特集・生活系排水処理シンポジウムより

回分式活性汚泥法の運転管理指標

柚 山 義 人 *・宮 本 泰 行 **・磯 野 明 **

1. は じ め に

茨城県の霞ヶ浦流域や滋賀県の琵琶湖流域では、集落排水処理においても窒素の高率除去が求められる。筆者らは、美浦実験プラントにおける調査研究^{1, 2)}を通して、回分式活性汚泥法による農村向けの処理技術の確立を進めてきた。本報では、現場の維持管理者のための曝気条件の微調整法を中心とする運転管理指標及びマニュアルの検討事例を紹介する。

2. 美浦実験プラントにおける調査の概要

(1) 美浦実験プラントの概要

美浦実験プラントは、昭和62年9月に、茨城県美浦村の霞ヶ浦湖畔の「舟子地区」集落排水処理施設に隣接して建設された。汚水処理のフローを、図-1に示す。回分槽の有効水深は4.0m、平面形状は3.5×3.5mの正方形、有効容量は49m³である。引抜き比や曝気条件の設定は、ほぼ任意である。流入汚水には、舟子集

落から排出される実汚水を用いる。流入汚水濃度の平均値は、BODが89mg/ℓ、SSが98mg/ℓ、T-Nが27.2mg/ℓであった。回分槽内の水温は、12~26℃に変化した。

(2) 実験条件

運転の前提条件は、特別な目的の実験を除き、次のとおりとした。

- ① 1日4サイクル(1サイクル6時間)とする。
- ② 回分槽の引抜き比は0.25以上とする。
- ③ 回分槽のH. W. L. は4.0mとする。
- ④ 1サイクル内の各工程は、原則として次のようにする。

ア) 汚水の流入：1サイクルの開始直後から約90分間の連続流入とする。

イ) 曝気・攪拌：汚水の流入開始から活性汚泥の沈殿工程開始までの間欠曝気とする。

ウ) 沈殿：1時間とする。

エ) 上澄水排出：1サイクルの終了45分前から約40分間とする。

- ⑤ 各々のサイクルの運転条件は同一とする。

この前提条件を基本に、サイクル数を4~5サイクル/d、水量負荷を0.8~1.75m³/m³・d⁻¹、曝気時間を4~14h/d、送風量を2~4m³/m³・d⁻¹、MLSS濃度を1,500~4,300mg/ℓに変化させた。総括酸素移動容量係数は、曝気強度や水深等により異なるが、4~10h⁻¹であった。実験期間は、昭和63年4月~平成3年3月である。

(3) 実験結果

美浦実験プラントにおける運転条件の設定は、必ずしも良好な処理水質を得ることを目的としたものではなく、処理能力の限界を見極めたり、運転方法の差異に基づく処理性能の比較を行うケースが含まれている。安定した汚水処理を意図した調査期間の結果からは、水量負荷が1.25m³/m³・d⁻¹以下という条件下で、年

図-1 汚水処理のフロー

* 農業工学研究所 Yoshito YUYAMA

** ㈱日本農業集落排水協会

Yasuyuki MIYAMOTO, Akira ISONO

図-2 T-Nの累積頻度

間を通してBOD $5 \text{ mg}/\ell$ 以下, SS $5 \text{ mg}/\ell$ 以下, T-N $2 \sim 10 \text{ mg}/\ell$ が得られることが実証できた. T-Nは, 図-2に示すように累積頻度の66%までが $5 \text{ mg}/\ell$ 以下, 91%までが $7 \text{ mg}/\ell$ 以下であった.

3. 運転管理指標

回分式活性汚泥法の反応は非定常なので, 運転の微調整のための管理指標は標準活性汚泥法と異なる.

水温は, 微生物の反応速度に与える影響が大きいので, 測定しておくべき基本的な項目である.

MLSS濃度は, 処理水質の面, 余剰汚泥の減量化の面から高い方がよい. しかし, 水温が $12 \sim 14^\circ\text{C}$ に低下すると水量負荷が $1.25 \text{ m}^3/\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ 以上の場合, 活性汚泥の沈降性の観点から $2,800 \sim 3,000 \text{ mg}/\ell$ 以下に管理せざるを得なかった. 活性汚泥の沈降速度は, 汚泥界面計を用いて実測できる.

DOは, 微生物にとっての環境条件を支配する重要な因子である. DOは, 活性汚泥が有機物の分解や窒素の硝化のために酸素を消費する速度が酸素供給速度を上回る間は, 曝気中も上昇せず, 酸化のための酸素の吸収が不要になると急激に上昇し始める. 図-3は, 1サイクルにおける最大DO濃度と処理水のT-N濃度の関係である. 最大DO濃度の変化幅は, 非常に大きい. この図からは明確な関係を見い出せない. これは流入負荷量の多少や硝化終了後の曝気時間のわずかな差によってDOの最大値が大きく変化するためである. 年間を通してみると, 1サイクル内におけるDOの変化パターンは図-4に示すタイプに分類される. これらのパターンは, 水温, 曝気強度, 送風量等によって異なる. A, Bは, 夏期に典型的パターンである. 活性汚泥による酸素消費速度が大きく, 酸素溶解速度が小さくなるため, 1サイクル内のほとんどの時間帯においてDOがゼロになる. 流入負荷が小さくなると,

図-3 1サイクルにおける最大DO濃度と処理水のT-N濃度の関係

図-4 DOの変化パターン

AのパターンはBのように第4曝気工程以前の曝気工程においても $DO > 0$ になる。又、BOD除去と硝化が完了した時点から急激な上昇カーブを描く。曝気強度が大きい場合にはCに示すようなパターンを描くこともある。一方、春や秋にA、Bに示すようなパターンを示した場合は硝化不足になっている可能性が高い。Cは、春や秋に典型的なパターンである。水温が低い冬期にはDに示すようなパターンになる。窒素除去が良好に行われている場合には、これらいずれの場合にも曝気が終了すると速やかにDOがゼロにまで低下するのが特徴である。Eに示すようなパターンは送風量が多すぎる場合であり、硝化は進んでいるが脱窒が律速になっている場合に多い。

ORPは、液中の酸化還元電位を測定するもので、測定結果は試料の化学的性質の目安となる。但し、校正の差の許容範囲が大きいので、絶対値で50mV程度の誤差を見込んでおいた方がよい。

美浦実験プラントにおける管理指標をまとめると、表1に示すようになる。BOD、SS、窒素の高率除去のためには、基本的には1サイクルの中でのDOの時間変化を見て調整すればよい。バランスのとれた理想的な処理が行われているときの状況を季節毎に認識しておく、曝気強度や曝気時間帯の微調整を容易に行える。春から秋にかけては、非曝気時にDOが速やかにゼロになり最終曝気工程終了直前のDOが2～5mg/ℓの範囲に入れば、良好な処理が行われている。冬期の最大DOは夏期に比べてやや高めにならざるを得ない。又、サイクル間には流入負荷量に差があるため、DOが0.3mg/ℓ程度にまでしか上昇しなくてもORPが50～100mV以上になっていれば回分槽内は酸化状態にあり、硝化は十分に進んでいることもある。このような場合は、当該サイクルの流入負荷量が平均より大きかったためと解釈すべきである。1サイクルの中でDOがゼロの時間帯の割合は60～80%、ORPの最大値は100mV以上、最大ORPと最小ORPの差は200～300mV以上となるのが望ましい。曝気条件

表1 運転管理指標

水温(℃)	区分	MLSS濃度(mg/ℓ)	DOの変化パターン	最大DO濃度(mg/ℓ)	ORP(mV)
～15	冬型	2,500～(3,500)	D	3～6	最大ORP 100以上
15～22	春・秋型	2,500～4,000	C	2～5	変化幅 200～300
22～	夏型	2,500～	B	1～4	

の設定は、流入負荷量がサイクルによって異なり、処理施設が無人運転であるため、安全側にならざるを得ない。さらなる経済性の追求のためには、各々の曝気工程で例えば $DO > C_x$ となったら残りの時間は非曝気に切り換えるというような自動制御の組み込みが必要になる。

4. 運転管理マニュアルの概要

運転管理マニュアルの構成を以下に示す。

- ① 流入汚水の水質と目標処理水質の紹介
- ② 污水处理メカニズムの説明
- ③ 処理実績の紹介
- ④ 運転管理指標の説明
- ⑤ 水質の時間変化の事例紹介
- ⑥ 演習問題

このうち、④の運転管理指標の説明は、本報の3に準じている。演習問題では、20ケースについて、月日、水温、MLSS濃度、水量負荷、1サイクルにおけるDO・ORP・pHの時間変化のグラフを与え、曝気量の調整法を5段階の選択式で設問している。図-5は、DO・ORP・pHの時間変化のグラフの例である。このマニュアルは、污水处理の教材的要素も有する。

5. 運転管理マニュアルの有用性

マニュアルの有用性を確認するため、①大学教官、②日本農業集落排水協会の研究員、③污水处理施設の維持管理者、④市町村の集落排水事業担当者、⑤県の土木技師、⑥建設会社技師、⑦コンサルタント技師、⑧大学生、を被験者とする演習問題の回答結果を整理した。総被験者数は、107人である。このうち⑤～⑧は、集落排水事業に関わりが無いが、又は維持管理の

図-5 DO・ORP・pHの時間変化

図-6 被験者の回答状況

実務経験が無い方々である。被験者の回答状況を図-6に示す。この結果、污水处理施設の管理経験者及び污水处理の実験経験者においては、実用上十分な判断能力を有することが実証できた。この種のマニュアルは、理解されなかった項目、追加が望まれる情報を聞き取り、より簡単で、より有益なものに改訂する作業が大切である。

6. お わ り に

美浦実験プラントで得られた曝気条件の微調整法を整理した。又、マニュアル作成の考え方を示した。これらは、現場の実用技術として有益な情報を提供したと考えられる。運転管理指標は、流入負荷条件の年変

化や処理施設の機能変化等に応じて、更新³⁾していくべきである。パソコン通信を利用した処理施設の遠隔監視システム^{4, 5)}を用いると、得られる水理・水質情報から維持管理の緊急度を判断できるため、効率的な維持管理が可能になる。美浦実験プラントにおける調査研究は、日本農業集落排水協会の「高度処理委員会」の助言のもとに進めたものである。ここに、感謝の意を表する。

(用語の定義)

水量負荷： $\text{HDRW} \times \text{NCYC} / \text{HMAX}$ ($\text{m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{d}^{-1}$) (但し、HMAXは最大水深、HDRWは引抜き水深、NCYCはサイクル数/日)

曝気強度：曝気量の瞬間値 ($\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$)

曝気時間：1日の総曝気時間 ($\text{min} \cdot \text{d}^{-1}$)

総送風量：1日の総送風量 ($\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)

送風量：1日の流入汚水量当りの総送風量 ($\text{m}^3 / \text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)

参 考 文 献

- 1) 柚山ら：美浦実験プラントの水理特性，農工研技報181，17～81, 1989
- 2) 柚山：回分式活性汚泥法による集落排水の高度処理実験，季刊集落排水24，12～19，1990
- 3) 磯野：JARUS-X II型の維持管理について，季刊集落排水25，31～37，1991
- 4) 柚山ら：美浦実験プラントの施設監視システム，農工研技報182，1～42，1990
- 5) 柚山：パソコン通信を利用した集排施設の運転管理支援，水質汚濁学会講演要旨集，488～489，1991

海外環境情報

パルプ製造廃棄物を接触反応で油に Catalyze pulp waste to oil fractions

H26060793

ハンブルグの German Institute for Wood Chemistry は、接触反応によりリグニンに水素添加して、軽質油、重質油を得る方法を見いだした。

世界の紙パルプ産業は年間1億3千万tものリグニンを燃焼または廃棄していると推定される。リグニンは、木材中のセルロース繊維を結合している高分子物質である。ヨーロッパでは、二酸化炭素排出に関係する炭素使用税の登場から、差引き勘定では大気中の二酸化炭素を増加することにならないバイオマス燃料の

使用に関心が高まっている。

実験室では、1ℓのオートクレープに水素を連続的に供給し、モリブデン／ニッケル触媒によって、温度400℃、圧力2 barでリグニンを分解した。分解生成物は、フェノール、クレオソート、シランで、固形残留物が3%程度残る。

次の段階は、1千9百万ドルをかける国のバイオマス研究計画の一環としての1kg/hのパイロットプラントの建設であるという。このプロセスが経済的に石炭ガス化と競争できるようになるにはリグニン供給システムの自動化が必要で、これもこれからの研究課題となる。

B0251A Chem Eng (New York) 99 [2] 15 (1992)

(日本科学技術情報センター許可第文0421号)