みられている。

筆者等は、下水処理場の運転管理用のエキスパートシステムの作成を試みた。以下、その開発の背景、システムの内容等について概略を述べる。

2. エキスパートシステム開発の背景

エキスパートシステムの開発において、その対象の選択は、最も重要な事項の一つである。ここでは、何故エキスパートシステムの対象として、下水処理場の運転管理を取上げるのか、その理由について、維持管理技術と、現在の計装技術の側面から考えてみることにする。

〔維持管理技術の側面〕

- (1) 下水処理場は、多数のプロセスから成立って居り、運転管理には、多くの知識と経験が必要とされている。しかしながら、経験を持った技術者は少なく、新たな技術者の養成が課題となっている。
- (2) 下水処理は全体に長い時間をかけ、ゆっくり処理を行うため、その管理にエキスパートシステムを使用しても、リスクが少ない分野と考えられる。
- (3) 下水道は維持管理の時代に入ると云われて居り、維持管理に年間3,500億円もの巨費を投じている。このため、管理の合理化、経費節減、が望まれている。
- (4) 公共水域の水質の改善は、ここ数年横這いであり、維持管理に対して要求が厳しくなっている。

〔計装技術の側面〕

- (1) 下水処理場は多くの装置から成立っているため、これ等の装置で発生する現象を全て計測することは事実上不可能である。
- (2) 現在の計装技術では測定できない現象も多い。
- (3) 下水処理場で発生する様々な現象は、モデル化が出来ないものが多く、従ってプロセス制御が難しい。
- (4) 現在の計装では、データは流すが、データの解釈の機能、判断の機能がない。
- (5) 下水処理場で使用するセンサーは、未発達なものが多く、計測値の信頼性に乏しく、かつセンサーの「お守り」に人手がかかる。
- (6) 計装が全体に高価である。
- (7) 高度な計装を行えば行う程、計装システムは複雑になり、高度な技術者が必要になる。

どの様な分野でエキスパートシステムを開発するかという問題は、極めて重要な問題である。

エキスパートシステムは将来はともかく、現状においては、高度な技術が要求される分野、技術的にリスクの大きな分野においては、適用し難いものと思われる。これ等の分野において、エキスパートシステムの構築は、技術的には興味深いものではあるが、現実にはエキスパートシステムを片手に、設計、運営などを行うことは、リスクが大きいことのため、考え難い。

エキスパートシステムが実際に使用される分野としては、例えば、技術が単純な分野、判定結果のリスクが少ない分野、などがあげられる。

この点、下水処理場の運転管理の分野においては、これ等の条件を満足していると考えられるので、当システムの開発が有効な分野であると言えることが出来よう。

3. 下水処理場の故障診断エキスパートシステムの内容

3-1 エキスパートシステムの対象

当システムの対象は次の通り。

- (1) 運転管理の内、故障診断を行うシステムとする。
- (2) 処理方式としては、活性汚泥法を対象とする。
- (3) 処理プロセスは、最初沈殿池、エアレーションタンク、最終沈殿池、滅菌池で、汚泥処理は含まない。
- (4) 処理ソフトを中心とするが、機械類の故障診断も含めた。機械としては、ポンプとブロワーを取上げた。

。

3-2 エキスパートシステム構築の方法

エキスパートシステムの構築の方法の内、主要な事項について次に示す。

(1) 知識の整理

エキスパートシステムの構築をする際、最も重要な作業であり、エキスパート構築の成否を左右すると云っても過言ではない。しかしながら、現状では知識の整理に関しては、定まった方法はなく、試行錯誤をくり返してシステムを作成する以外に方法は無い。そこでまず、内外の維持管理の書物（7種類）から、処理場で発生する現象を抽出し、現象のカテゴリー別にまとめ、これ等の現象が原因と対策に到達する様ツリー状に問答を作成した。

(2) システムの作成

今回のシステムは、従来のプログラミング手法を用いた。従って、推論機構は備えていない。使用言語はBASICを用いた。AI手法を用いなかった理由は、開発期間の短縮、ユーザー側の使用し易さを考慮したこと、パソコンによる使用を目標としたことによる。全画面数は約800である。

3-3 専用機の概要

CPU本体 ; 1Mバイト、5インチミニフロッピーディスク2枚内蔵、JIS第一、第二水準漢字実装ディスプレイ ; 14インチカラー

操作 ; キーボードを用いず、タッチスクリーンを使用し、操作を容易にした。

3-4 下水処理場故障診断エキスパートシステムの内容

当システムの概念図は図-1のようになっており、2つの主要なブロックから成立っている。

第一のブロックは、対話式故障診断のブロックで、システムのメインを成す部分である。このブロックは処理場で発生する異常現象から出発し、その内容を画面上で対話しながら、原因、対策に到達するブロックである。

第二のブロックは、サブシステムであり、この部分では、処理原理の解説、設計基準の解説、主要な分析方法の解説、及び主要な計算を行いその結果を評価する部分から成立っており、現象の内容をより良く理解するための知識を与えるブロックとなっている。

また、システムの内容は図-2に示したが、対話式診断のグループは、機械グループと処理ソフトグループに分けられ、機械グループは、ポンプ、ブローに、処理ソフトグループは、最初沈殿池、エアレーションタンク、最終沈殿池、滅菌池に細分化されている。解説・計算のグループは、設計基準、処理原理・用語の解説、分析・測定方法の解説のサブグループから成立っている。対話式診断グループで、診断を行っている時に用語の解説などが必要な場合には対話式診断グループから、解説・計算のグループに跳び、このブロックで学習をし、またもとの対話診断のブロックに帰ることも可能な様にシステムが組まれている。

対話式の診断はステップ数は最大で5ステップ、で原因と対策に到達出来る様に質問が設けられている。次に当エキスパートシステムの具体的な内容について実例を示して説明を行う。

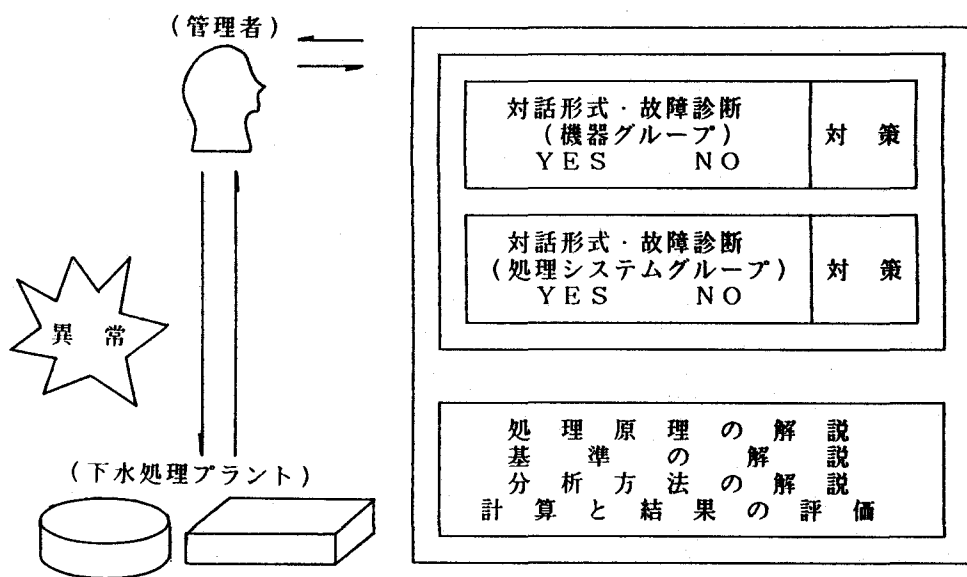


図-1 下水処理場故障診断用エキスパートシステムの概念図

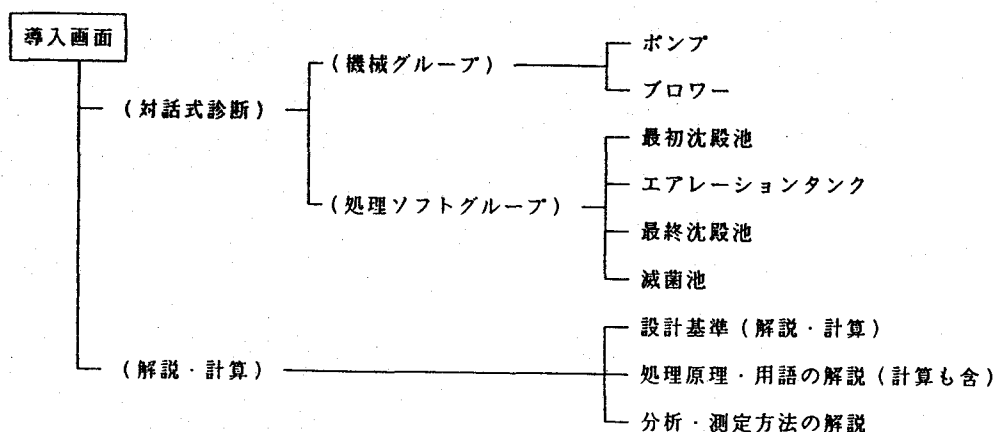


図-2 システムの内容

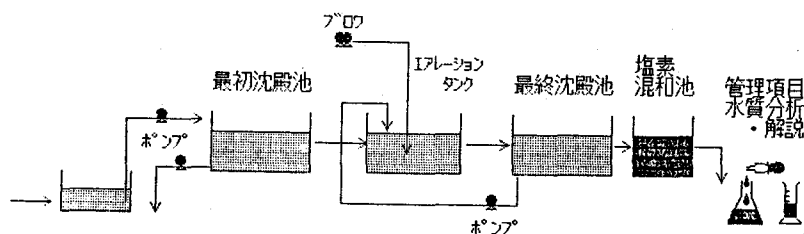
(1) 導入部

エキスパートシステムの構築において、どのようにして利用者をシステムの内部に導くか、その方式の選定と項目の組立は最も重要な事項である。

当システムにおいては、処理のフローの図によって故障箇所が選択出来る様にタッチスクリーンを採用し、操作し易くなっている。

例えば、最終沈殿池に何か問題があった場合には、図の最終沈殿池の所に触れると、最終沈殿池の異常事態を列挙したメニュー画面が選択される。

水 処 理 異 常 診 断 ガイダンス



☆ 異常の心配のある箇所を選択して下さい。

図-3 導入画面

(2) 故障診断システムのブロック

この部分はシステムの主要部分を成すもので、利用者が画面と対話しながら故障の原因と対策に辿りつく診断を行う部分である。このシステムは機器の部分と水処理のソフト、の部分に大別されるが、水処理の部分を例にとってその流れを追ってみることとする。

① (導入画面で最終沈殿池を選択)

② (質問画面 1)

SSの流出がありますか (YES NO)

(YESを選択)

③ (質問画面 2)

現象はどれに当てはまりますか

1. 汚泥の塊が、沈殿池表面に浮いて処理水中に流出する
2. 軽い泡が沈殿池表面に浮いて処理水中に流出する
3. 汚泥の浮上はないが、汚泥は堰から流出する
4. 細かい(0.5 ミリ位)フロックが沈殿池内にたどよう
5. 処理水が、クモリガラスのように濁る
6. SSの流出の状態が判然としない

(4を選択)

④ (質問画面 3)

エアレーションタンク内のDOが全槽で1.0mg/l 以上ですか (YES NO)

(YESを選択)

⑤ (質問画面 4)

BOD-MLSS負荷が0.05 (kg/kg 日) 以下で低いですか (YES NO)

(YESを選択)

⑥ (解答画面)

[原因]

エアレーションが不足して凝集力が弱くなっている。また、BOD-MLSS負荷が低く、凝集力が弱くなっている。

[対策]

- ① エアレーション量を増加して、エアレーションタンクのDOを1.0(mg/l) 以上とする。
- ② BOD-MLSS負荷を0.1(kg/kg 日) に近づけるか、この値以上とする。汚泥の返送量を下げて調節する。

この様に、起こりうる現象をツリー状の構造に並べておき、利用者が、現象がどれに当てはまるかを判断しながら、最終点に到達するシステムとなっている。

この質問の中で質問画面④は、図-4のようにになっている。

画面No.: 1304

最終沈殿池

BOD-MLSS負荷が、0.05 (kg/kg日) 以下で低い
か。

Yes

No

前画面

BOD-MLSS負荷

索引画面

Yes/Noを選択して下さい。

図-4 対話式診断システム画面の一例

この画面では、YES、NOの他に「BOD-MLSS負荷」という選択項が付いている。この項を選択すると、次に述べる解説、計算のブロックの内の「BOD-MLSS負荷」の項に跳ぶことが出来る。解説、計算のブロックでは、主要な事項の解説、設計基準などが示され、また、一部は計算が出来るようになっている。このブロックで「BOD-MLSS負荷」の内容を知り、またもとの対話のブロックに戻る事が出来るシステムとなっている。

画面No.: 2311

最終沈殿池

(1) BOD-MLSS負荷 Page 2	
Qa: 流出水量(一日の全量) Ca: 流入BOD濃度 Va: 17レーン・タワの容積 Sa: 17レーン・タワ内の汚泥濃度 ∴ BOD-MLSS負荷 = $\frac{(Qa \times Ca \times 1/10)}{(Va \times Sa \times 1/10)}$ = $(Qa \cdot Ca) / (Va \cdot Sa)$ = $\frac{(10000 (\text{m}^3/\text{日}) \times 150 (\text{mg/l}))}{(4000 (\text{m}^3) \times 1500 (\text{mg/l}))}$ = 0.250 (kg/kg日)	0.2 0.4 0.75 ① 標準活性汚泥法 ② スラップ・エアレーション法 ③ 長時間17レーン法 ▲ 低い 正常 やや高い 高い 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 C TAB ENTER

前画面

索引画面

計算終了

図-5 計算画面の一例

(3) 計算画面

計算画面の一例を図-5に示した。この画面は、BOD-MLSS負荷の計算の例であるが、数値の入力は、画面の右下にある数字盤を用いて行う。

計算の結果は、数値で示されるが、同時に右上の各処理方式の負荷基準の判定グラフの所にも表示（三角印）される。

この様に、管理上必要な数値の計算と、ごく初歩的ではあるが、数値の位置付けを行っている。

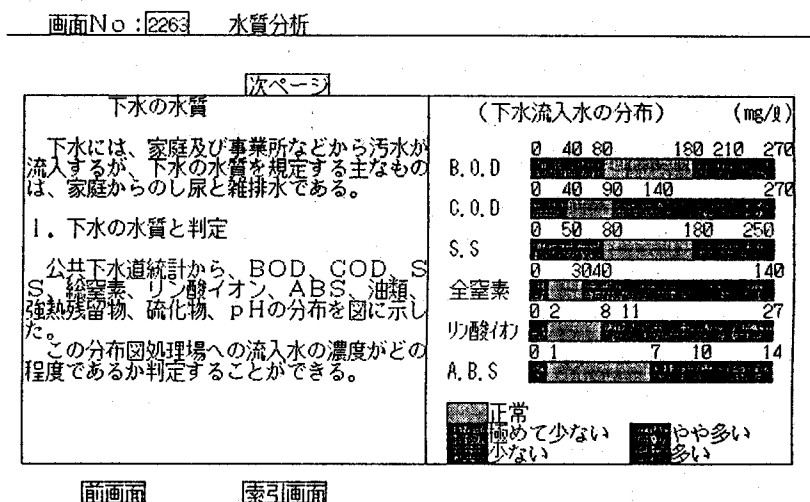


図-6 解説画面の一例

(4) 解説画面

解説画面の一例を図-6に示した。この図は下水の水質の一部を示したものであるが、下水道統計から全国の下処理場における、流入水の各成分の濃度データから統計処理を行ってグラフ化したものである。

この図から、全国の処理場における流入水の各成分の濃度の分布と、利用者のそれを比較することが出来る。

以上、システムの内容について、その概略を示したが、当システムの開発に当って留意した点は次の通りである。

- (1) 処理場で発生するトラブルを出来るだけ具体的で分かり易い表現で示し、未経験の管理者にも使える様に工夫した。
- (2) 判断の基準となる測定値には、日常的に測定する項目のみを採用し、特殊な測定は除外した。
- (3) 解説・計算の項を設け、現象の理解を深めるシステムとした。
- (4) タッチスクリーンを使用し、操作し易くした。

4. おわりに

今回、下水処理場の故障診断用エキスパートシステムを開発したが、このシステムはエキスパートシステムとしては、その第一歩を踏み出したごく初歩的な段階のシステムであり、今後、改良を重ね、内容面及び、運用面で充実をはかり、より実用的なシステムを作りあげて行きたいと考えている。

最後に、当システムを開発した経験及びユーザー側の見解などから、エキスパートシステム開発の留意点に関し2、3、気の付いた事項を述べ本稿の終りとしたい。

(1) エキスパートシステムの適用分野の選定

先に述べたが、充分検討を行って対象を選定すべきである。

(2) 知識の整理の方法

エキスパートシステムの構築において、その80%以上は、この知識の整理に費され、その出来具合がシステムの成否を左右する。しかしながらどのような手法で整理を行うべきか、定まった方法が無い。ある程度の方法論の確立が望まれる。

(3) AI技術の適用

現在のAI技術の発展は目覚ましいものがあるが、使い勝手という点では未だ不十分である。一方ユーザーの要求は厳しく、人間に近い「知的活動」が要求されており、今後は、使用者側に立脚したシステムの組み方を検討する必要がある。

建設の分野でも今後、エキスパートシステムの開発が盛んに行われることと思われるが、この小論がその際に少しでも参考になれば幸いである。