

# エアレーションタンク(標準活性汚泥法)のDO制御

日本下水道事業団 ○小沼 敬一 久保 二郎 桑山 明夫

## I はじめに

下水処理場施設の自動制御により、省エネ、人力の省力化、処理機能の安定化などを図る目的をもって一部施設の実用化、また、これらに使用する計測機器等の開発が進められている。このうち、もっとも多く実用化、あるいは、試行がなされているのがエアレーションタンクのMLDO制御である。

日本下水道事業団では、MLDO制御についての基本的事項と実施する際の留意事項を明らかにするために、稼働中の実施施設について調査を行い、標準活性汚泥法のエアレーションタンクのMLDO制御と送風機・散気装置の基本的事項について、ある程度の知見が得られたので、ここに報告するものである。

## II MLDO制御の目的

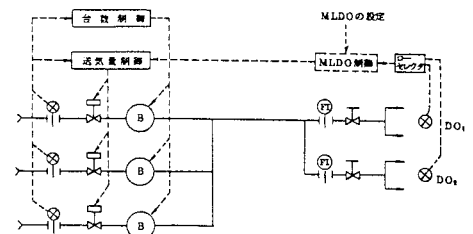
エアレーションタンクへの送気は、生物反応に必要な酸素を供給するとともに、タンク内を攪拌することを目的としている。これに要する送風機の消費電力量は処理場全体の40～50%を占め、この削減を図ることが維持管理上の課題となっている。

送風量の制御は、従来、一定量送気、あるいは、流入水量を考慮した台数による制御で行われ、送気量を削減するため運転方法の改善などが行われている。しかし、これらの手動による制御では、エアレーションタンク内で必要とする酸素量に応じて、適当な送気量を制御することは困難であり、必要量以上あるいは以下の運転となり易い。MLDO制御は、エアレーションタンク内に設置したDOセンサーにより、酸素供給に過不足が生じないよう送気量を制御する方式であり、本方式は、必要とする酸素量に応じた必要最小限の送気量で運転し、消費電力量の削減を図ることを主目的とする。

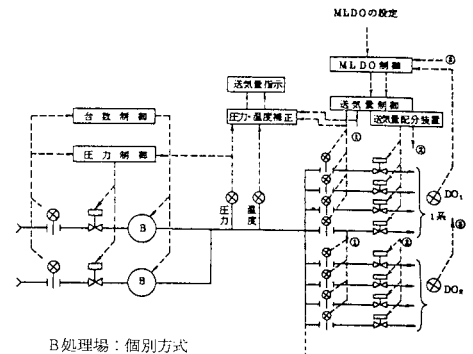
## III 調査した処理場の概要

MLDO制御に関する実態調査は、2ヶ所の処理場で実施した。調査対象とした処理場は、家庭排水を主とする一般下水を標準活性汚泥法により処理している。その特徴は、A処理場の場合、流入下水水量の変動が少なく、硝化反応を抑制した運転を行っている。B処理場は、流入下水水量の変動が大きく、団地下水の処理場と同様に、時間最大水量と日平均水量の比(変動比)が2倍以上あった。エアレーションタンクでは硝化反応が発生していた。

A処理場は、2系列のエアレーションタンク(1系列6池構成)で運転、MLDO制御は2系列のそれぞれに設置されているDOセンサーのうち、低い値を示すセンサーにより送風機(多段ターボブロワー70 $m^3$ /分・120kW・1台)の吸込弁で送気量を制御する方式である。B処理場は、1系列のエアレーションタンク(1系列4池構成)で運転、MLDO制御は1台のDOセンサーの指示値により、4池の分岐弁で各々に送気量を配分、送風機は(多段ターボブロワー210 $m^3$ /分・360kW・1台)は吐出圧を一定に保つよ



A処理場：代表タンク方式



B処理場：個別方式

図-1 各処理場の計装ブロック図

りに吸込弁を制御する方式である。両処理場のMLDOの制御の計装ブロック図を図-1に示す。

#### IV MLDO制御調査概要

実態調査は、エアレーションタンクの運転条件を定めた後、約一週間、一定の条件により定常運転を行い、その最終日、2時間ごとの測定、および、サンプリングを24時間連続で実施した。この24時間調査の結果を各設定条件におけるデータとした。

実態調査の概要を表-1に示す。

制御方法	DO一定、流入水量比例、風量一定
制御システム	フィードバック、フィードフォワード
制御点	流出側、中央部
DO設定値	流出水のDO濃度 2.0 ~ 0.4 mg/l
エアレーション	均一エアレーション（一部ターバード）
処理方式	標準活性汚泥法
	A : MLSS一定
	B : 汚泥返送比一定

表-1 調査概要

#### V 調査の成果

##### 1 MLDO設定値

両処理場の過去の運転データから、エアレーションタンクの流出水のDOが2.0 mg/l以下であっても、処理水は放流基準に適合することが明らかとなっていた。したがって、送風量をおさえ、省エネルギーを図る目的のうえから、流出水のDO設定値は、エアレーションタンク出口でのMLDOを2.0 ~ 0.4 mg/lに設定した。処理水の水质は、どのMLDO設定値でも、放流基準に適合していた。MLDO設定値と処理水質の関係を図-2に示す。

SSについては、今回の実験の範囲では、特別な傾向を見出すことはできなかった。

DO設定値とBODの関係については、両処理場とも、DO設定値を低くするに従い放流水のBOD値は上昇する。この傾向は、硝化反応抑制型のA処理場、促進型のB処理場のいずれについても同じ傾向を示した。

図-3は、B処理場の処理水のBODについて、N-BODをパラメータとして、BOD<sub>5</sub>とATU-BODをプロットしたものである。この図から、エアレーションタンク内で硝化が起きている調査中の状況では、ATU-BODはどの設定値においても恒に一定の値を示し、恒に限界値まで処理が行われたことを示している。BOD<sub>5</sub>の変化は、N-BODに起因することが判り、設定値が低いほどN-BODが高く硝化が不十分となり、MLDO設定値が一定値以下ではアンモニアの硝化率が低下する傾向にあると言える。

次に設定値と送気量の関係を求めた。散気装置は、A処理場が微細気泡型、B処理場が粗大気泡型を使用している。実験データから、それぞれの散気装置の総括酸素移動効率と送気量の関係を求め、r<sub>r</sub>に変化がないと仮定して、MLDO 2.0 mg/l、1.5 mg/l、1.0 mg/lの場合の送気量の削減割合を試算した。2.0 mg/lの送気量を基準として

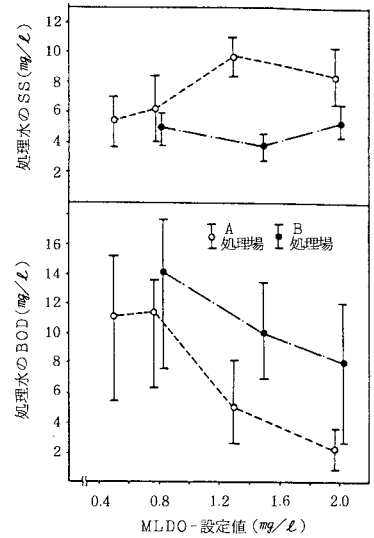


図-2 処理水質の平均と変化

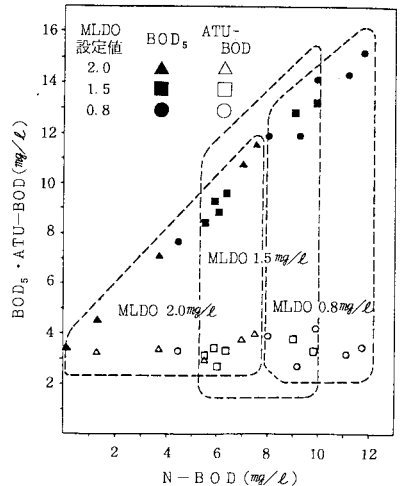


図-3 処理水BODの内訳

- (1) A処理場の場合：1.5 mg/ℓで0.90倍、1.0 mg/ℓで0.81倍となった
- (2) B処理場の場合：1.5 mg/ℓで0.95倍、1.0 mg/ℓで0.91倍となった。

上記の結果から、送気量の削減を目的としてのMLDO設定値は、処理水質が法で定められた基準を安定して守ることができる範囲で低くすることが望ましい。また、処理水のBODを下げ、硝化率を高める目的の場合には、MLDO設定値はある程度高くする必要がある。

## 2 制 御 点

標準活性汚泥法におけるDO制御の制御点は、エアレーションタンク内のどの場所とするのが良いかを知るため、流出側（A処理場では第6池、B処理場では第4池）と中央部（A処理場では第4池、B処理場では第2池の下流端）に変更し、制御の効果、MLDOの分布などを調査した。

A処理場の事例として、制御点のDOを0.8 mg/ℓとした場合のエアレーションタンク内のMLDO分布を図-4に示す。変動比（時間最大流量/時間平均流量）が1.2と低い流入条件のエアレーションタンクでも、制御点が中央部に設定した場合、流出水のDOは1.2～2.3 mg/ℓと変動し、流出側を選定した場合に比べ約4倍の変動幅となった。

B処理場の事例として、制御点のDOを1.5および1.0 mg/ℓと設定した事例を図-5に示す。流入水量の変動比が2倍以上あり、制御点を中央部とした場合、流出水のMLDO値1.5 mg/ℓの目標に対し、その値は0.9～7.2 mg/ℓの範囲で変動し、変動幅は流出側を制御点とした場合に比べ9倍となった。

MLDO分布の調査から次のことが判った。

(1) 制御点が流出側の場合、流出水のDOを安定して制御できる。制御点が中央の場合、DOの変動が大きくなる、これは制御点から下流側の必要酸素量に送気量が対応していないことによるものと考えられる。負荷変動によって、流出水のDOが変動するため目標DO値より極端に低下しないようにする必要がある。したがって、制御点が中央部の場合、設定値を低くしても、流出水の平均DOを高く運転する結果となった。

(2) B処理場のBOD負荷変動が最大と最小の比が6:1と大きな条件で、流出側を制御点として流出水のDOを安定して制御することができた。これは負荷変動が流入量の変動にほぼ対応していた場合、タンク内の流下速度が変化して、センサーを通過する混合液の基質除去の程度が即応して変動する。したがって、制御点が下流側であっても負荷の変動を早期に感知できるものと考えられ、送気量の制御をわずかの時間遅れで対応することができる。

(3) 混合液のDO変動は、流出側がもっとも大きくかつ高い値を示し、センサーによる感知が容易である。このような理由から、制御点は流出側（流出端よりやや上流）とすることが望ましい。ただし、極端な濃度や

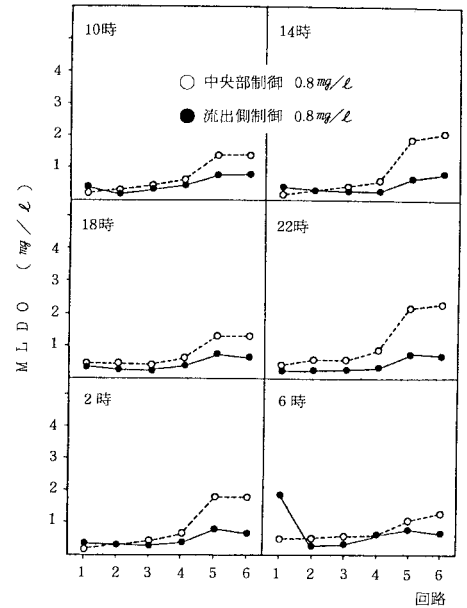


図-4 MLDO分布（A処理場）

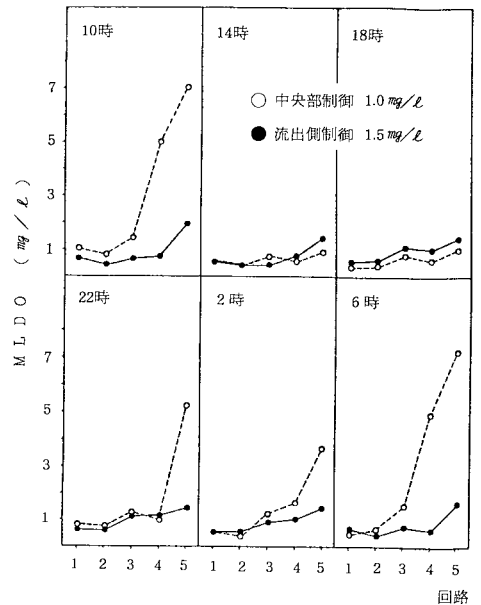


図-5 MLDO分布（B処理場）

水量の変動があり、送気量の対応が遅れ処理水質が悪化する場合は、制御点を上流側に移動し送気量の対応をより早くすることが必要である。

### 3 MLD O制御の消費電力削減効果

実験データをもとに、一定送気量および2段階の一定送気量の制御時における流出水のDO変化を設定値 $0.8 \text{ mg/l}$ を例として、試算しこの結果を図-6に示す。

制御による流出水のDOの変動は、比較的小さいが、2種類の定量送気は変動している。DOが高くなっている時間帯は必要以上の送気量で運転されていることを示している。MLDO制御時の送気量・消費電力量について、試算の結果を比較すると、一定送気の場合、送気量で $0.81$ 、消費電力で $0.87$ 、二段階送気の場合、送気量で $0.93$ 、消費電力で $0.95$ の削減量となった。

## M MODO制御導入にあたっての留意点

### 1 制御方式

制御点は流出側、フィードバック制御を行った結果は次のとおり

① 負荷変動が大きいB処理場でも流出水のDOは安定していた。

② BOD負荷の増加に対し、送気量はわずかの時間遅れで対応している。送気量のピークは、BOD負荷のピークとはほぼ滞流時間遅れで対応している。また、送気量の変動比は、流入水量およびBOD負荷の変動に比べて小さくなっている。

これらの結果は、制御点が流出側であっても負荷の変動を早期に感知できること、BOD負荷と酸素必要量との変動に時間的ずれが生ずること、および、BOD負荷の変動がタンク内で緩和されることなどの理由によるものと考えられる。したがって、極端な濃度および水量の変動がある場合を除いて、一般の処理場では、特別な負荷変動を加味した制御でなく、流出側のフィードバック方式で制御できると考えられる。

### 2 複数系列のエアレーションタンクのMLDO制御について

従来、複数のエアレーションタンクを制御する場合、このうち一系列を代表タンクとし、このタンクのセンサーにより、全系列の送気量を制御する方式がとられる。A処理場における代表タンク方式の事例では、代表タンクの流出水のDOは安定しているのに比べ、他の系列のDOは常に高い値で変動していた。これは、流入水量、送気量、返送汚泥量等の配分の不均衡によるものと考えられ、制御の効果を損なう。

MLDO制御を導入し効果の良い運転をするには、各系列の負荷条件を均等にするため、施設の配置ならびに設備の調節を行うことが必要となる。また、系列数が多い場合は均等化を保つことが困難なため、制御回路の細分化を考慮する。

### 3 送風機および散気装置

4ヶ所の処理場における送風機および散気装置の実態調査結果の概要を述べる。

① 送風機については、ターボ型は定格運転の効率に優れ、ルーン型は制御性に優れている。送風機の選定にあたっては、台数、機種、容量などに留意する。

② 散気設備の酸素移動効率の良いものは、MLDO制御の消費電力の削減効果が大きい

MLDO制御に使用する機器は効率に優れ、制御性の良いものを選定するとともに、容易な維持管理で安定した性能を維持できるものが望ましい。

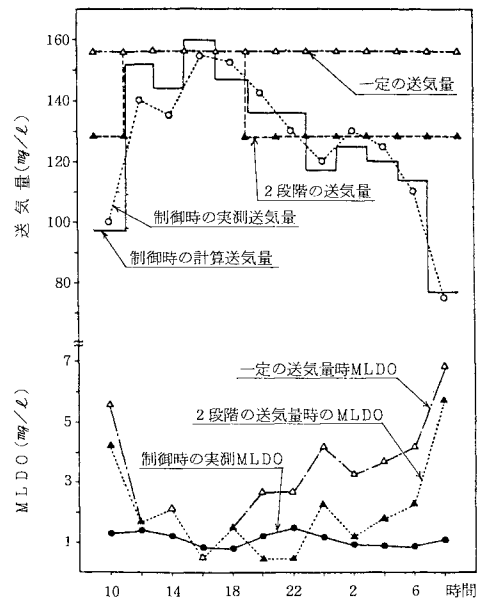


図-6 送気量とMLDOの経時変化