

# 知識ベースによる下水処理プロセス 運用管理支援システム

三菱電機 中央研究所 ○前田 和男

## 1 はじめに

近年コンピュータとその関連技術であるシステム工学や制御工学は急速に発展し、各種工業プロセスの監視制御の分野に大きなインパクトを与えた。下水処理プロセスでも、1) 放流水質の安定化、2) 処理施設の運用の効率化、3) 維持管理費用の節減を目的として、末端のプロセス機器のPID調節制御、それらの設定値を決める決定制御、エネルギー管理や操作スケジュール管理を行う統括管理、経営管理計画を行う経営情報管理などの諸管理システムの統合化をはかる総合管理システムが急速に整備されつつある。

既に活性汚泥プロセスにおいて、DO制御、MLSS制御、TS制御が実用に供されている。また汚泥処理プロセスにおいても、消化汚泥量制御や薬注脱水制御の実用化試験が始められている。[1,2]

理論面では、現代制御理論の応用による放流水質レギュレータ制御、モデルパラメータ推定、水質適応制御やなどの諸手法が活発に提案されており、実機での本格的検討が望まれている。[3,4,5] 一方従来の制御理論のような数値的な手法とは異なった、ファジィ水質制御や知識工学にもとづく定性的な問題解決の手法も注目を集めつつある。[6,7,8] この手法はいわゆるヒューリスティックな手法であり、長年の経験と勘を必要とするプラント運転支援といった複雑な問題の解決にもかなりの有効性を発揮するものと期待されている。

ここでは、まず知識ベースによる下水処理プロセス運用支援システムの基本的枠組について述べる。次に下水処理プロセス運用支援の具体例を示す。第1例は活性汚泥プロセスの水質管理支援の場合で、経験則を予め運転ルールとして計算機内に蓄え、プロセスの状況に応じ先のルールを適宜組合せて診断・復旧支援を実行する。第2例は汚泥脱水機のマニュアル操作支援の場合で、運転操作手順をルール化し、先と同様に簡単な質問応答システムを通じ運転員に提示される。

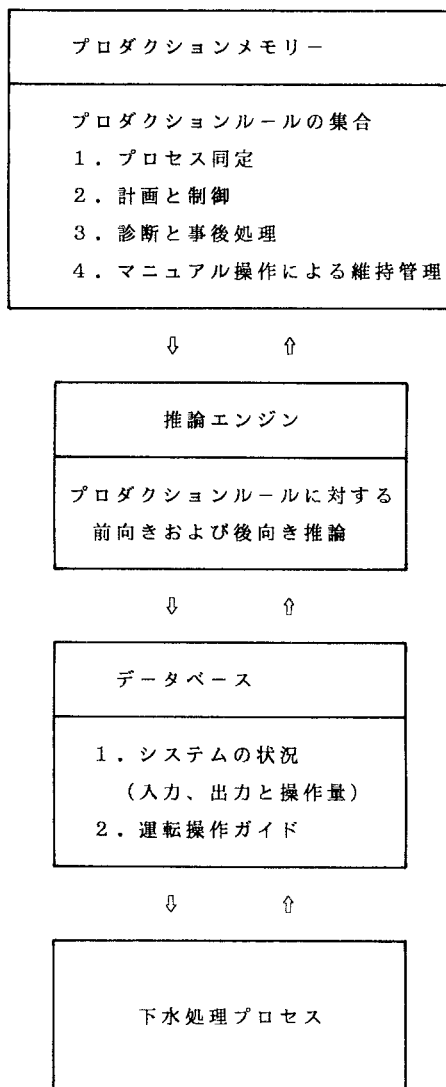


図1 下水処理プロセス運用支援のための知識ベースシステムの基本的枠組

## 2 下水処理プロセス運用支援システムの基本的枠組

本システムは、プロダクションメモリー、データベースおよび推論エンジンの三つの部分からなる。その基本的構成を図1に示す。

システムの状況はデータベースに記述され、プロセ

ス運用支援に関する専門的知識はプロダクションルールとしてプロダクションメモリーに蓄えられる。さらに推論エンジンはデータベースのデータとプロダクションルールとを照合し推論を実行する。ここでプロダクションルールには、次のような知識が埋め込まれている。

- 1) プロセス同定支援に関する知識
- 2) プラント制御および計画支援に関する知識
- 3) プラント診断および事後対策支援に関する知識
- 4) マニュアル維持管理およびマニュアル操作支援に関する知識

なお推論エンジンでは前向きのみならず後向きの推論も実行可能である。

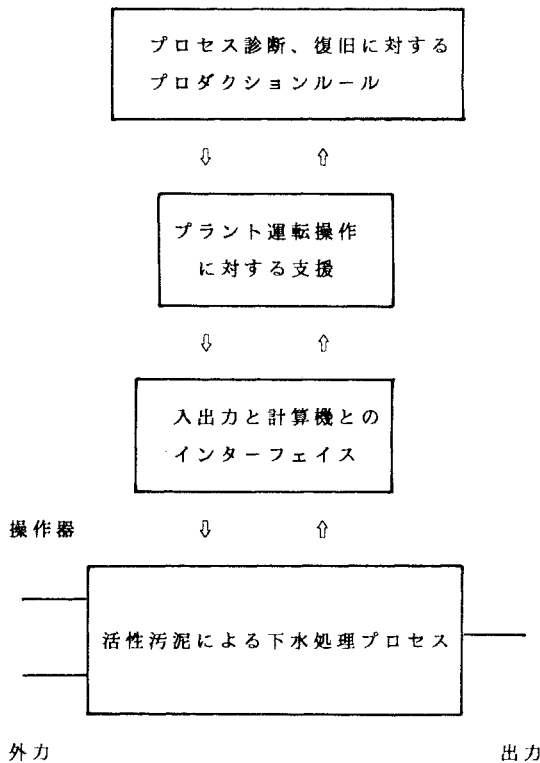


図2 活性汚泥プロセスの水質管理に対する運転支援システム

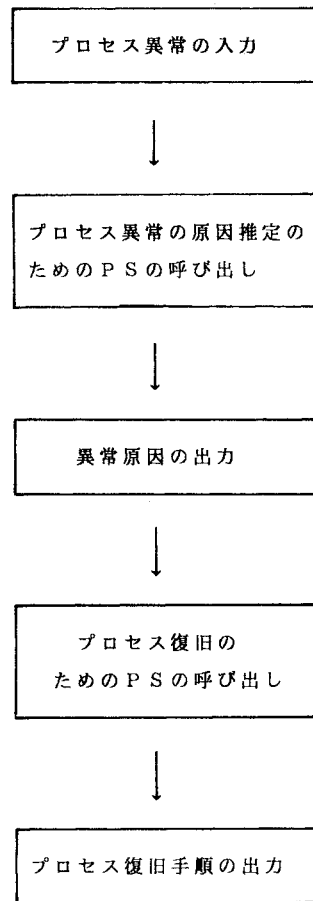


図3 活性汚泥プロセスの水質管理支援のフロー

### 3 下水処理プロセス運用支援に関する具体例

#### 【例1】 活性汚泥プロセスの水質管理の支援

活性汚泥プロセスの水質管理においてプロセスの異常の診断と復旧支援の例をとり上げる。その基本的構成を図2に示す。本システムは、下水処理プロセスの入出力に関する情報と計算機内部とのインターフェイス、言語ルールとして記述されたプラント診断、復旧に関する知識記憶部、インターフェイスからの情報と知識記憶部の情報を組合わせて、プロセスの最適な復旧支援を行う運用決定部からなる。

次に本支援システムによる運用手順の概略を図3に示す。最終的にはMLSSやDOの設定値がインターフェイスを通じて示される。異常原因の推定および復旧支援例

を次に示す。ここで起動したルールの代表例を図4に示す。

1) プロセスの現在状態についての質問と応答

- (1) 処理水BOD濃度は？ 高い。
- (2) 処理水透視度は？ 高い。
- (3) pHは？ 正常である。
- (4) DO濃度は？ 低い。
- (5) 流入水BOD濃度は？ 高い。
- (6) 汚泥性状は？ べん毛虫類が多い。

2) プロセス診断についての応答

プロセス異常の原因は、プロセス診断則によれば汚泥の分散増殖である。

3) 最適操作の支援について

現在のデータベースの内容は、次の通りである。

- (1) 処理水BOD濃度は？ 高い。
- (2) 処理水透視度は？ 高い。
- (3) pHは？ 正常である。
- (4) DO濃度は？ 低い。
- (5) 流入水BOD濃度は？ 高い。
- (6) 汚泥性状は？ べん毛虫類が多い。
- (7) プロセスの異常の原因は、プロセス診断則によれば汚泥の分散増殖である。

最適操作支援則より、次の通りである。

- (1) MLSS設定値を上げる。  
および
- (2) DO設定値を上げる。

[例2] 汚泥脱水プロセスのマニュアル操作支援

汚泥脱水プロセスにおいて、供給汚泥の性状は前プロセスである活性汚泥処理プロセスや汚泥消化プロセスの運転状況によって変動することが多く、計測機器の開発もかなり遅れている。したがって汚泥脱水プロセスの運転操作を常に最適な条件下で行うには、それぞれの現場における経験的な知識に依存するところが大きい。先に述べた知識ベースシステムは、このようなマニュアル操作の支援にも有効で、運転員の誤操作や誤った運転訓練などによって引き起される事故を未然に防ぐことができる。本システムでは、一連の複雑なマニュアル操作の手順がプロダクションルールとし

(規則I05)

- (1) 処理水BOD濃度は？ 高い。
- (2) 処理水透視度は？ 高い。
- (3) pHは？ 正常である。
- (4) DO濃度は？ 低い。
- (5) 流入水BOD濃度は？ 高い。
- (6) 汚泥性状は？ べん毛虫類が多い。

-->

プロセスの異常状態は、汚泥の分散増殖が原因である。

(規則C05)

プロセスの異常状態は、汚泥の分散増殖が原因である。

-->

最適状態に復旧するためには、MLSS設定値およびDO設定値を上げる。

図4 活性汚泥プロセスの水質管理支援のための知識ベースにおける代表的なプロダクションルール

て計算機内部に蓄えられており、それらが簡単な質問応答システムを通じて運転員に示される。

次に、ベルトフィルターのマニュアル操作手順支援についての計算機との対話の例を示す。ここで起動したルールの例を図5に示す。

1) 運転操作項目についての質問と応答

- (1) 必要な運転操作項目について入力して下さい。  
汚泥脱水プロセスのマニュアル操作

2) 準備作業項目についての質問と応答

規則1より次の質問が導かれます。

- (1) ろ布は破れてませんか？ はい。
- (2) ろ布のはり具合は正常ですか？ はい。

規則2より次の質問が導かれます。

- (1) 汚泥槽のブローバルブは閉じてますか？ はい
- (2) 上部吸引バルブは開いてますか？ はい。

規則3より次の質問が導かれます。

- (1) 以上で準備作業の点検は終わります。次の本作業の点検を始めてもいいですか？ はい。

(規則 G01)

(ベルトフィルターのマニュアル運転操作)

(ろ布は破れてませんか?)

(ろ布のはり具合は正常ですか?)

(規則 G02)

(ろ布は破れてませんか? はい。)

(ろ布のはり具合は正常ですか? はい。)

-->

(汚泥槽のブローバルブは閉じてますか?)

(上部吸引バルブは開いてますか?)

(規則 G72)

(ケーキ厚が厚く、剥離が良好ですか? いいえ。)

-->

(真空度は適正ですか?)

(汚泥の凝集は良好ですか?)

規則72より次の質問が導かれます。

(1) 真空度は適正ですか? はい。

(2) 汚泥の凝集は良好ですか? はい。

規則73より次の質問が導かれます。

(1) ドラム回転数を下げましたか? はい。

#### 4 おわりに

下水処理プロセスの監視制御技術も従来の単なる計算機による自動化技術の枠組を越え、はるかに知的で柔軟なシステム技術へと大きく変貌を遂げようとしている。ここでは熟練したシステム運用者の意思決定能力の強化や支援のための補助道具として知識ベースを用いた新しいプロセス運用管理支援システムについての基本的考え方とその具体的な適用例について述べ、その有効性を計算機シミュレーションで明らかにした。今後、実施設の運転操作に関する調査などによるルールの補充と精緻化、知識データベース自身の変更をはかる適応プロダクションの追加などが実用的見地から必要である。

#### (参考文献)

1. Maeda, K. etc " Feasibility of a New Biomass Control for Full-scale Wastewater Treatment Process, X XII-134, Proc. of IFACXII (1981)
2. 岩崎他『汚泥消化プロセス特性について』第19回下水道研究発表会講演集(1981)
3. 田沼『下水処理プロセスにおける水質最適フィードバック制御』No.1, Vol. 15, SICE論文集(1979)
4. 前田、桑田『活性汚泥プロセスの動的モデルとそのパラメータ推定について』第15回下水道研究発表会講演集(1978)
5. 前田、平井『下水処理プロセスにおける適応型水質制御法』第3回適応制御シンポジウム, SICE (1982)
6. R.M.Tong etc, " Fuzzy Control of the Activated Sludge Wastewater Treatment Process, ", Automatica, Vol.16, pp695-701
7. P.H.Winston, " Artificial Intelligence ", Addison-Wesley (1977)
8. 前田『ルールベースによる下水処理プロセス運用制御支援法』第22回SICE学術講演会(1983)

図5 汚泥脱水処理プラント運転支援のための知識ベースにおける代表的なプロダクションルール

### 3) 本作業項目についての質問と応答

規則4より次の質問が導かれます。

(1) 汚泥攪伴機を起動しましたか? はい。

(2) 真空ポンプを起動しましたか? はい。

(3) 汚泥供給ポンプを起動しましたか? はい。

(4) ドラムを起動しましたか? はい。

規則5より次の質問が導かれます。

(1) 上部吸引バルブをすこしずつ閉じ、下部吸引バルブをすこしずつ開きましたか? はい。

(2) 真空度は適正ですか? はい。

規則6より次の質問が導かれます。

(1) リーフテストにより適正なドラム回転数をセットして下さい。 はい。

規則63より次の質問が導かれます。

(1) ろ布のよじれ、蛇行あるいはスリップはありますか? はい。

規則7より次の質問が導かれます。

(1) ケーキ厚が厚く、剥離が良好ですか? いいえ