

下水処理工程へのエキスパートシステム適用

後藤 健一*

広瀬 英雄*

内容梗概

下水処理の経験の浅い運転員に対し、熟練運転員に近い操作を行えるようにアドバイスを行う下水処理エキスパートシステムを開発した。その内容を紹介する。

Applying Expert System to Sewerage Treatment

Kenichi Goto*

Hideo Hirose*

Synopsis

We have developed the Expert System of Sewerage Treatment which advises the operation to an inexperienced operator.

This paper introduces the outline of the system.

1. ま え が き

AI (人工知能) の概念は、1956年にダートマスで開催された会議で初めて提唱され、1975年知識表現法の1つであるフレーム理論がミンスキーにより提案された。その後、AI 研究は一時期衰退することもあったが1977年のボストンでの人工知能国際会議 (IJCAI) でファイゲンバウムは知識の重要性を示し、「知識こそ力なり」という有名な言葉を残している。これが知識工学の始まりと言われている⁽¹⁾。ファイゲンバウムは1960年後半から1970年にかけて有機化学物質の分子構造の推定のためのエキスパートシステム (ES) "DENDRAL", 血液感染症診断支援システム "MYCIN" を開発し、その後、いたる所で多数のプロトタイプ ES が開発されるようになった。また、近年では、実用レベルに近いものも開発されるようになった。その中で、メンテナンス分野に利用されている ES は、例えば、回転機診断用 ES、構造物診断 ES、設備診断 ES、経済的操業 ES などがある⁽²⁾。

さて、下水処理の大部分は、微生物の生物化学的な作用による処理である。そのため、微生物をいかに微生物にとって快適な状況で生かすかということが問題となる。この問題は、一部数値制御で対応している部分もあるが、未だ、人間の感覚的判断に依存している部分が多い。そして、下水処理場は小規模分散化の傾向にある⁽³⁾。しかし、運転員の養成は困難であり、運転員の不足をまねいている。そこで、今回専門家の知識を用い専門家に近い下水処理の操作のアドバイスを行う下水処理 ES を作成した。

2. システム構成

システム構成は、ハードウェアにはグラフィック環境、マンマシンインターフェイスが優れているエンジニアリングワークステーション (EWS) を用いた。ソフトウェアには基本作画機能およびテキスト・フォント等の処理機能を備えたグラフィックスライブラリ、システムコールの使用およびファイルへの入出力が容易な C 言語、お

*技術本部 数値情報研究室

よび ES 開発支援ツール“KEE”, KEE での手続き的知識の表現に LISP 言語を用いた。

3. 下水処理 ES の概略仕様

下水処理 ES は、図 1 に示すように入力・出力のインターフェイスとなる入出力インターフェイス、入力データを保持する入力データベース、出力結果を保持している出力データベース、推論を行うための経験的知識と事実知識を保持している知識ベース、推論機構の 5 つの部分から成る。入力項目は、センサーから直接入力されるも

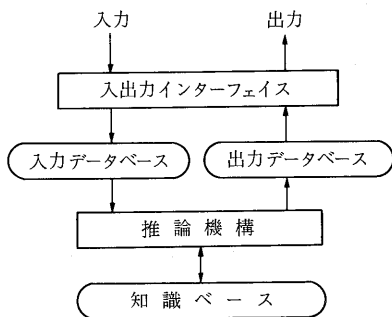


図 1 ソフトウェアの概略構成

の他、監視員により表示機器から読み取られ入力されるデータ、監視員により現場で目視されたデータである。出力は入力データから導かれる BOD-MLSS 負荷等の値を専門家から抽出した知識を基に、その値が異常か正常かを判断した結果である。また、異常の場合の運転員への運転ガイダンスである。BOD-MLSS 負荷等は、下水処理において処理が正常に行われているか否かを判断する指標となる値である。以下、この BOD-MLSS 負荷等の値を代表的パラメータと呼ぶ。

4. 下水処理 ES の特長

下水処理 ES は、以下の 4 つの特長を持つ。

- (1) 入力データから導かれる代表的パラメータが正常か異常かを判断する。その判断結果には確からしさを表す CF 値 (Certainty Factor) を付加した。

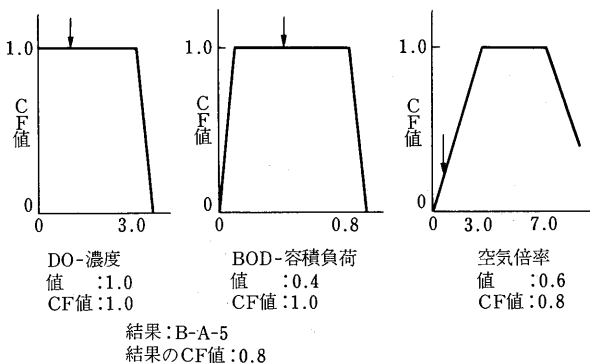


図 2 CF 値のグラフ表示

- (2) 入力データの時間経過による信頼性の低下は、入力データに付加した CF 値の減少により加味している。
- (3) 入力データを知識ベース以外に、解析、制御と共有可能とするため入力データベースを設けた。
- (4) 知識ベースは、知識の変更の際、分りやすいように最初沈殿池等の処理場の場所毎に分け階層構造に作成した。

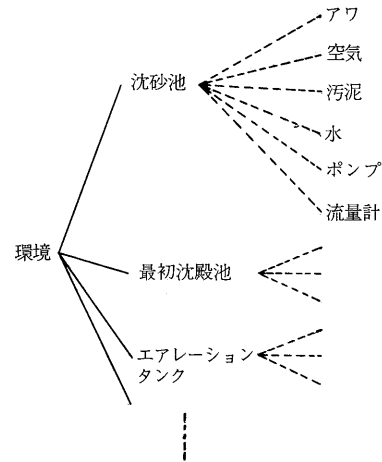


図 3 知識ベースの階層構造図

5. 下水処理 ES の機能

下水処理 ES は、入力データの監視機能、目視異常状況に対する対策法表示機能、知識の変更機能の 3 つの機能から成っている。次に 3 つの機能について述べる。

5.1 入力データの監視機能

入力データの監視機能は、(1)データ収集部、(2)データ処理・監視部、(3)対策アドバイス・総合診断推論部の 3 つの部分から成っている。

- (1) データ収集部

データ収集部では、RS232C 等で外部から入力された入力データを入力データベースのフォーマットに従い書き込むことにより ON-LINE 入力データのデータ収集を行う。その際、OFF-LINE 入力データは、入力データ変更画面において入力を行う。その画面を図 4 に示す。また、ON-LINE 入力データについてもセンサーの不良等で疑わしいことがすでに分っている場合は、それを無視する。入力データの中で入力がされていない項目については、前回までの入力データをデフォルト値として採用する。

- (2) データ処理・監視部

データ処理・監視部では、(1)のデータ収集部において書き込まれた入力データベースのデータを全て知識ベースに書き込む。その後、知識ベースに書き込まれたデータから代表的パラメータの値を計算する。そして、代表的パラメータの値が正常か異常かを判断し表示する。

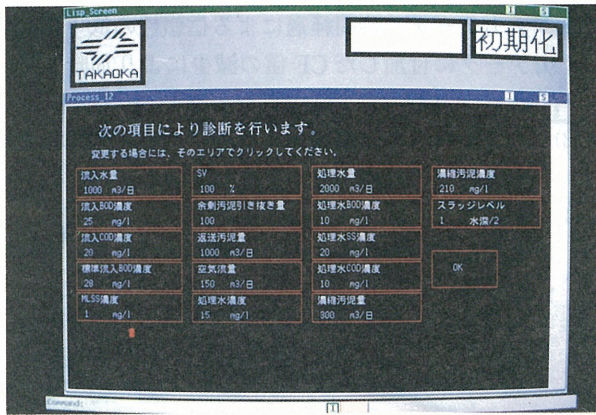


図4 入力データ変更画面

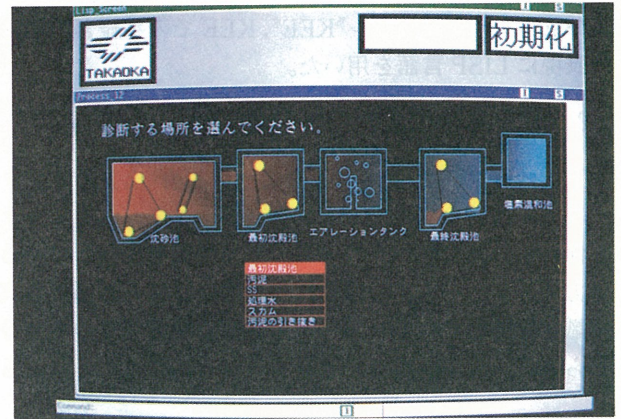


図6 異常発生場所および対象入力例

(3) 対策アドバイス・総合診断推論部

代表的パラメータの値が異常であると判断された場合、そのパラメータに関連するデータの値を用いて処理場の機能を正常にするための対策を絞り込む。また、処理排水の悪化を示す特定の代表的パラメータが存在する場合、それを特に考慮して総合診断をする。

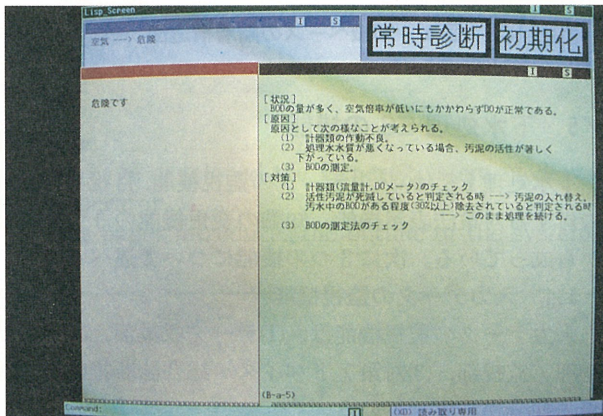


図5 総合診断アドバイス表示例

(2) 異常現象の入力部

異常現象の入力部では、(1)で入力した対象に対して発生している現象とそれに関連したデータを異常現象入力画面において入力する。図7に異常現象入力画面を示す。

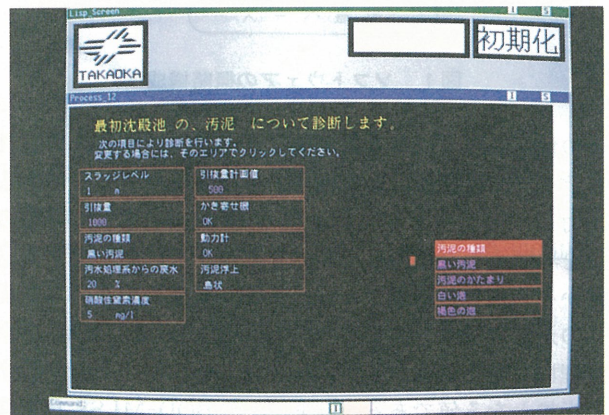


図7 異常現象入力画面

5.2 目視異常状況に対する対策法表示機能

目視異常状況に対する対策法表示機能は、異常発生場所および対象の入力部、異常現象の入力部、対策法の推論部の3つの部分から成っている。

(1) 異常発生場所および対象の入力部

ここでは、下水処理場の運転員が異常ではないかと疑いを持った現象が発生している場所すなわち処理場の場所(例えば、最初沈殿池、エアレーションタンクなど)を異常発生場所と呼ぶ。また、対象とは、現象が何(例えば、汚泥、SSなど)について発生しているかを示す。異常発生場所の入力は、処理場概略図から選ぶことにより行う。また、対象については、メニューの中から選択することにより行う。図6に異常発生場所として最初沈殿池を選択した後、対象のメニューが表示されている画面を示す。

(3) 対策法の推論部

(1)、(2)で入力した現象について推論を行い出力データベース中から対策法を探し表示する。この例を図8に示す。

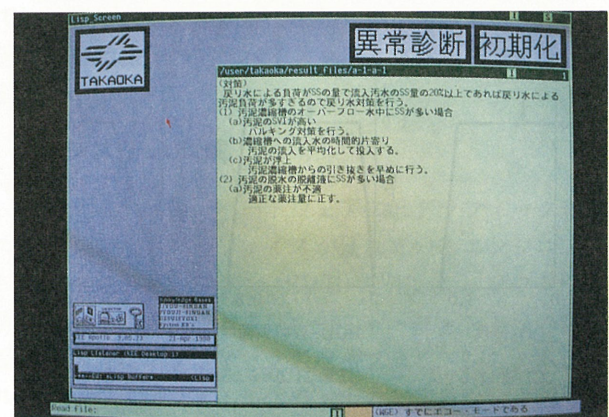


図8 対策法の表示例

5.3 知識の変更機能

知識変更機能は、変更知識の処理場場所入力部、変更知識の項目入力部、知識の変更部の3つの部分から成る。知識ベース中の知識で、この機能により変更可能な知識は、値が正常か異常かを判断する場合の上限値、下限値および入力データが何らかの都合で入力できない場合に用いるためのデフォルト値である。

(1) 変更知識の処理場場所入力部

ここでは、変更したい知識が処理場の場所の中でこの場所（例えば、最初沈殿池、エアレーションタンクなど）に関連する知識であるかを知識変更画面において選択する。図9に知識変更場所入力画面を示す。

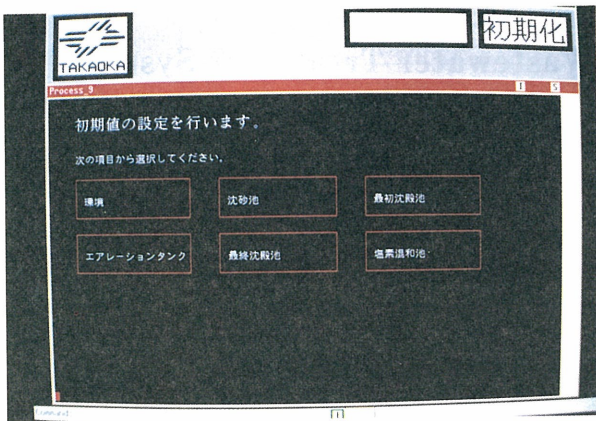


図9 知識変更場所入力画面

(2) 知識の変更部

変更後の新しい値を入力する部分である。これは、システム側の問い合わせに対し値を入力することにより行う。図10に問い合わせの例を示す。

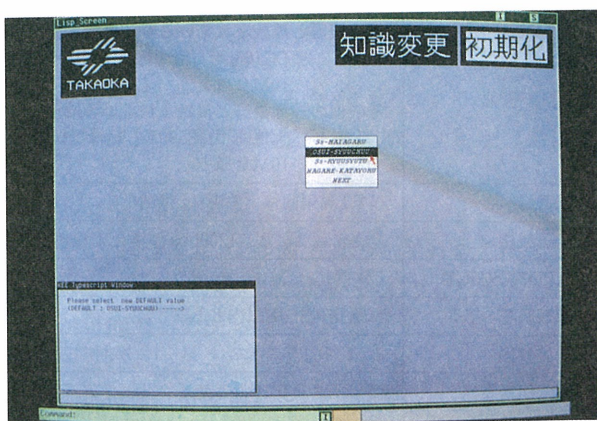


図10 知識変更例

6. あとがき

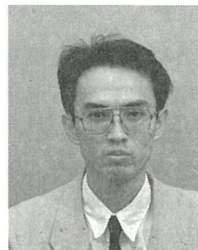
今回作成した下水処理 ES を紹介した。下水処理 ES は、下水処理の処理工程における異常時の運転員に対する操作ガイダンスを行うシステムである。入力データおよび、判断結果には、確からしさを表す値として CF 値を付加した。入力データは、解析、制御との接続を考慮し入力データベースに保持される。知識表現は、フレーム表現を用い、そのフレームは、知識の変更の容易さから階層構造とした。

今後、他のメンテナンス分野、計画問題分野、モデル化問題分野、デザインの分野での人間の感覚による部分へ AI を適用していきたいと考える。

最後に、下水処理 ES の開発に当たり、知識の提供等の御協力をいただいた株式会社オオバの渡辺氏に対し、感謝します。

参考文献

- (1) 矢田光治：AI 総覧，フジテクノシステム（1987）
- (2) 西江勇二：メンテナンス領域への AI の応用，機械の研究，第40巻，第2号，P.19（1988）
- (3) 渡辺勝俊，加藤義男：下水処理場のエキスパートシステムの開発，高岳レビュー，Vol.34-4，No.114，P.52（1987）



後藤 健一
Kenichi Goto
昭和62年入社
知識情報処理の
研究開発に従事



広瀬 英雄
Hideo Hirose
昭和52年入社
数値計算の
研究開発に従事