

[41] 下水処理施設における自動制御システム

住原インフィルコ(株) 第2技術部 ○日野沢 敏克

1 緒 言

下水処理施設に自動制御システムをとり入れることにより処理水の向上はもとより、人員の省力化、維持費の低減を図ることは今日重要な設計課題の一つである。ことに最近の燃料、動力費の著しい高騰は維持管理側への相当な圧迫となつている。いまや活性汚泥法は下 wastewater 処理施設のほとんどで採用されており、エアレーションタンクの運転管理が水質、維持費ともに最も重要な影響を及ぼす。このようなエアレーションタンクの運転管理を様々な見地から考慮した施設として釧路市古川終末処理場の事例を紹介する。

昭和54年3月より高級処理を開始した古川終末処理場ではエアレーションタンクに様々な計測・制御装置を設置した。先ず水質の計測監視として水温、PH、MLSS及び返送汚泥濃度の連続記録、又自動制御システムとしては返送汚泥の返送比一定制御、及び溶存酸素濃度(以下DOと略)一定制御等を設けた。これら水質の計測監視により管理者が総合的な判断を下し、自動制御システムを一層有利なものにしようとして試みたものである。本報告では特にDO一定制御について述べる。従来よりエアレーションタンク内のDO濃度を最適な値に制御することは、過曝気又は曝気不足による処理水の質的变化、これに伴う送風機電力の無駄を解消すること等で非常に有利な手段であるといわれ、DO一定制御の実験については幾つかの報告がなされている。しかし実装置に納入し稼動しているのは数少ないと思われるので、プラント設計上の立場よりこれを報告したい。

注：DO一定制御の補助制御として主管内空気圧一定制御を行なつたのでこれも併せて報告する。

2 設計条件

釧路市は全国有数の水産基地であり、加工能力としては全国の10%に当り水産加工工場が市中に混在している。従つて本処理場には、一般都市下水と水産排水の混合下水が流入する。加工場集中地区のポンプ場が完成すれば水量で14%、BOD負荷で45%を占有すると予想された。季節的ピーク、時間的ピークと変動も大きく、活性汚泥の要であるエアレーションタンクの設計については格別の配慮が必要とされた。又季節的ピークとなる冬期間は流入下水温度も6~7℃と低下し生物処理限界に達している。従つて従来の流入水量による空気倍率一定制御といった方式では安定した処理運転を行なうことは非常に困難である。以上のような前提条件のもとでDO一定制御が採用されたのである。表-1に設計条件値、表-2にエアレーション設備の概要を示す。

表-1に示すように時間最小と時間最大の比率が流入水量で約4.5倍、BOD濃度で約5.5倍、BOD負荷量では約2.5倍にもなる。しかも午前8~9時の間に急激に時間最大に到達しこの値が午後6時頃迄続きその後急に時間最少になるとのことであつた。この突変現象がDO一定制御を行なう上でも重要な問題となつた。

又、表-2から旋回流方式となつている為エアレーションタンクは典型的な押し出し流れとなつている。

表-1 設計条件値

| | 日平均 | 日最大 | 時間最少 | 時間最大 |
|------------------------|--------|---------|-------|---------|
| 流入水量 m ³ /日 | 12,030 | 26,080 | 8,370 | 38,600 |
| 流入水量 m ³ /時 | 792.9 | 1,086.7 | 348 | 1,608.3 |
| 流入BOD ppm | 200 | 200 | 56 | 310 |
| 流入SS ppm | 200 | 200 | - | - |

表-2 エアレーション設備概要

| | |
|------------|---|
| エアレーションタンク | 旋回流方式 槽容量 8,247m ³ 槽長さ L=55m×5回路=275m 散気深さ 4.4m |
| 散気装置 | ジェットエアレーションシステム (酸素溶解効率=18%) |
| 曝気用送風機 | 130Nm ³ /分×6,400rpm-Aq×220kW |

3 DO一定制御方式の決定

DO一定制御方式を決定する前に本処理場における高級処理の特性をシミュレーションによつて調査した。

<基本式>

$$\frac{dx}{dt} = \frac{K_r S x}{K_s + S} - K_e X \dots\dots\dots(1)$$

$$\frac{ds}{dt} = \frac{1}{K_y} \cdot \frac{K_r S x}{K_s + S} + K_d \cdot K_e \cdot X \dots\dots\dots(2)$$

$$\frac{dc}{dt} = KLa(\bar{C} - C) - Ry \dots\dots\dots(3)$$

$$K_r = K_{r20} \cdot K_r^{\frac{T-20}{10}} \dots\dots\dots(4)$$

X : 微生物濃度 K_e : 微生物の分解率 K_r : 汚泥増殖率
 S : 基質濃度 K_d : 微生物の分解による基質への転化率
 t : 時間 K_y : 収率係数 R_y : 呼吸速度 T : 温度
 K_r : 微生物の最大比増殖率 KLa : 総括酸素移動係数
 K_s : 微生物の増殖飽和係数 \bar{C} : 飽和DO濃度 C : DO濃度

<プラント定数>

表-1, 表-2を採用

<シミュレーションモデル値>

埼玉県某処理場での実験値に基づく。

シミュレーション結果を図1-1,

図1-2, 図1-3, 図1-4に示す。

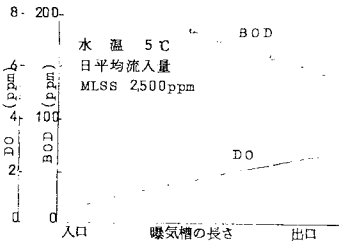


図1-1 槽内のDO分布とBOD分布

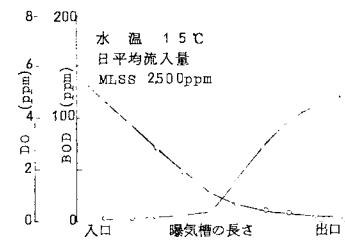


図1-3 槽内のDO分布とBOD分布

これらから本処理場のDO一定制御を設計する場合、次のような特性を考慮する必要があつた。

- 水温が低い為一様曝気では中間地点と出口のDOの差が大き過ぎる。
- 典型的な押し出し流れの為、出口DOを制御しただけで水量及びBOD

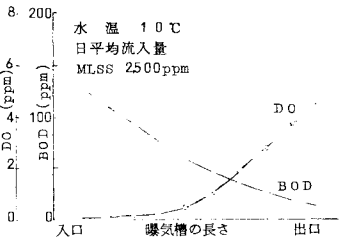


図1-2 槽内のDO分布とBOD分布

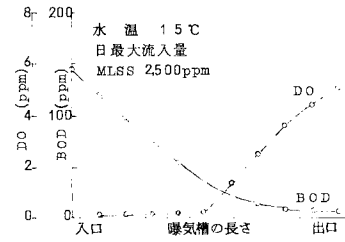


図1-4 槽内のDO分布とBOD分布

の突変によりDOが不足しても、その汚泥が流出する迄検出できず、未処理水が流出する危険性が有る。出口側はDO 1 ppm以上確保するのが望ましい。BODも入口から3/4地点迄に十分小さくなつて居る方が好ましい。

- 活性汚泥はDOが0.1~0.3 ppm以上あれば呼吸速度はほぼ一定である。
- 活性汚泥はDOが0の状態に強いので一時的なDO低下を気にする必要はない。
- タンク入口DOを無理して上げると酸素の吸収効率が悪くなる。

以上的高级処理のシミュレーション検討結果より、本処理場のDO一定制御方式を以下の様に決定した。

- 5回路の水路の内、第3回路と第5回路の出口にDO計を設置し、エアレーションタンク前段と後段の空気量を別々に制御するティバードエアレーション方式とする。このことにより前段でBODを十分に小さくし、後段でのDOの上り過ぎを防止することができる。又、前段で検知することにより突変の未処理水の流出をある程度防ぐことができる。
- 水量の突変に対応するためにDO一定制御は空気倍率補正形とした。この方式は流入水量に一定の倍率をかけて空気量設定値とする空気倍率一定制御の倍率設定をDO調節計の出力により可変するものである。これは流入負荷変動が大きい場合には、DO調節計で直接制御することは比較的難しく、又DO計の故障時には、空気倍率一定制御に簡単に切り換えられるようにする為である。
- エアレーションタンク入口にDO検知器のモニターを設置し、極端にDOが低くなつた場合には警報を発することとする。これは空気倍率補正形とし、流入水量の突変には対応できても、BODの突変は検知できないので、あらかじめDO設定値を2段階とし、突変の警報により手動でDO設定値を変更してやろうというものである。

これらを加味したフローを図-2に、概略配置図を図-3に示す。

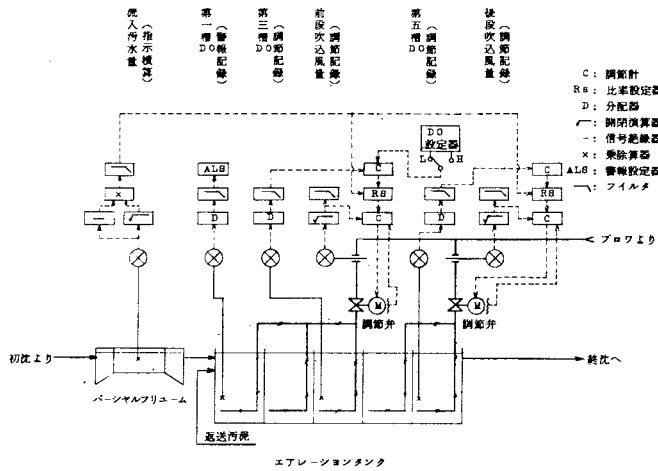


図-2 DO一定制御フローシート

4 空気管内圧一定制御

本処理場ではDO制御の補助制御として空気管内圧一定制御を採用した。空気管内圧一定制御とは従来のように必要空気量を直接送風機の吸込弁を絞って制御するやり方でなく、末端で風量調節弁を設けこの開度の変化によつて生ずる管内圧力を検知し、あらかじめ設定しておいた圧力にするよう吸込空気量を制御しようというものである。

特に本処理場の場合図-3で示すように1系列で2台の調節弁を設置する場合、各々が異なる空気量を要求するので、末端の調節弁と送風機の吹込風量を切り離して制御することは計装ループを簡単にすると同時に、軸動力の低減効率を最大にすることができる。これは将来系列が増えて台数制御に移行しても同じことが言える。

圧力一定制御のフローを図-4に示す。

又、送風機の吸込風量を制御するのに外部にある吸込弁による調節では無く、送風機本体に組み込まれたインレットベンでコントロールしている。

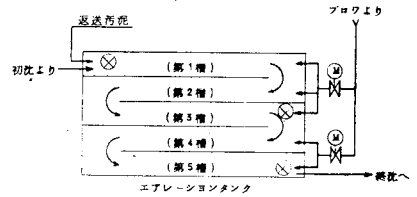


図-3 概略配置図

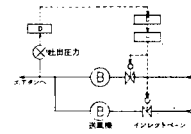


図-4 管圧一定制御フロー

5 結果及び考察

(1) 制御結果

図-5にBODの変化、図-6に流入水量と空気吹込量の変動を、図-7にDO制御結果を示す。(55年4月23日~24日実測値)

今回の実測をした時期は、水産加工々場の操業のピークは過ぎており、BOD負荷は非常に軽いものとなっている。しかも本市特有の融雪水が下水に大量に混入している。この為水温は10℃近辺であり、時間最大で36000 m³/日の流入がある。従つて図-5及び図-6に示すように最大流入量の時間帯にBOD負荷は最少となっている。

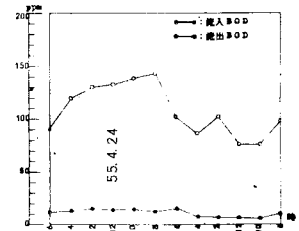


図-5 BOD変化図

DO設定値は第3槽で3.5 ppm、第5槽で3.0 ppmである。前段のDO値は一部の時間帯を除いて±0.2 ppmの幅で制御することができた。僅かに24日の2時で0.4 ppm程度落ちているが、これは流入水量が急変した為と思われる。しかしこれも30分の間に復帰している。後段のDO値が前段に比べて変動が大きい。これは後段で空気量が15 m³/分以下になるとエアレーションタンク内で汚泥が沈降してしまふ為、吹込調節弁のP/L感度

を極端に鈍くし、定風量制御のようにしている為である。

図-6に示すようにD₀一定制御をかけた場合、エアレーション風量の流入水比例制御とは異なり、流入基質の変動によつて吹込風量が制御される。その結果流入水量が増加しているにもかかわらず、空気吹込量は絞られるという現象もみられ、D₀一定制御の効果が如実に表われている。

ただ処理水のBODが15近辺と多少高いのは、流入負荷が軽く硝化が進み最終沈殿池で脱窒素現象を起こし微細な粒子が浮いていた為と思われる。

空気管内圧一定制御は記録していないがほぼ満足な結果が得られた。

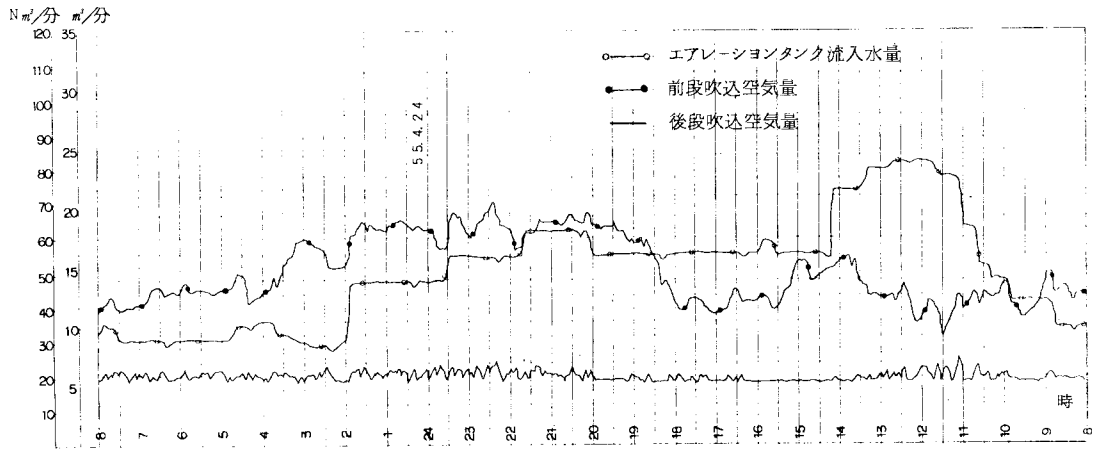


図-6 エアレーションタンク流入水量と吹込空気量の経時変化

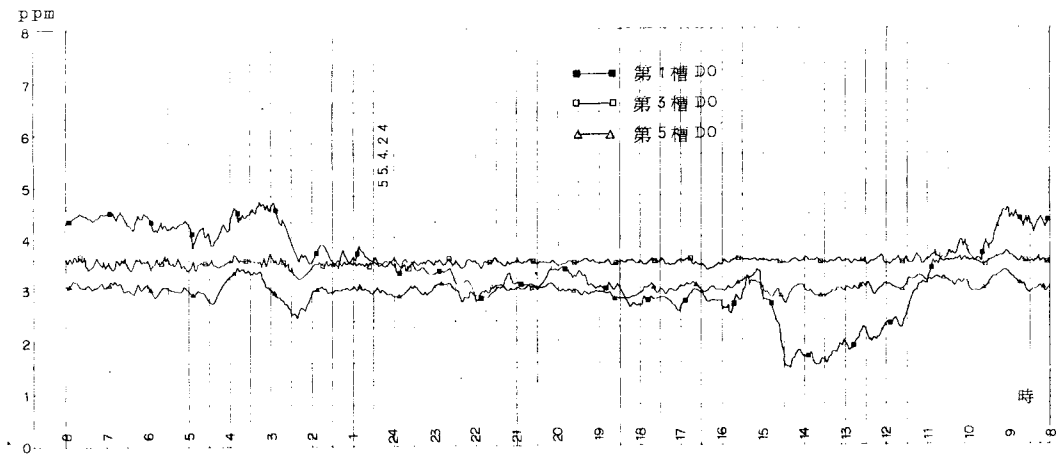


図-7 DOの経時変化

6 まとめ

D₀一定制御に関してはほぼ満足な結果が得られたが、当初予想したBOD負荷量の多いものが入ってきていないので、今後水産加工排水が増えた時の結果を注目したい。

D₀設定値については、この時期に多少高めの設定をしていた為硝化が進んだ事を考慮し、現在では、前段で0.5 ppm、後段で2 ppmとし内生呼吸段階に入る位置を出口側にもつてきている。この為処理水BOD濃度は10 ppm以下となり、硝化も抑えることができた。