

# 活性汚泥フロックの画像処理

伊藤和幸\*、三浦良輔\*、田口清\*\*

\*（株）東芝 重電技術研究所  
東京都府中市東芝町1番地

\*\*（株）東芝 公共システム技術第一部  
東京都港区芝浦1-1-1

## 概 要

コンピュータによる画像処理技術を、下水処理プロセスの水質管理に応用するため、活性汚泥フロックの画像情報を長期のメンテナンス周期で安定して出力できる撮影用プロセス計器の開発を試みてきた。<sup>(1)</sup> 本報告は、試作した活性汚泥フロック画像モニタ装置を実機場に設置し、長期の評価試験を行い、実用計器としての有効性を検討し、得られた活性汚泥フロックの撮影画像を画像処理して、糸状性細菌の抽出の検討を行った結果について報告するものである。

## キ ー ワ ー ド

画像処理、下水処理、活性汚泥フロック、画像モニタ装置、糸状性細菌

### 1. はじめに

画像処理技術を活性汚泥法による下水処理場の運転管理支援に応用するために、撮影用プロセス計器としての活性汚泥フロック画像モニタ装置（以下；画像モニタと略記する）の開発を行っている。既往の研究<sup>(1)</sup>では、一定の周期で活性汚泥フロックの画像情報を、長期のメンテナンス周期で安定して出力できる撮影用プロセス計器としての要件の検討を行い、試作した画像モニタを実機場に設置し、長期の評価試験を行ってきた。本報告は、上記評価試験によって得られた実用計器としての検討結果と、その際に得られた撮影画像から、糸状性細菌を画像処理によって抽出した結果について報告するものである。

### 2. 実験装置

本研究に用いた実験装置の概略を図-1に示す。画像モニタは、水中顕微鏡部分を支持管に固定することによって、空気調製装置、I T V制御装置、シーケンサ等が収納されている制御ボックスと一体化したものである。画像モニタの水中顕微鏡部分を図-2に示す。水中顕微鏡部分は、I T Vカメラと拡大鏡（ $f=20\text{mm}$ 、顕微鏡倍率170倍）が内装するカメラ筒と、ハロゲンランプと暗視野鏡からなる照明筒の間に、上下2枚の窓ガラスに挟まれたスペーサが装着されている。水

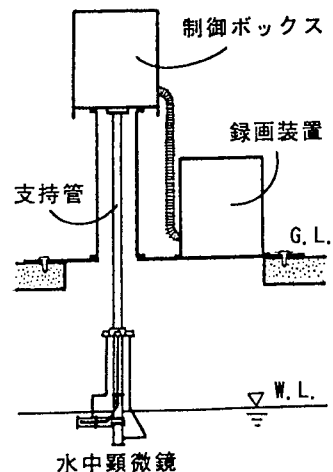


図-1. 実験装置の概略

中顕微鏡のスペーサ部分を図-3に示す。スペーサには図-3で示したような溝が開いており、この溝にスライドガラスが往復運動するように、エアシリンダアクチュエータと連結している。上部の窓ガラスとこのスライドガラスとの間はプレパラートのための0.1~0.2 mm幅のスリットになっている。

### 3. 実験方法

実験は、プレパラートの顕微鏡視界（以下；視界と略記する）に発生してくる「のろ」による汚れを、スライドガラスの往復運動で防止する効果を評価するものである。プロトタイプの画像モニタは某下水理場の曝気槽の汚泥流出渠に据付け、約6ヶ月間以下に記した2つの実験を行った。

〔実験-1〕6月~8月の50日間行った実験で、スライドガラスの動きは図-4(a)で示す往復運動である。2分の周期で始めの5秒間に圧力空気の噴気を1回すると同時にスライドガラスを10回往復させ、次に3回往復動作を行い、その後の1分47秒はスライドガラスをスペーサの溝の奥に静止させる。この50日間は一切の洗浄は行わず、3時間毎に撮影を行い録画装置で収録した。

〔実験-2〕8月~10月の64日間行った実験で、スライドガラスの動きは図-4(b)で示す運動である。1分の周期で始めの15秒間は15回往復させ、次の10秒間では1回0.3秒間圧力空気を噴気し、次の15秒はスライドガラスを43回往復運動をさせながら、スペーサの溝の奥に移動させる。その後の20秒はスライドガラスをスペーサの溝の奥に静止させる。56日目に塩素系漂白剤を注入するまでは〔実験-1〕と同様に、洗浄は行わず、3時間毎に撮影を行い録画装置で収録した。

そして収録した画像は実験室に持ち帰り、視界の汚れ状態を、画像処理により解析し、汚濁指標を算出した。画像解析は録画した画像を32ビットエンジニアリング・ワークステーションに入力し、二値化処理した後、活性汚泥フロック部分の消去処理を行い、下記の式(1)で「汚濁指標」を求めた。

$$\text{汚濁指標 (\%)} = \frac{(\text{全白色画素数}) - (\text{消去フロックの画素数}) \times 100}{(\text{全画素数: } 512 \times 512) - (\text{消去フロックの画素数})} \text{ ----(1)}$$

〔糸状性細菌の抽出〕収録した活性汚泥フロック画像から、バルキングの発生原因ともなりうる「糸状性細菌」の画像処理による抽出を行い、手作業のトレースによる糸状性細菌の抽出結果と比較することによって抽出率の測定を行った。

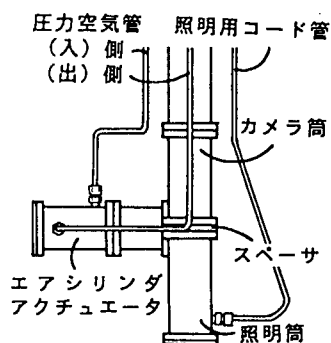


図-2. 水中顕微鏡部分

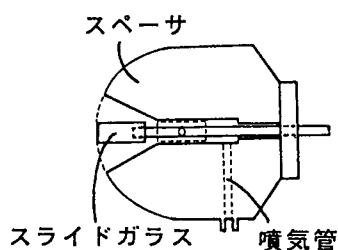


図-3. スペーサ部分

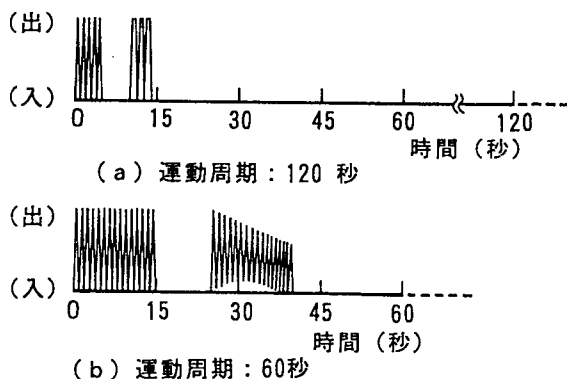


図-4. スライドガラスの往復運動

#### 4. 結 果

〔実験-1〕 図-5(a) に「汚濁指標」の観測結果を示す。20日目頃までは視界の汚れは全く認められなかったが、20日目を越えるあたりから汚れが生じ始め、微細な白点が現れては消え、消えては現れを繰り返していた。「汚濁指標」は、23日目から急激に上昇し（図-5(a) A）、糸状性細菌の画像による抽出に支障を来す2%レベルを越え、以降増減を繰り返しながら急激に進行し、50日目では視界のほとんどを覆うに至った。すなわちメンテナンス周期としては23日間を得た。2分間周期の圧力空気の噴気とスライドガラスの往復運動による本洗浄機構によって、「のろ」の発生防止できなかった。このことから、本実験の噴気とスライドガラスの往復運動による洗浄の強度はまだ弱いものと判断し、スライドガラスの往復運動を頻繁にした次の〔実験-2〕を行なった。

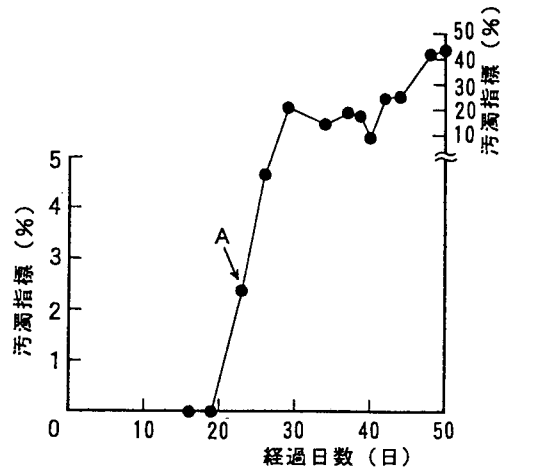
〔実験-2〕 図-5(b) に「汚濁指標」の観測結果を示した。15日目頃までは視界の汚れは全く認められなかったが、その後次第に現れ始め、32日目には0.5%を記録した（図-5(b) B）。これ以降は一進一退で微かな汚れが付き剥がれしていた。

51日目には急上昇し4%を越え（図-5(b) C）、その後数日間減少する傾向を示したが、2%以下にはならなかった。そこで56日目に塩素系漂白剤で洗浄したところ、初期の状態には戻らなかったが、画像処理のできるレベルまでは回復した（図-5(b) D）。すなわちメンテナンス周期として50日間を得た。

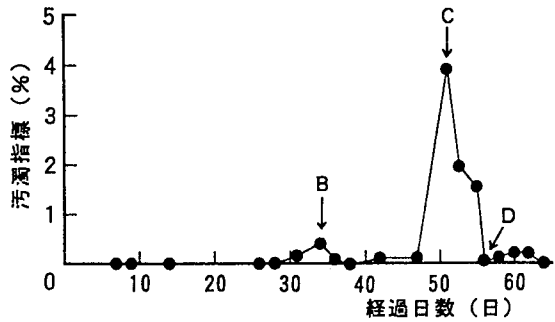
〔糸状性細菌の抽出〕 糸状性細菌の抽出を行った際の画像処理フローを図-6に、原画像と抽出結果画像を図-7の(a), (b) に示す。図-7(b) によって得られた糸状性細菌の抽出結果と、図-8に示した手作業で行った糸状性細菌のトレース結果を比較した結果、画像処理による糸状性細菌の抽出率として85%を得た。

#### 5. 考 察

〔実験-1〕 と 〔実験-2〕 の主な差異は、スライドガラスの往復運動回数である。前者が真夏の7月で、スライドガラスの往復運動が2分間に13回、後者が8～9月の晩夏で、1分間に58回であった。共に夏期であり、水温等には大きな違いは無かった。とくに後者が前者



(a) 〔実験-1〕



(b) 〔実験-2〕

図-5. 汚濁指標の経時変化

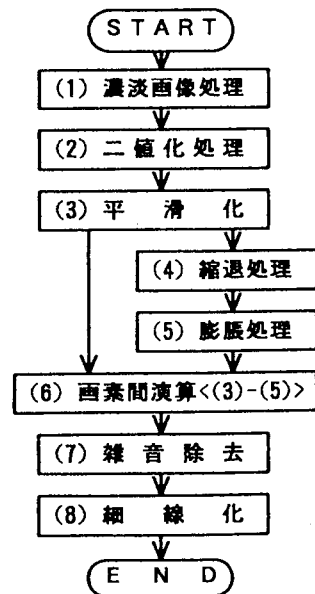
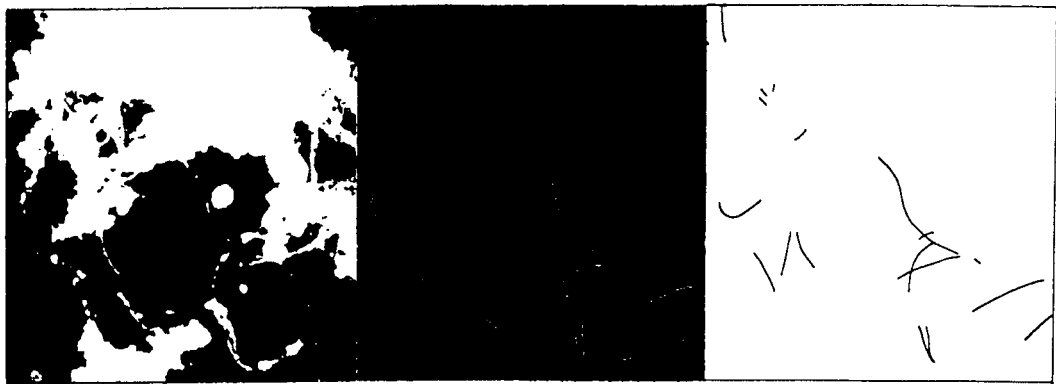


図-6. 画像処理フロー



(a) 原画像 (b) 抽出結果画像

図-7. 画像処理による糸状性細菌の抽出  
(顕微鏡倍率;170倍, 画素数;512×512)

図-8. 手作業のトレースによる  
糸状性細菌の抽出画像

の9倍ものスライドガラスの往復運動回数を有しており、このことがメンテナンス周期を2倍の50日間とした主な要因と考えて良いであろう。

〔実験-2〕で56日目に漂白剤洗浄をした。この塩素系漂白剤が有効であるが、これでも除去できない「汚れ」が残っていることが図-5(b)から分かる。この「汚れ」の消長について今後検討していく予定であるが、56日ではなくもっと早い時期、たとえば30日毎に洗浄を行えば、より長期にわたって、画像処理可能な「汚れ」の無い綺麗な活性汚泥フロック画像を連続して撮影できるようになるものと思われる。

〔糸状性細菌の抽出〕画像処理によって撮影画像から糸状性細菌を抽出するうえで特に注意を要したのは、入力した原画像の濃淡画像処理と、二値化処理の際のしきい値の決定であった。共に検体である活性汚泥フロックと、背景とのコントラストの設定が、画像処理結果に大きな影響を与えてくるということを示唆している。このことはハード面からみた場合でも、画像モニタがいかにかコントラストが明瞭な活性汚泥フロック画像を、安定して出力し続けられるかということに関わってくる。いずれにせよ「汚れ」の消長が撮影用プロセス計器としての最重要課題であるといえよう。

## 6. 結 論

プレバートを形成するスライドガラスを頻繁に往復運動させ、活性汚泥フロックを封入すると同時に、水中顕微鏡の視界の「汚れ」を防止する画像モニタを試作し、実際の下水処理場で自動運転を行った結果、(1)メンテナンス周期として50日間、を達成し、(2)塩素系漂白剤による洗浄によってこの50日をさらに長期化できる可能性、を見出すことができた。また、(3)その際に得られた活性汚泥フロックの撮影画像に対して画像処理を行った結果、糸状性細菌として抽出率85%を得たことから、下水処理場の運転管理支援に適用できる可能性を見出した。

## 7. 参考文献

- (1) 三浦、他「活性汚泥の画像処理に関する一考察」、第30回下水道研究発表会講演集、p54、(1993)
- (2) 三浦、他「汚泥生物画像モニタの自動化」、第31回下水道研究発表会講演集、(1994)