

II-395 糸状性微生物同定支援システムの開発

京都大学 工学部 学生会員 圓佛伊智朗
 京都大学 工学部 正会員 平岡正勝
 京都大学 工学部 正会員 津村和志

1 序

糸状性バルキングを考える上で、実際に活性汚泥中に出現する糸状性微生物を正確に同定し、その結果を情報として使用することの意義は、これまでの多くの研究により明らかにされている。しかし、糸状性微生物を専門とするオペレーター以外の者にとっては、正確な同定を行うことは容易ではないのが現状である。

近年、知識工学の分野では、高度な専門知識と経験的知識（ヒューリスティクス）がなければ対応できない様な問題を人工知能（AI）を用いて解決しようとする試みがなされている。いわゆるエキスパート・システムの考え方である。今回、オペレーターが活性汚泥の検鏡結果を基に計算機と対話的に応答することで容易に同定が行えるような支援システム（エキスパート・システム）の開発を試みたのでここに報告する。

2 支援システム開発の意義

糸状性バルキングの程度の評価として、糸状性微生物長、体積の計測などが行われているが、これら定量的評価に加えて、糸状性微生物の同定を正確に行うことができれば、定性的評価（例えば、流入下水の質と優先種の関係の把握）も可能となる。正確な同定を行うためには、文献からは得られないような専門家の経験的知識（ヒューリスティクス）の利用が不可欠である。しかし、そのようなヒューリスティクスを持つ熟練した専門家の数は多くなく、また、従来ヒューリスティクスは、専門家から直接指導して貰う以外に得る手段が存在しなかった。従って、専門家と同様な能力を人工知能（AI）として計算機上に再現し、活性汚泥のオペレーターが容易に、しかも正確に糸状性微生物の同定を行えるようにしようというのが本支援システムの発想である。

3 糸状性微生物同定支援システム

本支援システムは、検鏡により得られた糸状体の特徴（Identification Key）のデータに誤りを含んでいたり、欠損がある場合でも、ある程度の柔軟性をもって同定が行えるようにした。同定結果として、糸状性微生物のタイプと共に、その結果の確からしさ、もしくは曖昧さを相対的に示す確信度（CF）を算出するようにした。また、必要であれば検鏡・同定試験方法や同定結果がオペレーターの予想と異なるときに、その理由を示すことができる説明機能なども持たせた。これらは、支援システムに不可欠な機能である。

支援システムの構成は、図1に示すように、大きく分けて知識ベースと推論機構とから成っている。以下、各構成要素について説明する。

同定支援システム

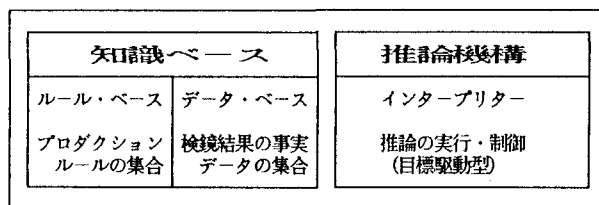


図1 システムの構成

1) 知識ベース～ データ・ベースには、システムとの” 質問-応答” 形式で入力した検鏡結果の事実群が、また、ルール・ベースには、同定基準をルール化したプロダクション・ルールの集合が保持されている。ルール・ベースは、過去に提唱された同定・分類法を検討した上で、それに専門家の経験的知識を加味してまとめたものである。本ルール・ベースは、原則として河野¹⁾の方法に基づいて作成し、一部を Eikelboom²⁾の方法で補うこととした。具体的な手順としては、まず糸状性微生物に関する記述から実際の同定に役立つ特徴(Identification Key)を抽出し、各糸状性微生物の各KEYに確信度(CF)を設定した。これを、「IF ～ THEN …」形式としてルール化したものがプロダクション・ルールである(図2-1、2参照)。1つの糸状性微生物タイプ(結論部)に対して、条件部の組合せの異なるルールを複数個作成したことで、誤り、欠損を含むデータでの同定が可能になっている。本支援システムは、公共下水処理において出現頻度の高い11タイプの糸状性微生物を対象とし、ルール数は35である。

2) 推論機構～ 推論機構は、知識ベース内の知識・事実を使って該当する糸状性微生物のタイプを推論するための制御機構である。推論制御は、実際の検鏡で得た事実群(データ・ベース)と同定基準(ルール・ベース)とのパターンマッチング及びデータ・ベースの更新というサイクルの繰り返しによって行われる。制御方式には、不必要な事実の集積を避け、最小限の” 質問-応答” で効率良く実行するために、仮定した結論(糸状性微生物タイプ)を導くのに必要な事実(検鏡結果)のみを集める目標駆動型を用いた。プログラミング言語としては、リスト処理に最適なLispを使用した。

ルール NO.	属性値	属性	確信度	属性値	属性
(もし NO. 34	(200 隔壁が明瞭)	かつ	(NO. 34 ((200 YES SEPTA)	
(100 幅が太い (>0.9ミクロン)	かつ	(100 YES WIDTH)			
(800 細胞の形が不定形)	かつ	(800 V CELL)			
(100 糸状体は僅かに湾曲)	かつ	(100 S SHAPE)			条件部
(200 鞘が存在する)	かつ	(200 YES SHEATH)			
(500 細胞内粒子が存在)	かつ	(500 YES DEPOSIT)			
(600 粒子は硝黄)	かつ	(600 S DEPOSIT*)			
(200 グラム陰性)	ならば)	(200 NO GRAM)			
(糸状体はTYPE 2-3)		(TYPE 2-3 IDENT)			結論部

図2-1 プロダクション・ルールの原形

図2-2 ルールのLispによる内部表現

このように知識ベースと推論機構とを分離することによって知識ベース内の知識のみを追加・変更・削除することが容易となり、支援システムが対象とする糸状性微生物の種類を増やしたり、新たに得られた経験的知識を有効に生かすことが可能となっている。

4 結び

本支援システムを実際に使用した結果、同定の知識はないが、ある程度検鏡経験のあるオペレーターの場合、専門家の同定結果と67%の割合で一致した。この信頼性は知識ベースの質・量の充実によってさらに向上しうるはずである。

本支援システムは、下水処理知識の体系的集約化の一端を担うものである。

参考文献

- 1) 中村、塚、河野 「下水処理場における糸状性バルキングについて」 下水道協会誌, 22, 252 (1985)、他
- 2) Eikelboom, D.H. " Identification of Filamentous Organisms in Bulking Activated Sludge." Prog. Water Tech., 8, 153 (1977), etc