

下水処理場における 統合的運転支援システムの開発

原 直樹^{*}、呉 文智^{*}、渡辺昭二^{**}、圓佛伊智朗^{**}
平岡正勝^{***}、津村和志^{***}

* (株)日立製作所大みか工場

日立市大みか町1-55-2

** (株)日立製作所日立研究所

日立市久慈町4026

*** 京都大学工学部環境地球工学教室

京都市左京区吉田本町

概要

下水処理場では、安定した処理水質を維持するため、水質分析値、微生物観察、計測器などの情報に経験則を加えて運転操作を実施している。豊富な経験と知識を持つオペレータはこれらの情報を統合的に利用してプロセスの状態を判断し、プラントを適切に運転管理している。この運転管理をより効率的に進めるには、熟練オペレータのノウハウを誰もが参照できるように可視化、モデル化し、計算機で収集した膨大なデータと共に有効に活用できるシステムを構築して行かねばならない。そのためには、オペレータが用いている知識、情報を計算機上で常時取扱える必要がある。

既に、著者等は、微生物オンライン画像認識システム¹⁾を開発し、微生物情報の利用を可能とした。本発表では、この微生物画像計測情報や水質計測情報の運転履歴データ、及び熟練オペレータの経験則などの処理場の知的資産、物理モデルを統合的に利用し、知識工学、ファジィの手法を用いた運転支援システムについて報告する。さらに、バルキング予知と抑制を具体例として、本システムをシミュレーション検証した結果を述べる。

キーワード

下水処理、活性汚泥、バルキング、画像処理、知識工学、ファジィ、ニューロ、運転支援、異常診断、ガイダンス

1. 緒言

近年、計算機の導入が進みプロセスの様々なデータを計算機上で取り扱えるようになってきた。しかし、収集データの有効活用、自動計測データの信頼性、プロセスの定式化等まだまだ課題は多く、運転操作業務におけるオペレータへの依存度は高い。現在、オペレータの判断業務は水質監視、微生物管理、並びに計測器管理など広範囲に渡っている。熟練したオペレータは過去の運転履歴も考慮して運転状況を判断し、異常状態の監視とその対策を行っている。しかし、下水道普及率が向上するなか、今後予測される熟練オペレータの不足、維持管理の高度化へ対応するため、判断業務をサポートするシステムが必要になる。

一方、活性汚泥法は生物学的プロセスであり、活性汚泥中の微生物状態には運転管理上有用な情報が多く含まれている。これらの微生物情報を運転に反映させることが管理上重要であるが、定量的な

情報を常時得ることは困難で、日常的な運転管理に十分役立てられていないのが実情である。

そこで、図1に示す課題に対処した運転支援システムの構築を試みた。本支援システムは、これまで不可能であった微生物情報の連続計測データや処理場の知的資産（オペレータの経験則や運転履歴データ）、文献記載知識（原理や法則などの学術的知見）を統合的に利用してプロセスの運転状況監視及び異常の早期予知と対策を支援するもので、オペレータの負担軽減、及びより安心できる運転管理を目指すものである。

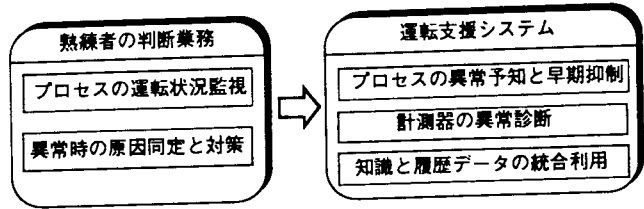


図1. 運転支援システム課題

2. 運転支援システムの概要

(1) 支援システムの位置付け

活性汚泥プロセスの監視制御の構成概要と運転支援システムの位置付けを図2に示す。運転支援システムは情報LANに接続したワークステーション上で運用する。ワークステーションは、制御系で収集したプロセスデータや微生物画像計測データなどのオンラインデータと、手分析・観察といった対話型データに基づいて運転状況や異常の有無を推論し、結果をオペレータにガイダンスする。

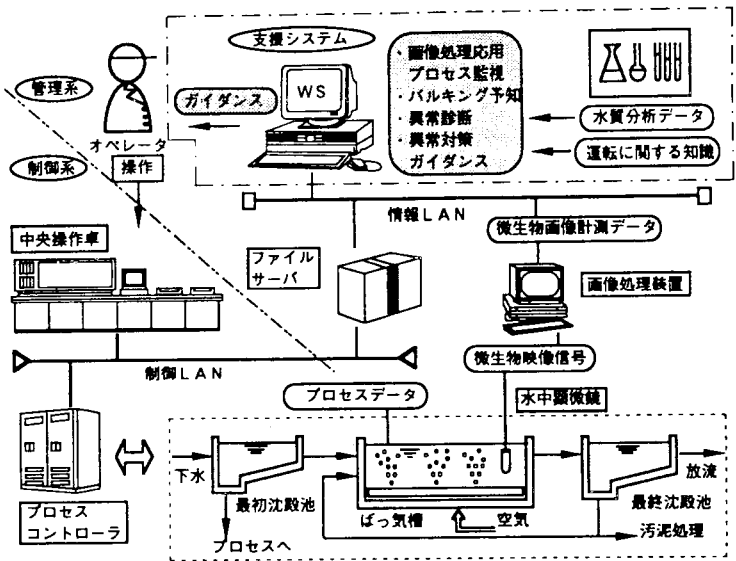


図2. 支援システムの位置付け

(2) システムの機能構成

運転支援システムの機能構成を図3に示す。本システムは、計測器の異常診断、バルキングの予知とその対策を目的として構築した。知識ベースは文献、物理モデル等の一般的な知識と、プラント固有の経験則、運転履歴データから獲得した因果関係などのプラント固有の知識で構成される。データベースにはオンラインデータ（プロセス、微生物画像計測データ）、対話型データ（手分析・観察データ）が格納され

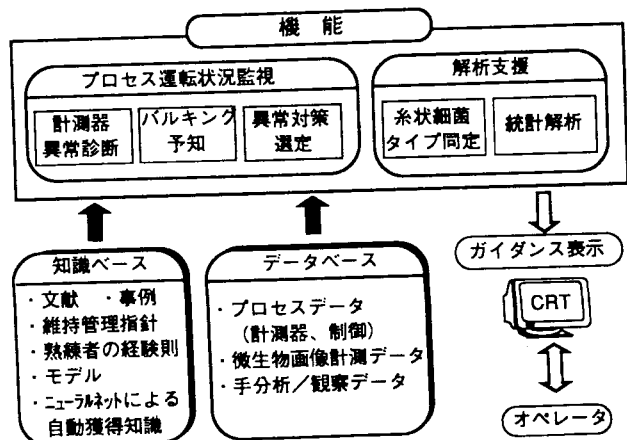


図3. 支援システムの機能構成図

る。推論は一定周期で実行し、知識ベースとデータベースをアクセスして計測器の異常診断、バルキングの予知及び対策の選定を実行する。なお、本システムにおいて、計測器の異常診断は統計的な数値情報を活かすために前向き推論を用い、その他についてはファジイ推論を適用した。

(3) 知識ベースの構築

本システムに用いた知識ベースの作成手順を図4に示す。

① 利用情報

オンラインデータ、対話型データなどの運転履歴データと、文献・事例、経験則などの知識を利用対象とする。

② 履歴データの統計解析

運転履歴データについては事前に統計解析（ヒストグラム、周波数解析など）²⁾して、その特徴を把握する。これらデータの特徴とニューロ³⁾の手法を用いて日間変動、季節変動、異常パターン、データ間の相互関係を求め、推論で活用できる知識を抽出した。

③ 知識の分類整理

統計解析や文献から得た知識は、まず汎用、固有、プロセス診断用、計測器診断用、異常原因同定用、及び対策選定用に分類して整理した。次に経験則を加え、知識間に矛盾がないか、その整合性をチェックした。

④ 知識ベースの作成

判断に関する知識はif～then～のルール形式で記述し、判断の基準となるデータや状態を表す知識については、フレーム、ファジイセットで記述した。フレームは前向き推論で、ファジイセットはファジイ推論で参照する。

3. システム検証

(1) 計測器異常診断結果の一例

計測器異常診断結果の一例を図5に模式的に示す。計測器異常診断は時系列データに基づいて平均値、基準値及び上下限值などからの外れ方や変化速度、さらに日間変動などの周期性を考慮した変動パターン及び計測器間の異常併発チェックに基づいて実施した。この結果、図5に示したように異常パターンとその原因が診断

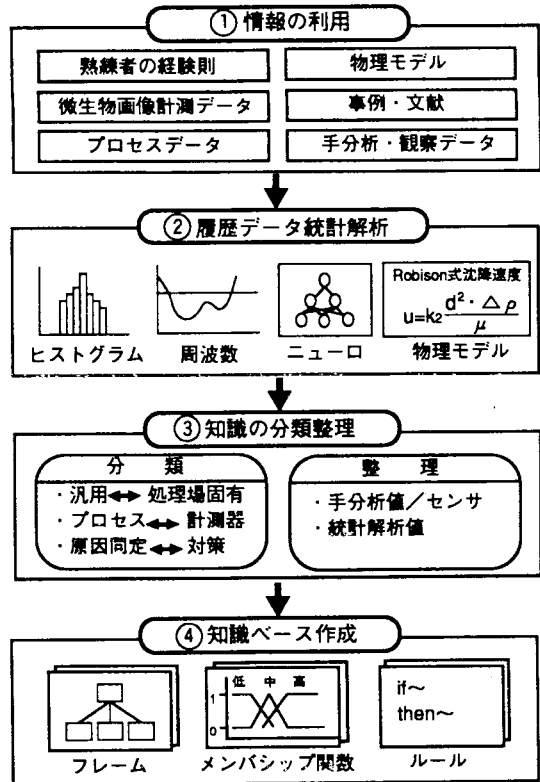


図4. 知識ベースの作成手順

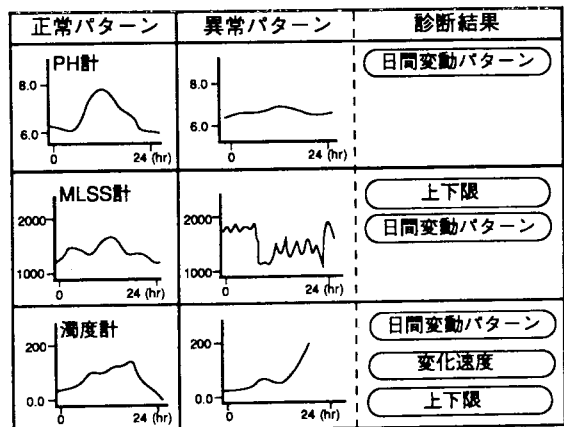


図5. 計測器異常診断結果例

されている。ここで異常と診断されたデータはプロセス異常診断のデータから除いている。

(2) バルキング診断結果の一例

オンラインで計測可能なデータのみでバルキングをシミュレーションした結果の一例を図6と表1に示す。図6のバルキングの可能性とは、推論で実行した複数のルールの確信度から演算しており、1.0に近いほど可能性が大きい。バルキングの可能性は、プロセスデータのみによる推論では変化を示さないが、これに画像計測データを含めて推論するとバルキングの発生・回復を表すことができた。また、表1は図6の①、②、③の地点の状態を推論しガイダンスした例であり、「プロセス診断結果」はバルキングの状態とその要因を、また「対策」は抑制の方法を表している。本シミュレーション結果より、画像計測データを用いた推論がバルキングの検知に有効であることを確認した。

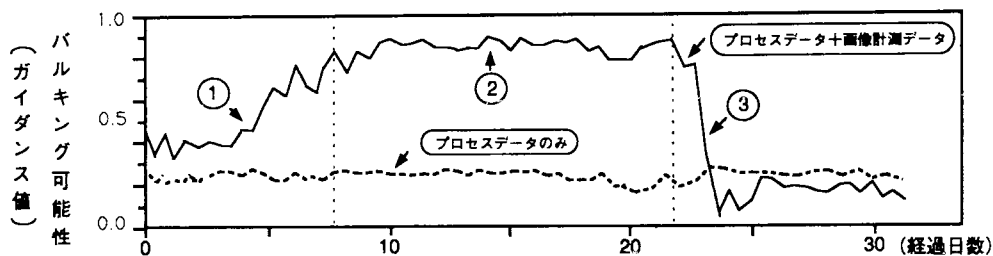


図6. バルキング可能性の推論結果

表1 ガイダンス例

ガイダンス	①	②	③
プロセス診断結果	糸状菌が増えている。 バルキングの兆候がある。	糸状菌の割合が非常に高い。 バルキングが発生。	糸状菌が減少している。 沈降性が回復に向かう。
対策	糸状菌タイプを同定。 空気量を増やす。 (優先種O21Nの抑制法)	余剰汚泥量を増やす。または、 返送汚泥量を増やす。	標準操作量に戻す。

4. 結言

- (1) 微生物画像計測情報、水質計測情報、オペレータの経験則を統合的に利用した運転支援システムを構築し、シミュレーションにより検証した。
- (2) プロセスデータに画像計測データを加えることにより、バルキングを検知でき、オンラインでのバルキング予知の可能性を見出した。

今回、開発したシステムは、シミュレーションにより検証したもので、今後実プラントに適用し、ガイダンス精度並びに知識ベース追加修正の効率化について検討を進める所存である。

【参考文献】

- 1) 渡辺昭二他：下水微生物オンライン画像認識システムの開発，第4回ICA国内ワークショップ論文集(1992)。
- 2) 津村和志他：下水道運転支援エキスパートウィンドウ，第29回下水道研究発表会講演集(1992)。
- 3) 圓佛伊智朗他：ニューラルネット応用による浄水薬注ファジィルールの獲得，第4回ICA国内ワークショップ論文集(1992)。