

活性汚泥プロセスにおける汚濁負荷 定量投入制御システムの評価

五十田義晴、篠崎勝彦、矢沢久豊、太田和幸、中山秀一

藤沢薬品工業株式会社、生産技術研究所
大阪市淀川区加島2丁目1番6号

概要

活性汚泥プロセスの浄化機能を継続するには、微生物の適正な生息環境の維持や汚濁負荷量と微生物量及び酸素量をバランスよく調節することが極めて重要である。

そこで、経験と手動操作で管理していた従来の活性汚泥プロセスに対し、既知の酸素供給と利用及び基質除去式に基づき、投入汚濁負荷量やDO等の処理管理因子を精度よく制御するシステムを開発した。

生産設備において評価した結果、処理性能の大幅な向上と自動化による省人が図られ、本制御システムの有用性を確認した。

キーワード

産業排水処理、活性汚泥プロセス、排水自動希釈装置、TOD分析計、汚濁負荷量定量投入制御、DO制御、MLSS制御

1. はじめに

活性汚泥プロセスの浄化機能を継続するには、微生物の適正な生息環境の維持やBOD₅負荷量と微生物量及び酸素量をバランスよく調節することが極めて重要である。しかし、生産活動により発生する排水量やBOD₅負荷量は、平日と休日及び昼間と夜間で大きく変動することから、このような変化に迅速に対応するには、経験豊富なオペレータを必要とするが、24時間管理体制の要員確保は困難な状況にある。そこで、活性汚泥プロセスの高度な管理技術や知識を必要とせず、最小の要員で、施設処理能力を最大限に発揮させるために、メーカー等で開発した制御システム¹⁾の導入を検討したが、ニーズの把握と反映及びメンテナンスのしやすさ等から、自社開発を推進し、シンプルな制御システムを開発した。生産設備にて長期評価の結果、安定した浄化機能が発揮でき、処理性能が大幅に向上する等、所期の目標が達成され、本制御システムの有用性を確認したので、構成する装置の概要や成果を報告する。

2. 制御システムの概要

すでに報告⁴⁾したように、当社では活性汚泥プロセスの最適化やスケールアップに、(1)式の酸素供給と利用及び基質除去式^{3)、5)}を用いている。

$$KLa(C_s - C_L) = a' \cdot \frac{(L_s - L_e)Q}{V} + b' \cdot S \quad \text{-----} \quad (1)$$

$$Q2 = (L5 \cdot Q - L1 \cdot Q1) / L2 \quad \text{-----} \quad (2)$$

これらの式では、BOD₅負荷量（排水量とBOD₅濃度）やDO及びMLVSS等の処理管理因子を、常に最適値に維持することの重要性を示唆しており、制御システムの完成度をより高めるために、（1）式のようなインプット

（BOD₅負荷量投入）制御とそれを補完するDO及びMLSS制御との組み合わせシステムを確立した。本制御システムを適用した施設の排水は2種類からなる。一つは全排水量の97〔%〕を占め、始終BOD₅濃度が変化する低濃度排水（L1、Q1）である。他方は3〔%〕の排水量で、比較的濃度変化が少ない高濃度排水（L2、Q2）であり、これらは別々に貯留している。又、活性汚泥プロセスの安定化には、（1）式のQ/Vを一定に保つ必要があり、大容量の低濃度排水の投入量（Q1）を固定している。一方、BOD₅負荷量は、濃度変化に伴って変動することから、（2）式により高濃度排水投入量（Q2）を演算・調節して、投入BOD₅負荷量を一定に保っている。

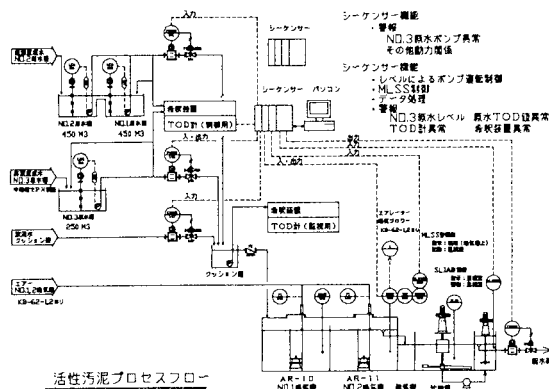


図-1 制御システム概略図

3. 制御システムの構成

活性汚泥プロセスの管理業務の中で、最も重要な部分を本制御システムが担い、そのメンテナンスをオペレータが担うことから、「シンプルで、人（オペレータ）にやさしいシステム」を課題として開発に取り組んだ。次に構成する装置とその役割を示す。

（1）TOD分析計及び排水自動希釈装置

システム開発の重要な課題の一つに「最適な汚濁指標の選択」がある。（1）式に用いる汚濁指標はBOD₅であるが、応答が遅いため、制御には不向きである。本制御システムにはBOD₅と高度に相関があり、制御ツールとしての必要条件を満たしたTODを採用した。尚、制御精度を高めるために、分析精度はF・Sに対して5〔%〕以内とした。一方、オペレータが行っていた濃度の異なる2種類の排水の手動希釈作業を、自動化するために、次の3点を満たす排水自動希釈装置をA社と共同開発した。① TOD計の保守・点検（特に白金触媒洗浄）頻度を少なくするために、最も低いレンジで分析できる希釈倍率にする。② 各々のTODピークがスパン内におさまるような希釈を、高精度（±1〔%〕）で自動的に行う。③ TOD分析計の信号を受けて希釈装置を動作させる。

（2）シーケンサ及びパソコン

シーケンサはTOD分析計、自動希釈装置、DO計、MLSS計等との信号のやりとり、パソコンとの通信、原水ポンプの制御等を行う。

又、パソコンは次の役割を担っている。① 投入負荷量及びMLSS量制御の計算。② 各データの表示、設定項目の変更。③ データの記憶。④ 各データの収集、報告書の作成。

（3）DO及びMLSS制御

（1）式のC_L（DO）及びS（MLSS）を制御して、インプット制御を補完する。Q/Vを一定に保つために、排水の大半を占める低濃度排水を設定量で投入しているが、枯渇すれば、汚濁物を含まない同量の排水を使用するシステムになっている。しかし、その間はBOD₅負荷量が低下して、DO値が上昇することから、ブロー等の回転数を制御して、DO値を素早く設定値に戻す。又、曝気槽内と返送汚泥ラインに設置したMLSS計値に基づき、パソコンで演算した増殖MLSS量を、返送汚泥から自動的に引き抜いて、曝気槽内のML（V）SSをほぼ設定値に保つ。

4. 制御システムの維持管理

活性汚泥プロセスの管理業務の内、最も重要な部分を本制御システムが担ったことから、オペレータは機能維持のために、表-1のような各ツールの保守・点検を行っている。

表-1 保守・点検一覧表

機器・装置名	保守・点検内容	頻度	所要時間
TOD分析計	検水ライン洗浄	1回/3日	20分
	標準液調整	1回/3日	15分
	ガスポンベ交換	1回/3週	15分
	燃焼管交換	1回/3週	180分
自動希釈装置	検水ライン洗浄	1回/1週	60分
	精度確認	1回/2週	60分
DO計	校正	1回/1週	45分
MLSS計	校正	1回/1月	60分

5. 制御システムの運用結果

産業排水固有の問題として、① 平日と休日及び昼間と夜間とで、流入排水量やBOD₅負荷量が大きく異なる。② 年間3回の生産休止期間から生産再開移行時に、流入排水量やBOD₅負荷量が急増する。等があり、これらに起因して、一旦処理機能が低下すれば、施設能力が長期にわたり低下し、生産に影響を及ぼしかねない。今般、インプット制御と補完制御の組み合わせシステムを生産設備で評価した結果、これらの悪条件下においても安定した処理機能を維持し、処理効率が顕著に向上することを確認した。次にその成果について述べる。

（1）活性汚泥プロセスの安定化

下表-2の如く、従来の手動操作法に比べ、本制御システムでは、変動の少ない投入負荷量のもと、DO値の変動幅が縮小し、安定した処理水が得られた。

表-2 安定度比較表

項目	処理方法	従来（手動操作）法	インプット制御法
投入負荷量の変動係数		13 ~ 32 [%]	2.3 [%]
処理水濃度の変動係数		17 ~ 33 [%]	6.4 [%]
曝気槽内DOの変動幅		0.3 ~ 5.0 [ppm]	0.9 ~ 2.6 [ppm]

(2) 管理作業時間の減少

活性汚泥プロセスの安定化は、下表-3の如く、作業時間の削減に大きく寄与した。特にオペレータの負担となる夜間と休日の作業が全廃でき、本制御システムが「人（オペレータ）にやさしいシステム」であることを確認した。

表-3 作業時間比較表

項目	処理方法	従来（手動運転）法	インプット制御法	削減率〔%〕
昼間管理作業時間		137〔時間/月〕	90〔時間/月〕	35
夜間管理作業時間		50〔時間/月〕	0〔時間/月〕	100
休日出勤日数		36〔日/年〕	0〔日/年〕	100

(3) 処理性能の向上

活性汚泥プロセスの安定化に加え、本制御システムにより、休日や夜間の無人時でも平日や昼間と同様に安定した処理ができることから、年間処理負荷量は飛躍的に増大した。又、活性汚泥プロセスの処理流動費の大半を占める動力の消費効率も大幅に向上した。

- ① 年間処理負荷量は141〔TODt/y〕増加した。（約36〔%〕向上）
- ② 動力消費効率は0.4〔kw/TODkg〕減少した。（約23〔%〕向上）

6. まとめ

活性汚泥プロセスにおける酸素供給と利用及び基質除去式に基づき、市販の分析計やセンサーを組み合わせたローコストでシンプルなインプット制御システムを確立した。従来の手動操作法では、処理管理を経験豊富なオペレータに大きく依存していたが、本制御システムに処理管理業務の最も重要な部分を担わせることにより、作業時間の削減のみならず、処理性能を大幅に向上できた。特に、オペレータの負担になっていた夜間や休日の処理管理業務を全廃できた意義は大きく、加えてシンプルなシステムはメンテナンスを容易にし、本制御システムが「人（オペレータ）にやさしいシステム」であることも確認できた。

又、本評価をとおりして、活性汚泥プロセスの処理管理因子を設定値どおりに安定させることの重要性を、改めて認識すると共に、その概念を計数で表現することができた。

以上の如く、生産施設において本制御システムの有用性が検証できた。今後は無人化を目指して、本制御システムのグレードアップを図り、他施設にも水平展開して、「地球環境にやさしい」活性汚泥プロセス創りを推進したい。

〈参考文献〉

- 1) 野北（1981）活性汚泥法の自動制御に関する理論と実際、環境技術、Vol. 10, No. 2, PP. 178-184
- 2) 平岡、津村他（1989）下水処理場運転管理のための知的支援システムの構築に関する研究、水質汚濁研究、Vol. 12, No. 10, PP. 664-671
- 3) 竹島（1991）活性汚泥法における必要酸素量について、用水と廃水、Vol. 33, No. 7, PP. 31-37
- 4) 松岡、五十田他（1993）通気攪拌活性汚泥槽における酸素供給と基質処理に及ぼす供給動力の影響、（化学工学会第58年会、研究発表講演要旨集）
- 5) 橋本、藤田（1970）下水処理における総括酸素移動容量係数算出法の理論的研究、水処理技術、Vol. 11, No. 6, PP. 25-37