

生活系汚水の短サイクル回分式脱窒処理における 工程管理の自動化について

住友重機械工業(株) ○関沢 一夫 佐藤 進 出納 正彬

1. はじめに

我国において、汚濁化の進行した水域が徐々に増大しつつある。水域に放流される下水や生活排水、あるいはその処理水の中に含まれている窒素、リン成分はそれらの有力な原因物質と見られており、有機汚濁成分のみならず、これらの栄養塩類に対する排出規制も、すでに一部の地域で実施されている。

筆者らは下水や生活排水等の比較的低濃度の有機汚水に対し、経済的で確実なBOD-窒素同時除去方式(スミステップ方式)を実用化し、すでに公にしている。^{1) 2)} この方式は、好気工程及び準好気工程を短い周期でくり返す単一反応槽と沈殿槽とを主構成とする半連続式生物処理システムであるため、諸条件の変動に影響されずに反応槽内の工程時間を一定割合に保つ管理が最重要課題となる。そこで本方式を適用した生活排水処理設備において、シーケンス制御系による反応槽の工程管理に加えて、ばっ気工程時における送気量のフィードバック制御系を組み込んだところ、ほとんど無人状態で安定した処理運転が可能となった。同時に、鋭敏すぎて高い保守点検頻度を要求される溶存酸素(DO)計に関しても、使用方法の工夫によって半年以上も校正や分解点検を省ける事が判明した。

本ペーパーでは、この実設備における自動工程管理システムのうち、主として送気量フィードバック制御系について、その考え方、システム構成及び制御運転データを示し考察を加える。

2. 設備概要と処理方式

昭和55年に近畿地方のAショッピングデパートに納入した生活排水処理設備(以下A設備と記す)の概略処理フローと設計水質を図-1及び表-1に示す。A設備の計画処理水量は120m³/日であるが、日曜祭日の来客ピークと定休日の谷といった人員変動に対応した著しい流入水量変動が週単位でくり返される。また、放流先の漁業への影響を考慮し、BODのみならずCOD、SS、窒素、リンに関しても高水準の処理目標水質が設定されている。

従来の長時間ばっ気槽に相当するA設備の反応槽においては、これらの目標水質を満たすため、図-2に示す処理工程を有する短サイクル回分式処理法¹⁾が採用されている。汚水流入、攪拌(脱窒)、ばっ気(硝化)及び排出の工程を1サイクルとする運転がシーケンス制御系によってくり返され、その結果反応槽内は交互に準好気性環境及び好気性環境に保たれて効率良くBODと窒素が除去される。A設備においては、1サイクル時間は30分に設定され、標準時間配分として準好気性時間12分、好気性時間18分が目標とされている。

しかしながら、反応槽は低負荷設計(長時間ばっ気法)のため、槽内活性汚泥による酸素消費速度が平均的に低い事、及び槽内の酸素要求量は表-2に示される因子群に支配されて日単位の変動

表-1 A処理設備の設計水質

項目	原汚水		放流水	
	平均	最大	平均	最大
SS (mg/l)	250	300	3	4
BOD ₅ ("	200	300	4	5
COD _{Mn} ("	100	140	10	13
T-P ("	10	12	0.5	1.0
T-N ("	30	40	10	12
大腸菌(個/ℓ)	10 ⁵		3,000以下	

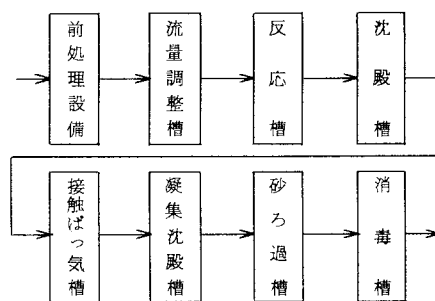


図-1 A処理設備のフローシート

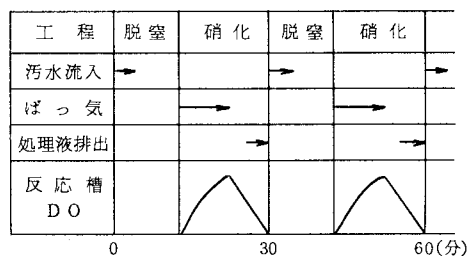


図-2 反応槽の処理工程

あるいは週変動をくり返す事等のため、送気量一定の運転条件下においては、準好気性環境/好気性環境の時間配分が時にバランスを欠く事があり(図-7a参照)、手動による送気量調節(バイパス弁開度調整)が時々必要であった。

3. 反応槽送気量調節の自動化

以上の様に、反応槽の酸素要求量変動に対し、手動による送気量調節を行う方法によって安定した処理運転を継続するためには、それに見合った高い点検頻度が必要であった。そこで反応槽工程管理の省力化を図るため、既設のシーケンス制御系とは別個に、図-3に示す送気量のフィードバック制御系を考案し、A設備に適用した。

制御系は溶存酸素計(電気化学計器製、OB-3型、ロングライフ型電極使用)、プログラマブル調節計(横河電機製、SLPC-100A)、インバータ(日立HFC-10B)、及び電圧電流変換器より構成され、既設ブロワのモータ(2.2kW)に輸入する電源周波数を変化させる事によって送気量の制御を実行するものである。調節計には更に状況信号として、流量調整槽レベル計の信号及びばっ気弁の開閉信号が入力され、既設シーケンス制御系との関係が図られている。

自動制御系を組むにあたっての基本的な考え方をまとめると次のとおりである。

- (1) 反応槽における酸素要求量の変化は、通常、数時間から半日周期程度のゆっくりとしたものであるので、そのゆっくりとした変化に合わせて徐々に出力を修正してゆく内容の制御法を考える。
- (2) DOセンサー情報は反応槽にDOがあるか無いかの判断にのみ用いる。便宜的にDO 0.3 mg/l 以上を好気性時間とし、それ以下を準好気性時間とする。
- (3) 各サイクルの好気性時間(T_{AE})を17~18分に保つ。T_{AE}値が17分以下又は18分以上となったら、17.5分からの変位量に比例して次回送気量を増減する。(図-3)
- (4) DOセンサーは鋭敏でノイズを拾い易いので一次遅れ処理をした値を用いる。また、DO値の振切れ等をチェックし、疑わしきは標準値を制御出力とする。
- (5) 不必要な高出力を避けるため出力上限値を設定し、またブロワ用モータの保護のため出力下限値を設定する。

これらの考え方を基にして組立てた制御シーケンスのフローを図-4に示す。シーケンス中、「プラント運転/停止」の

表-2 反応槽の酸素要求量に影響する因子

因子	一次原因
各サイクルの流入負荷量の変化	汚水ポンプ流量変化(ポンプ閉塞の場合もあり)、汚水濃度変動
反応槽 MLSS 濃度の変化	返送汚泥の流量変化(ポンプ閉塞の場合もあり)、返送汚泥の濃度変化
反応槽水温の変化	外気温の変化、流入水温の変化

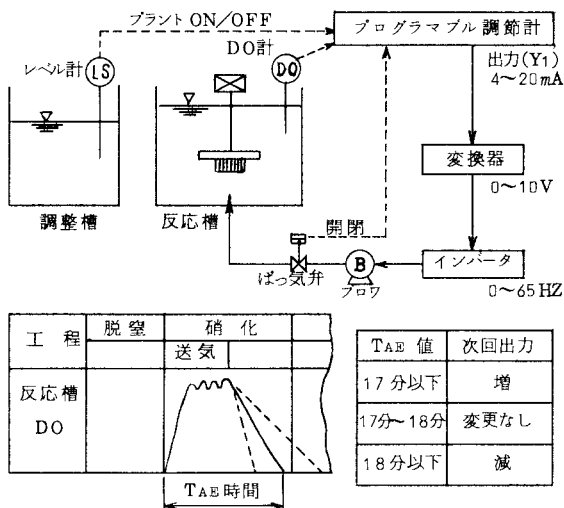


図-3 送気量制御系の構成と制御モード

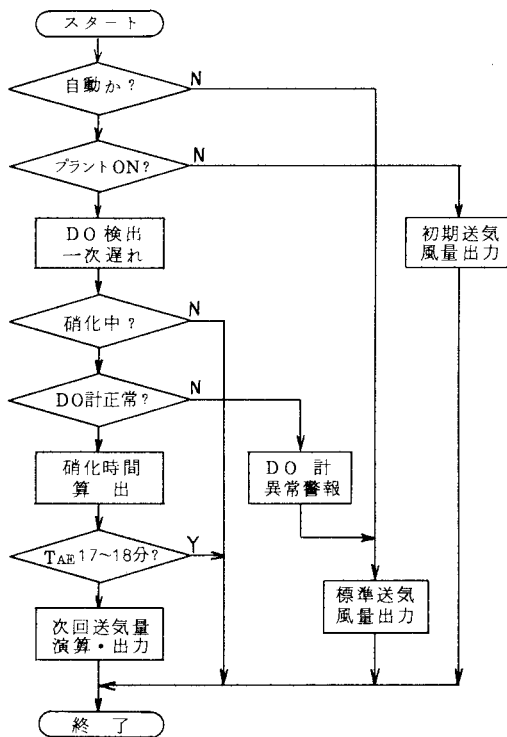


図-4 送気量制御系のフローシート

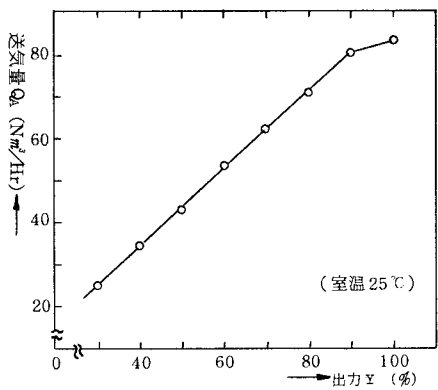


図-5 調節計出力 Y_1 と送気量 Q_A の関係

判断は流量調整槽レベル計からの信号によって行っている。調整槽低水位にて汚水ポンプを始めとする処理設備が一度停止すると数時間以上休止状態が続き、反応槽が多少酸素不足状態となる。従って調整槽が運転水位となり設備が再起動する際には通常運転時よりやや高目の初期値を出力する事とした。一方、好気性工程以外の時に T_{AE} カウントを開始する様な誤動作を防止するため、ばっ気弁開の状況信号を得てはじめて T_{AE} カウントならびに次回制御出力演算が行なわれる様にしている。また、制御演算に用いているパラメータのうち、出力上下限リミッタ、初期出力、標準出力、修正値演算比例常数等の変更の可能性があるパラメータについては、調節計機側のキーにて変更出来る可変パラメータを使用している。

4. 運転結果と考察

以上に示す内容で、昭和57年9月にA設備の反応槽運転を自動化し、引続いて試運転に入った。自動運転に先立ち、調節計制御出力 Y_1 とブロウ送気量 Q_A の関係を調べたところ、図-5に見られる様に $Y_1 = 30 \sim 90\%$ の範囲においてほぼ直線的な $Y_1 - Q_A$ 関係が得られ、汎用モータを用いたブロウに対し、インバータによる送気量制御が十分可能である事が確かめられた。

図-6は自動制御運転時における各サイクルの T_{AE} 時間カウント値(Y_3)及び制御出力値(Y_1)のモニター記録の一例である。当日(S57.9.19)は日曜日のため設備に流入する汚濁負荷が高かったものと見られ、夜間に入っても出力増が続いて出力上限に達

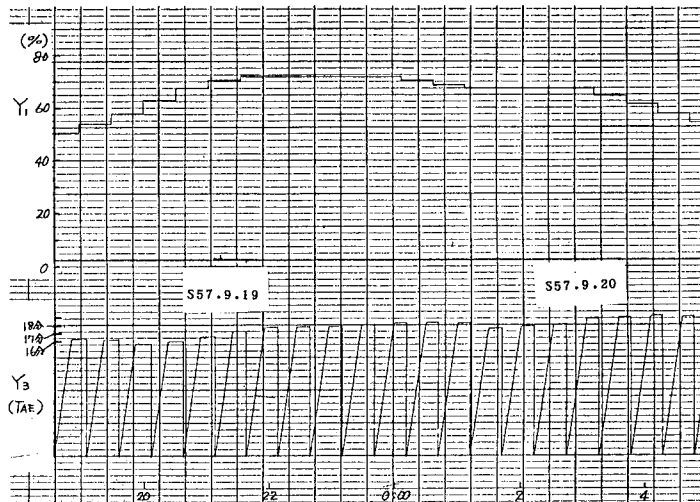


図-6 T_{AE} カウント値(Y_3)及び出力値(Y_1)のモニター例

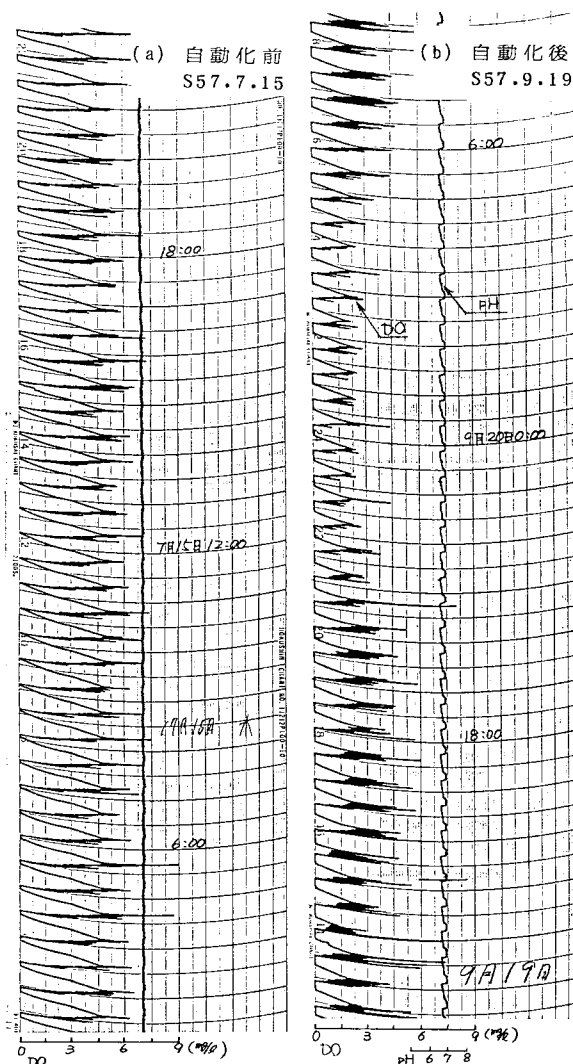


図-7 自動化前後における反応槽DO記録の比較

しており、夜半をすぎてようやく送気量減少操作がくり返されている過程が示されている。これによれば、この日の送気量は $41\text{m}^3/\text{hr} \sim 65\text{m}^3/\text{hr}$ の範囲で変更され、その結果、 T_{AE} 時間は16分～20分の範囲内に調節されている。同じ日の反応槽 DO 記録を自動化前の一例と比較して図-7に示す。例に見られる様に、自動化以前においては準好気性時間不足の傾向が時々認められたが、自動化によって、好気/準好気の時間配分ははるかに改善されている。表-3に反応槽自動化後の水質データをまとめて示す。自動化によって反応槽運転は実質的に無人化されると共に、窒素成分を始めとする処理性能は一層安定化し、良好な結果が得られている。

表-3 反応槽自動化後の水質データ

(S57. 9. 17～11. 6 サンプル10回)

項目	原水	2次処理水	3次処理水
	平均(最小～最大)	平均(最小～最大)	平均(最小～最大)
pH	7.1 (6.6～7.6)	7.1 (6.9～7.5)	7.2 (6.8～7.5)
アルカリ度 (mg/l)	115 (106～120)	71 (60～81)	56 (44～70)
SS (mg/l)	81 (20～184)	8 (5～12)	2 (1～3)
COD _{Mn} (mg/l)	60.1 (40.7～102)	7.8 (6.3～10.1)	3.8 (2.7～5.0)
BOD ₅ (mg/l)	127 (91～178)	4 (2～7)	2 (1～3)
T-N (mg/l)	22.0 (18.3～23.9)	1.8 (0.9～3.0)	1.4 (0.7～2.3)
T, K-N (mg/l)	21.7 (18.2～23.1)	1.5 (0.7～2.9)	0.5 (0.2～0.7)
NH_4^+-N (mg/l)	12.6 (9.8～16.8)	0.4 (0～0.67)	0.1 (0～0.32)
NO_x^--N (mg/l)	0.1 (0～0.1)	0.5 (0.1～0.9)	0.7 (0.2～1.0)
T-P (mg/l)	2.29 (1.0～3.15)	0.78 (0.17～1.66)	0.06 (0.03～0.12)
オルト-P (mg/l)	0.95 (0.62～1.32)	0.61 (0.28～1.03)	0.03 (0～0.05)

反応槽内の状態	
	平均 (最小～最大)
水温 (°C)	22.9 (22.5～23.5)
pH (-)	7.1 (6.6～7.6)
MLSS (mg/l)	4310 (4040～4900)
// 中の Ash (%)	15.6 (14.8～16.7)

以上の様に本制御方式においては、DO情報を基にした反応槽の好気/準好気時間管理を一応の制御目標としているが、最終目的は言うまでもなく、処理水質を所定のレベル以下に安定させる事にあり、処理水データを制御系運営のパラメータとしてフィードバックする方法も

十分考えられる。しかしながら検討の時点において、 NH_4^+-N や NO_3^--N 等の連続分析装置は長期使用の面でセンサー保守等に思わぬ手間がかかる可能性を考え採用しなかった。従って本方式は、人間が反応槽のDO記録を見て波形に異常があれば送気ラインのバイパス弁開度を調節し、次サイクルの動きを見守るといった試行錯誤的操作をそのまま調節計に委ねて省力化を図った事に他ならないが、最も心配されたDOセンサーの劣下や破損によるドリフトや異常信号発生によるトラブルもなく期待どおりの自動運転が継続されている。

5. おわりに

従来のばつ気槽における送気量コントロール例を見ると、DO濃度をある一定値に保ち、必要以上の動力を節減しようとするレベルコントロール方式がほとんどであった。これらのケースではDOセンサーに対する依存度が高いため、それだけDOセンサーの保守にもウェイトがかけられていた。これに対し本方式においては、DOレベルには重きを置かずに、DOが有るか無いかのみをDOセンサーによって検出する使い方として、DOセンサーの保守ウェイトを軽くしている点の特徴と言える。

前節でも述べた様に、最終目的である処理水質のフィードバックがないという点では自動制御系として完成品とは言えないが、その欠けているループは、それまでの運転及び水質データに基づく標準工程時間配分(標準 T_{AE} 値)という形で補った結果、処理水質面においても十分な効果が示された。

以上、生物脱窒工程を含む単一反応槽の一制御法について紹介した。運転経験に基づく制御パラメータの多用と、DOセンサー情報の扱い方を特徴とする本制御方式は、十分現場使用条件に対応でき、省力化に寄与できる事が確認された。

参考文献

- 1) 関沢, 出納; 短サイクル回分式活性汚泥法によるBOD及び窒素の除去, 京大環境衛生工学研究会第1回シンポジウム講演論文集 (1979)
- 2) 大方, 関沢, 出納; 短サイクル回分式活性汚泥法による廃棄物埋立地浸出水の処理, 同研究会第2回シンポジウム講演論文集 (1980)