

○ 京都大学 工学部 正会員 津村 和志
 京都大学 工学部 正会員 平岡 正勝
 住友重機械工業株式会社 中野 淳

活性汚泥法は生物学的プロセスであり、そのため汚泥の顕微鏡画像には、活性汚泥の状態についての情報が豊富に含まれている。ただしむしろは、この情報を読みとれるオペレータの数が少ないこと、また生物に詳しいオペレータがいっても観察に時間を要するため、頻繁には観察できないのが現状である。本研究の目的は、顕微鏡画像から、オペレータにかかわらず、活性汚泥法制御のために必要な種々の情報をとりだす画像処理システムを開発することにある。

取り出す情報 最近、活性汚泥の沈降特性と曝気槽溶存酸素濃度(DO)との関係に対して、Segginら^{(1),(2)}が興味ある仮説を提案した。活性汚泥には2つのタイプの微生物が存在する。1つはズーグレアタイプの微生物で、鉄筋コンクリートのセメント部分に対応するような凝集性のある微生物、もう1つは鉄筋部分にあたる糸状性微生物である。Seggin は、DOが低いときには低DOに強い糸状性微生物が増加しすぎて、コンクリートから鉄筋がはみだしたようなフロックが形成される。このようなフロックは、バルキング状態であり、沈降特性が悪化する。(図1のa) 逆にDOが高くなりすぎると糸状性微生物が存在しなくなり、セメントだけのフロックができる。このフロックは壊れ

やすく、また径が小さいため処理水中に流出し、その結果処理水質を悪化させる。DOが適当であると、セメント部分と鉄筋部分のバランスがよく、強度のある大きいフロックが形成されると考えた。彼らの仮説は、これまでのSphaerotilusバルキングの経験的事実と矛盾しない妥当なものであり、またDO制御の自動化は可能であるが、DOの設定値を11かにすべきかが問題とな、こいる現状であるから、仮説提出の時期も当を得たものである。しかし彼らの方法は、顕微鏡をのぞきながら糸状性微生物の長さを測るため、時間がかかりすぎる。本研究は、これを計算機の画像処理でおこなひ、測定のためのオペレータの作業時間を短縮しようとするものである。

画像処理システムの装置構成

装置構成を図2にまとめる。顕微鏡で拡大された画像は、ビデオカメラで、輝度情報に変換される。カメラユニット部では、これを8ビットのデジタル量に変換し、計算機の求めに応じて情報を送る。計算機では、送られてきた情報を処理し、糸状性微生物部分の長さを測り、結果を出力する。写真撮影装置は原画像を保存するために使われた。

測定方法と結果 測定の手順を説明する前に測定原理について説明しておく。図4は図3のサンプリングライン上の輝度情報とあらわした図である。このように活性汚泥の顕微鏡画像は、その

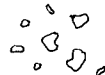
CASE I 「糸状性にバルキング」



CASE II 「正常」



CASE III 「センサインフロー」



1. 糸状性微生物が優勢
2. SVIは高い
3. 沈降圧縮特性が悪い

1. 糸状性微生物とズーグレア型微生物のバランスがとれている
2. SVIは低い

1. 糸状性微生物が少ない
2. SVIは低い
3. フロック径径が小さく分散している

図1. フロックの本構造

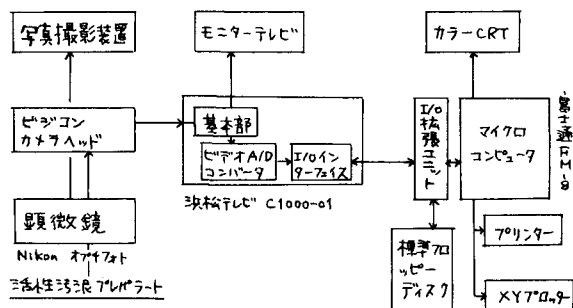


図2. 画像処理システムの装置構成

輝度情報からみると、明るい背景であるバルク部分と、暗いフロック部分、中間的な明るさの糸状性微生物の部分からなる。人間の目は10段階程度の分解能しか持たないため、明るさでこれらの部分を区別することは難しいが、計算機では256段階の分解が可能のため、明るさによる区別が可能になる。そこで糸状性微生物部分の検出と、図4のような上下の限界を決め、この間にある部分を糸状性微生物部分とする。以下計測の手順をあげる。

(1) プレパラートの作成 曝気槽内混合液を採取し、運動性の原生動物の動きを抑えるために中性ホルマリンを加える。次にフロックの破壊がおこなないように攪拌し、吸い口の口径が大きいピペットを使い、試料の一定量を、プレパラート上にとる。希釈はおこなわない。

(2) 顕微鏡の調整 顕微鏡倍率は、4, 10, 20, 40倍のものを比較したが、4倍においても糸状性微生物部分の検出が可能なることから、画像の入力回数少なくても4倍を用いる。接鏡は明視野を用いた。本研究でもちいた計測法は信号の前処理を行なわないので、顕微鏡の焦点・照明・しほりを調整し、コントラストのある明るい原画像を作るようにしなければならない。

(3) カメラユニット部の設定 画像入力の走査線数、積算回数は、種々の組合せでの輝度情報と比較した結果、それぞれ256本、16回とした。この設定は計算機からの指示により決まる。これにより画面は256×256のメッシュに切り分け、各メッシュの輝度情報がえられる。

(4) 計測 まずモニター画面をみながら、バルク、フロック、糸状性微生物を含むラインを、3~5本選り、それぞれのライン上の輝度情報と輝度のヒストグラムから、上下限の域値を決める。次に画面上の一部分を指定し、この指定画面と、この域値によりバルク部分を黒、糸状性微生物部分を青、フロック部分を赤に色分けし、CRT上に表示する。表示された像とモニター上の画像を比較し、域値設定が妥当かどうかをチェックする。不適当であれば、もう1度域値設定をしなす。域値設定が妥当であれば、全画面について、糸状性微生物の画素数を数える。

(5) 長さの算定 このように測定された画素数から、糸状性微生物の長さを算出する。画素数と糸状性微生物の長さとの対応関係は、Sphaerotilusの場合、図5で示めされる。この図縦軸の糸状性微生物長さの測定は、顕微鏡写真上、キルビメータを用いて計測した。

以上の計測を、1プレパラート全体(51画面)についておこなう。単位mlあたりの糸状性微生物の長さを算出する。

本研究では、以上の計算機部分の処理を機械語でおこなっている。これにより、1画面の処理を80秒で行なえるようになった。1プレパラート全体の計測には、1日か、で系2時間を要するが、オペレータの作業時間は、実質的には域値と決定する初期調整の期間15分程度である。

参考文献 (1) Seggin, M., et al.: "A Unified Theory of Filamentous Activated Sludge Bulking." Journal WPCF, 52, 362 (1978) (2) Palm, J. C. et al.: "Relationship between Organic Loading, Dissolved Oxygen Concentration and Sludge" Journal WPCF, 52, 2484 (1980)

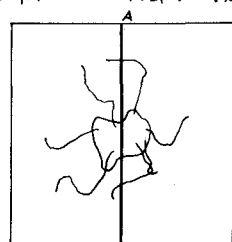


図3 顕微鏡画像の模式図

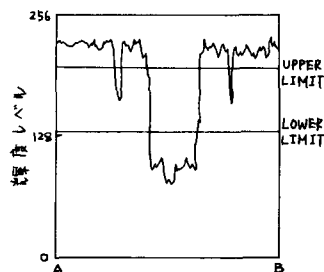


図4 サンプルライン上の輝度

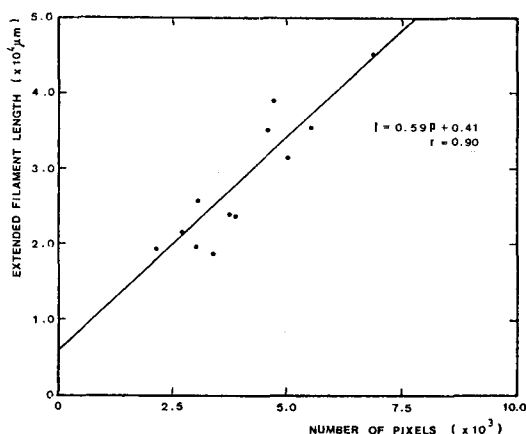


図5 画素数と糸状性微生物長さとの対応関係