

# 菌体に活性汚泥を利用した有機物負荷量計の実用化検討

## Application of BOD biosensor using activated sludge for the measurement of organic loading

○古屋勇治<sup>1</sup>, 中山敬<sup>2</sup>, 林隆造<sup>3</sup>, 中林昭<sup>4</sup>, 田中良春<sup>1</sup>

<sup>1</sup>富士電機アドバンステクノロジー(株), <sup>2</sup>富士電機システムズ(株), <sup>3</sup>王子計測機器(株), <sup>4</sup>月島機械(株)

○Yuji Furuya<sup>1</sup>, Takashi Nakayama<sup>2</sup>, Ryuzou Hayashi<sup>3</sup>, Akira Nakabayashi<sup>4</sup>, Yoshiharu Tanaka<sup>1</sup>

<sup>1</sup>FujiElectric Advanced Technology Co., Ltd, <sup>2</sup>FujiElectric Systems Co., Ltd,

<sup>3</sup>Osi Scientific Instruments Co., Ltd, <sup>4</sup>Tukisima Kikai Co., Ltd

### Abstract

Aeration energy in the activated sludge process occupies a large ratio in a whole energy consumption of a sewage treatment plant. Airflow rate to aeration tank is usually controlled using influent flow rate or DO value in the reactor as an index. If aeration is controlled using organic loading to aeration tank, aeration energy will possibly be reduced further. We examined the applicability of a BOD biosensor which use activated sludge as microorganism to metabolize organic content in sewage influent for the measurement of organic loading, and succeeded to measure the soluble organic material.

**Key Words :** Biosensor, Activated sludge, Organic loading, Aeration control, Airflow

### 1. はじめに

曝気のための消費電力は、下水処理場のエネルギー消費の中でも大きな割合を占めている。現状、活性汚泥法を用いている下水処理場では、反応槽の送風量は流入水量もしくは反応槽のDO値を指標にして制御を行っている。しかし、最終的には運転管理者の経験則によって調整を行っている場合が多く、流入負荷量に応じたきめ細かな送風量の制御が出来れば、曝気のための消費電力量を削減し、処理施設全体の省エネにつながる可能性がある。これまでも流入有機物の計測装置として、バイオリアクターを利用したBOD連続測定計<sup>1)</sup>やJIS法によるBOD計<sup>2),3)</sup>が検討されてきた。本研究では、最初沈殿池越流水の水質および水量より算出した負荷量を用いて送風量の制御を行うために、流入有機物をリアルタイムに計測する装置として活性汚泥微生物を利用した有機物負荷量計(バイオセンサ)の利用を考え、その実用化を検討した。

### 2. 有機物負荷量計概要

#### 2-1 活性汚泥微生物膜の導入

呼吸活性検知型有機物負荷量計は、雑食性の酵母であるトリコスポロンを多孔性膜に固定化して有機物を測定する方式が主流である。しかしながら、トリコスポロンと活性汚泥微生物とでは、基質に対する酸素消費量が異なることが確認されている。本研究では下水処理場の流入有機物で増殖している反応槽内の活性汚泥微生物を多孔性膜に固定化した有機物負荷量計を用いて、活性汚泥が消費する溶

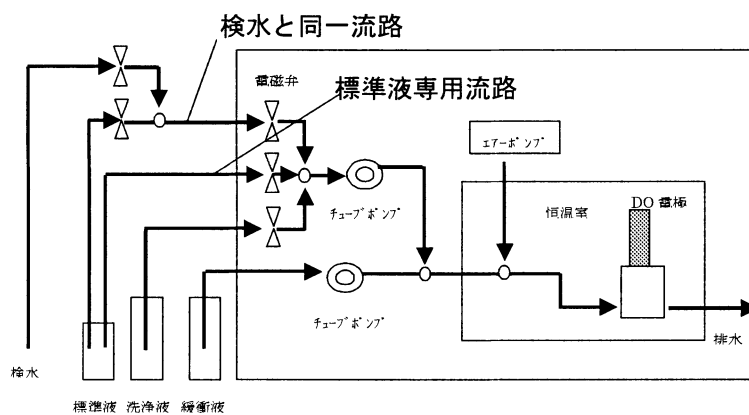


Fig.1 有機物負荷量計の流路

存酸素をもとに負荷変動を計測した。

有機物負荷量計は王子計測機器社製「BF-2000」を用いた。なお、本装置は工場排水の監視等での実績はあるが、公共の下水処理施設での実績は無く、下水処理場施設内に設置して連続測定する仕様とはなっていない。従って、実現場での連続運転に耐えるように、試薬タンク、サンプリングユニットの改良を行い実験に用いた。

## 2-2 流路およびタイムチャート

Fig.1 に示すように有機物負荷量計には、検水、標準液、洗浄液のラインがあり常に緩衝液と一定の割合で混合される。混合液はエアポンプで曝気され、多孔性膜と一体となったDO電極に送られる。DO電極は、有機物を含む標準液および検水が膜表面に到達すると、多孔性膜内の微生物により溶存酸素が消費されDO値の低下が計測される。このDO値の低下割合から有機物量を算出する。

有機物負荷量計の1回の測定時間は、任意に設定可能であるが、検水の汚れ具合、メンテナンス周期、各溶液の消費量を考慮して60分とした。この設定により連続測定に対し使用する試薬類の交換は、1ヶ月に1回となる。特に消費量が多い緩衝液は、20Lを用意することで十分に1ヶ月間の測定が可能となる。Fig.2 に示すタイムチャートに従い、洗浄液が流されたあと、5分間の標準液の供給、校正、15分間の洗浄後、5分間の検水の供給、測定が行われる。

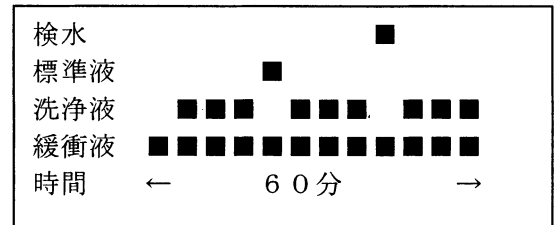


Fig. 2 タイムチャート

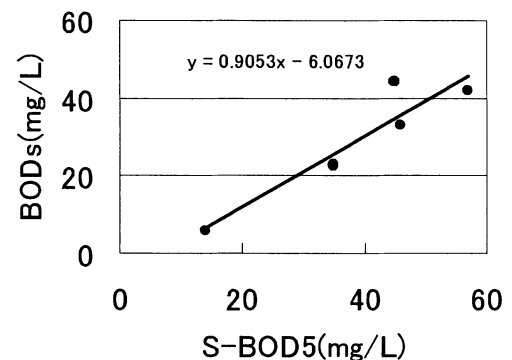


Fig. 3 反応槽1槽目の有機物濃度比較

## 3 反応槽内の有機物濃度の比較

流入水の測定に先立ち有機物濃度が異なる反応槽内の混合液の測定を行った。活性汚泥混合液をサンプリング後、遠心分離機で3000rpm、5分間の固液分離を行い、その上澄み液を試料とした。同一の反応槽からサンプリングした活性汚泥を多孔性膜に固定化した有機物負荷量計とBOD5との分析結果を比較した。標準活性汚泥処理を行っている処理場で、1系列は隔壁によって4槽に隔てられている。その反応槽の1槽目の有機物との比較をFig.3に示す。比較的BOD5の濃度が高い1槽目の試料では、有機物負荷量計の計測値（以後BODsと表記する）とBOD5の値はほぼ直線関係にある。また、有機物濃度が低い4槽目の有機物との比較では（Fig.4）BOD5は値の範囲が広く、BODsの値は0.8~1.4mg/L以下と狭い値の範囲となった。これは、同じ活性汚泥を利用していても有機物酸化に要する時間の違いにより差が出たと考えられる。

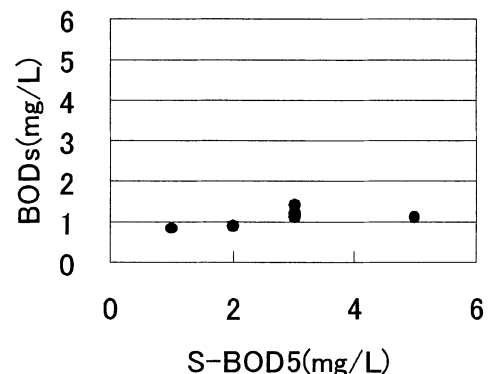


Fig. 4 反応槽4槽目の有機物濃度比較

## 4 連続測定実験

連続測定型に改良した有機物負荷量計を下水処理場の最初沈殿池越流水流路に設置し、連続運転・測定を試みた。試料は、初沈越流水流路に設置した銅製メッシュトレーナ（1mm）を通してサンプリングポンプで採水し、1時間に1回の計測を行った。

#### 4-1 試薬タンク、サンプリングユニットの改良

有機物負荷量計はグルコース/グルタミン酸標準溶液にて校正し、作成した検量線より流入有機物濃度を求める。標準液の流路は (Fig.1), 検水と同一流路のほか標準液専用の流路がある。これは、双方の流路における標準液のDO計出力を比較することによって、検水ライン途中のスライムの付着による測定値のズレを検出するためである。

Fig.5 に検水流路および標準液専用流路双方のDO計出力を示す。「◆標準液 SPLINT」は検水と同一流路のDO計出力, 「×標準液 STDINT」は標準液専用流路のDO計出力を示す。Fig.5 に①で示した領域では、標準液 SPLINT の値は標準液 STDINT の値よりも小さくなっている。これは、検水の配管内に生物性の汚れが付着し、流路内での資化が原因で、標準液で安定した測定値を得ることが出来なかったためと考えられる。そこで、11月16日に配管を2/4mmφ銅管に変更し、洗浄液をpH=7.0からpH=9.5のアルカリ性に変更したことで、Fig.5 に②で示したとおり、標準液 SPLINT の値と標準液 STDINT の値とは、ほぼ同一の値を示すようになり、標準液で安定した測定値を得ることを確認した。

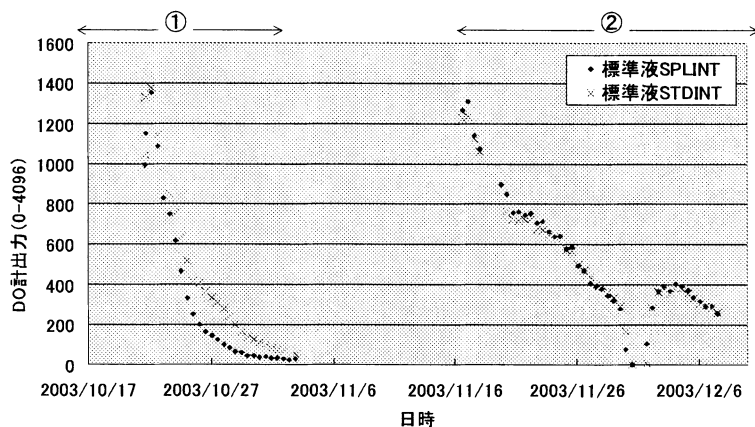


Fig.5 標準液に対するDO計応答

#### 4-2 連続測定実験結果

有機物負荷量計を下水処理場の最初沈殿池越流水水路脇に設置して、水路からの採水、測定を行った。2003年10月7日~2004年3月1日までのBODsの連続実験データをFig.6に示す。Fig.6中の「◆」は試料水と交互で測定している濃度100mg/Lの標準液に対するBODsを示す。この標準液での測定値が100mg/Lであれば、測定は安定して行われている事を示す。2003年11月中旬までは、前述の検水配管内に生物性の汚れが付着していたため、標準液での測定値が安定しなかった。11月16日に配管の材質変更および洗浄成分の変更によって、生物性の汚れを防ぐことが可能になり、標準液での測定値は100mg/L前後で安定し、最初沈殿池越流水のBODsの測定を行えるようになった。

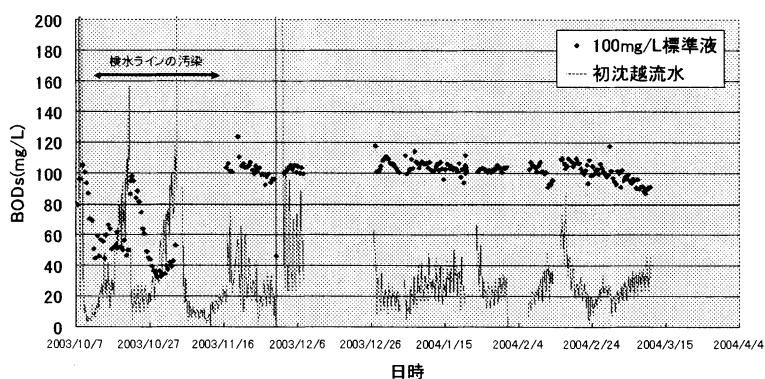


Fig.6 連続実験データ

次に連続測定の結果として、2003年11月16日以降の期間毎のBODs時刻平均値をFig.7に示す。期間によってBODsの絶対値に差は見られるが、全体として午前10時前後に一日におけるBODs値の最小値、午後16時前後に最大値を記録する傾向が見られ、有機物負荷量計によるBODsの値が、最初沈殿池越流水の負荷変動をとらえていることが確認された。

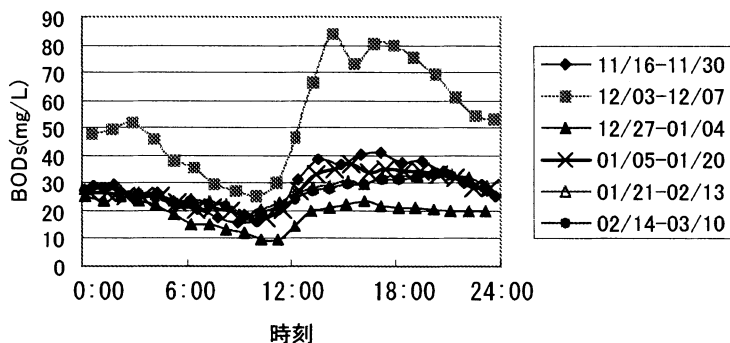


Fig.7 期間毎のBODs時刻平均値

4-3 手分析値との比較

2004年2月17日～2004年2月19日に最初沈殿池越流水を採水し、下水試験方法に従い、Total-BOD (T-BOD)、溶解性BOD (S-BOD) の分析を行った。溶解性試料は、1 μm のガラス繊維ろ紙によるろ液を分析した。各日の分析結果と有機物負荷量計によるBODsの値を Fig.8～Fig.10 に示す。全体としてBODsの値は、T-BODやS-BOD よりも低い値を示している。

これは、有機物負荷量計の活性汚泥膜と検水の接触時間が約5分と短いため、手分析の場合と比較して反応する有機物が少ないためと考えられる。

また、上記手分析値と有機物負荷量計による測定値 (BODs) の相関を Fig.11～Fig.12 に示す。BODs とT-BODおよびS-BODとの相関係数はそれぞれ 0.75, 0.77 と比較的良好な相関の可能性を示した。ただし、今回の実験では広範囲 (とくに高濃度方向) のデータを取得出来ておらず、本データだけで相関があると判断することは出来ない。今後、流入負荷が高くなる時期にあらためて本実験を行った上で、BODs と手分析値との相関を確認する予定である。

5. まとめ

今回の研究で有機物負荷量計の下水処理場での連続運転、トリコスポン膜に代わる活性汚泥膜の利用、および最初沈殿池越流水の有機物負荷変動をBODsの経時変化として確認できた。今後、下水処理場の流入水量、返流水量の経時変化および返流水の水質などや運転データと共に、反応槽送風量の最適な制御手法について検討していく。

2004年2月17日

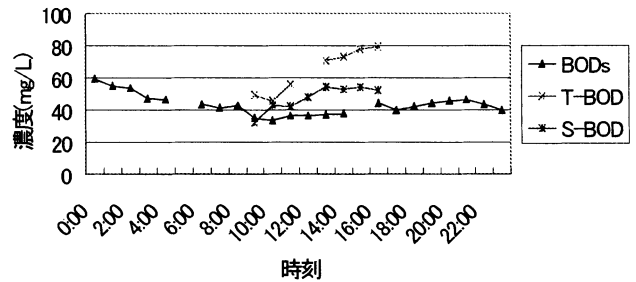


Fig. 8 有機物負荷量計測定値の経時変化

2004年2月18日

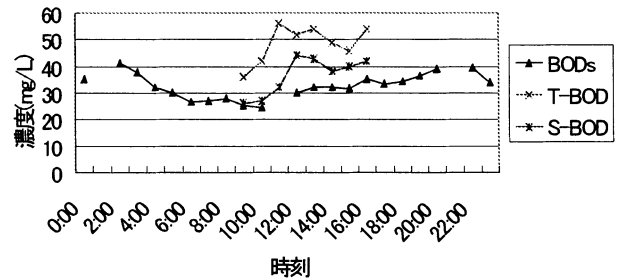


Fig. 9 有機物負荷量計測定値の経時変化

2004年2月19日

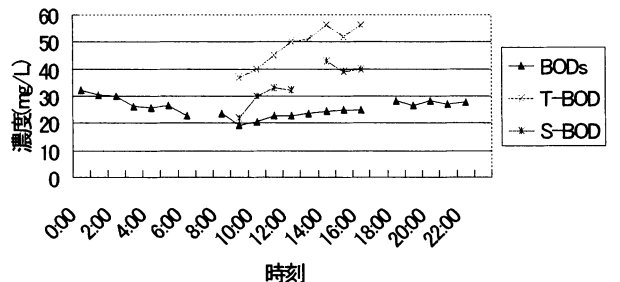


Fig. 10 有機物負荷量計測定値の経時変化

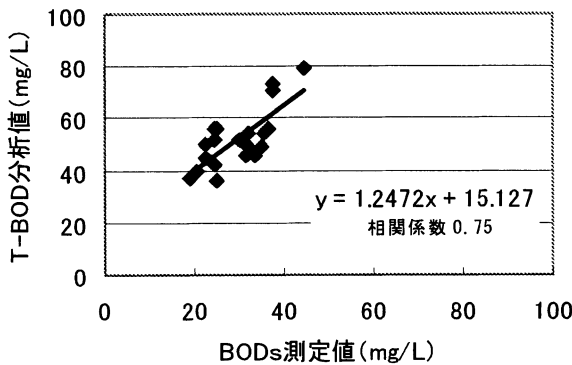


Fig. 11 有機物負荷量計測定値と手分析の相関関係

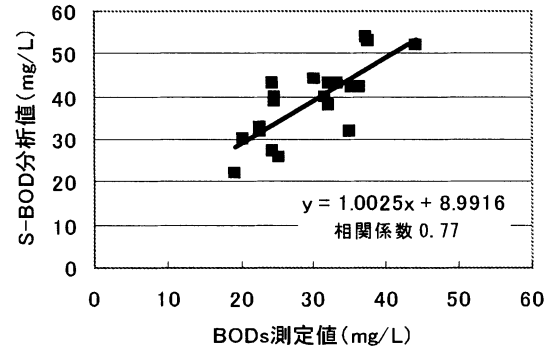


Fig. 12 有機物負荷量計測定値と手分析の相関関係

【参考文献】 1) 浅野利博：第31回下水道研究発表会議演集 (1994), 710  
 2) 長塩尚之也：EICA 第2巻第2号 (1997), 27  
 3) 磯部健介他：第30回下水道研究発表会講演集 (1993), 741