

目 次

第1章 技術評価の目的.....	1
第1節 経緯.....	1
1. 1 最近の下水道を取り巻く状況.....	1
1. 1. 1 下水道整備の現状.....	1
1. 1. 2 環境基準の達成状況等（BOD、COD等）.....	4
1. 1. 3 高度処理の実施状況と目標水質.....	5
1. 2 技術評価の経緯.....	6
1. 3 技術評価の目的.....	7
第2節 評価の対象技術と範囲.....	7
2. 1 OD法の定義.....	7
2. 2 OD法の特徴.....	8
2. 2. 1 処理機能上の特徴.....	8
2. 2. 2 維持管理上の特徴.....	8
2. 2. 3 その他の特徴.....	9
2. 3 OD法に用いられる曝気攪拌装置の特性と導入実績.....	9
2. 3. 1 特性.....	9
2. 3. 2 導入実績.....	12
2. 4 評価の範囲.....	13
2. 4. 1 OD法の現状分析.....	13
2. 4. 2 OD法の運転管理手法.....	13
2. 4. 3 高度処理への対応.....	13
第2章 OD法の現状.....	14
第1節 処理施設の実態.....	14
1. 1 処理施設概要.....	14
1. 2 流入状況.....	15
1. 2. 1 汚水流入率.....	15
1. 2. 2 流入水量変動.....	16
1. 2. 3 流入及び処理水温.....	17
第2節 水処理性能.....	19
2. 1 有機物除去.....	19
2. 2 窒素除去.....	21
2. 3 りん除去.....	25
2. 4 活性汚泥の性状.....	25

2. 5	他処理方法との処理水質比較	26
第3節	汚泥処理・処分	28
3. 1	余剰汚泥発生量	28
3. 2	汚泥性状と濃縮・脱水性能	29
3. 3	汚泥最終処分と有効利用	31
第4節	維持管理	32
4. 1	維持管理体制	32
4. 2	使用電力量	33
4. 3	使用薬品量	36
4. 4	維持管理費	37
第5節	アンケート結果のまとめ	39
第3章	OD法の運転方法	40
第1節	従来の運転管理手法	40
1. 1	一般的な運転管理手法	40
1. 1. 1	活性汚泥の管理	40
1. 1. 2	OD法の運転	42
1. 2	運転管理の現状	43
1. 2. 1	管理指標	43
(1)	MLSS	43
(2)	DO	48
(3)	その他	48
1. 2. 2	曝気攪拌装置の運転方法	49
第2節	窒素除去・負荷変動を考慮した運転管理手法（ASRT制御）	51
2. 1	ASRTの定義	51
2. 2	ASRT制御	54
2. 3	ASRT制御に必要な機器	55
第3節	ASRT制御を用いた運転	57
3. 1	実験プラントによる運転例	57
3. 1. 1	実験プラントの装置概要	57
3. 1. 2	調査方法	58
(1)	実験プラントの運転条件	58
(2)	実験プラントにおけるASRT制御	58
3. 1. 3	調査結果と考察	60
(1)	実験の経過	60
(2)	短周期の流入負荷変動に対する処理性能	63
(3)	長周期の流入負荷変動に対する処理性能	65

(4) 低負荷時における ASRT について	68
3. 1. 4 実験プラントによる運転のまとめ	69
3. 2 実処理場における ASRT 制御による運転例	70
3. 2. 1 運転管理手法変更調査	70
(1) 調査対象処理場の概要	70
(2) 調査方法	73
(3) 調査結果	74
3. 2. 2 ASRT 制御を念頭に置いた運転管理を実施している処理場	78
3. 3 アンケート調査のからのまとめ (流入負荷、ASRT と T-N 除去率)	81
第4章 OD 法による高度処理	83
第1節 窒素除去	83
1. 1 調査結果及び考察	83
1. 1. 1 硝化・脱窒速度	83
1. 1. 2 ASRT・SRT と窒素除去率	86
1. 1. 3 BOD/N 比と脱窒	87
1. 2 まとめ	92
第2節 りん除去	93
2. 1 りん除去方法	93
2. 2 同時凝集法によるりん除去	94
2. 2. 1 予備実験	95
2. 2. 2 実証実験	96
2. 3 実際の処理場における実施例	99
2. 4 まとめ	103
第5章 OD 法の設計の考え方	104
第1節 現状の設計手法	104
1. 1. 1 形状等	104
1. 1. 2 設計諸元	104
1. 1. 3 必要酸素量	104
1. 2 最終沈殿池	107
第2節 新しい設計手法の提言	108
2. 1 ASRT を指標とした設計の考え方	108
2. 2 りん除去の考え方	109
2. 3 OD 槽、最終沈殿池の容量設定	109
2. 3. 1 OD 槽の容量設定	109
2. 3. 2 最終沈殿池の容量設定	113

2. 3. 3	AOR、SOR	116
2. 4	必要設備	116
第3節	ケーススタディ	117
3. 1	設計条件	117
3. 2	概算建設費	117
3. 2. 1	水深が深い場合	119
3. 2. 2	汚泥処理フロー別	119
3. 2. 3	高度処理に対応する施設	119
3. 3	概算維持管理費	119
第6章	OD法の運転管理	122
第1節	基本事項	122
1. 1	ASRT	122
1. 2	ASRT制御	122
第2節	処理条件、施設能力の確認	124
2. 1	処理条件	124
2. 1. 1	水温、水質	124
2. 1. 2	流入負荷変動	124
2. 1. 3	目標水質	124
2. 2	施設能力の確認	124
2. 2. 1	酸素供給能力	125
2. 2. 2	最終沈殿池の水面積負荷	125
2. 2. 3	OD槽のHRT	126
第3節	運転管理手法の検討	126
3. 1	制御因子の検討	126
3. 1. 1	好気時間、汚泥引抜き量の検討	126
3. 1. 2	高度処理対応	127
3. 2	運転検討事例(既設処理場への適用)	128
3. 2. 1	設定条件	128
3. 2. 2	施設容量の検討	128
3. 2. 3	運転管理方法	129
第4節	運転管理における留意事項	130
参考文献		131

目 次

（ 技術評価の経緯 ）	1
（ 技術評価の目的 ）	1
（ 評価対象技術と内容 ）	2
（ OD 法の現状 ）	4
（ 運転管理手法の現状 ）	6
（ 窒素除去・負荷変動を考慮した運転管理手法:ASRT 制御 ）	6
（ OD 法による高度処理 ）	8
（ OD 法の設計の考え方 ）	9
（ OD 法の運転管理 ）	11

（ 技術評価の経緯 ）

近年、わが国では下水道事業の重点が地方市町村へ移行し、新規に建設される下水処理場はいわゆる小規模処理場が中心となっている。これらの小規模処理場には、維持管理が容易で負荷変動に強いなどの特性から、オキシデーショondiッチ法（以下 OD 法）が広く採用されており、その採用実績は平成 9 年度末で 366 ヶ所と小規模処理場の半数以上を占め、今後更に増加するものと考えられる。

OD 法については、日本下水道事業団理事長より技術評価委員会に過去 2 回の諮問があり、昭和 58 年 12 月には、主に有機物除去に係る除去特性等を述べた第 1 次報告書を、また昭和 60 年 9 月には、第 1 次報告書に窒素除去特性を加えた第 2 次報告書を答申した。

しかし、当時は国内における OD 法の稼働実績が少なく、調査対象施設も限られていたことから、施設構造および曝気攪拌装置等に関する技術的知見は充分ではなかった。また、適正な運転管理を行うための手法について、明確な記述もされていない。

これらの理由から、平成 10 年 9 月、日本下水道事業団理事長より技術評価委員会へ諮問があり、OD 法の運転管理手法および高度処理化について技術評価を行うこととなった。

（ 技術評価の目的 ）

前述の経緯から、これまで OD 法について実施してきた処理実績及び各種処理技術に関する調査結果を体系的に整理するとともに、新しい OD 法の設計や管理の考え方をとりまとめることを本技術評価の目的とする。

(評価対象技術と内容)

1. OD 法の定義

OD 法の定義は以下のとおりである。

- ①最初沈殿池を設けない。
- ②機械式エアレーション装置を有する無終端水路を反応タンクとし、低負荷で活性汚泥処理を行う。
- ③最終沈殿池で固液分離を行う。
- ④機械式エアレーション装置は、処理に必要な酸素を供給するほか、OD 槽内の活性汚泥と流入水を混合攪拌し、混合液に流速を与えて OD 槽内を循環させるとともに活性汚泥が沈降しないようにする。

2. OD 法の特徴

OD 法の一般的な特徴は以下のとおりである。

(1) 処理機能上の特徴

- ①流入下水に水量、水質の時間的変動があっても安定した有機物除去を行うことができる。
- ②汚泥滞留時間 (SRT) が長いために、処理過程で硝化反応が起こりやすい。
- ③生物学的硝化・脱窒反応により窒素を除去することができる。
なお、OD 法における硝化速度、脱窒速度は一般的な循環式硝化脱窒法に比べて小さい。
- ④脱窒を行うことによって硝化で消費されたアルカリ度の半分を回収することができ、処理水 pH の低下を防ぐことができる。
- ⑤処理水の透視度は良好である。

- ⑥活性汚泥浮遊物質（MLSS）の濃度が高いため、活性汚泥の沈降状態は界面沈降が支配的であり、沈降速度は遅い。
- ⑦汚泥発生率は、除去 SS 量当たり概ね 75% である。この比率は標準活性汚泥法について一般的にいられている数値に比較して小さい。
- ⑧OD 槽内の溶存酸素濃度（DO）は混合液の流れ方向に濃度勾配が生じるが、OD 槽内での混合液の循環時間が短いために MLSS、アルカリ度などの濃度はほぼ一様である。

（2）施設及び維持管理上の特徴

- ①施設構成単位が少なく、流入下水の水量、水質の変動に対して処理が安定しているので、維持管理に要する手間は少ない。
- ②水理的滞留時間（HRT）が長く、一般的には広い処理場用地を必要とする。
- ③OD 施設は、鉄筋コンクリート以外に POD や素掘り溝のような簡易な構造としても建設することができる。

3. 評価の内容

（1）OD 法の現状分析

現在稼働中の OD 法処理場について、施設概要、流入状況、処理状況、運転管理手法について整理を行う。

（2）OD 法の運転管理手法

OD 法については、第 1 次、第 2 次の答申の中で、「家庭下水の処理において、窒素除去に関して適正な施設設計、運転管理の配慮

がなされていれば、全窒素として概ね 70%以上の除去が可能な能力を有するものと認められる」とされながらも、窒素除去を行う運転方法に関する具体的な記述はない。この運転方法に対し、窒素除去を目的とする活性汚泥法の運転管理手法として開発された「ASRT 制御」を提案する。

(3) 高度処理への対応

OD 法は「ASRT 制御」を採り入れることで安定した窒素除去が可能となる。りん除去については物理化学的処理を付加することで対応可能である。そこで、OD 法における窒素・りん除去等の高度処理対応についての考え方及び設計手法を提案する。なお、OD 法における高度処理での有機物、窒素、りんの除去性能は、現在高度処理に採用されている処理方式と同程度もしくはそれ以上とする。

(OD 法の現状)

- (1) OD 法を採用している処理場のうち、全体計画が 5,000m³/日未満の割合は約 75%、3,000m³/日未満の割合は約 63%であった。
- (2) 曝気攪拌装置は横軸型ロータが約半数を占めているが、近年斜軸型、縦軸型ロータが増加している。
- (3) 下水の流入率（日平均流入量／現有処理能力）の平均は 40.6%であった。また、流入水量の変動は時間変動（時間最大汚水量／時間平均汚水量）で 130～260%、年変動（月平均汚水量の最大／年平均汚水量）で 110～250%であった。
- (4) 全処理場の 43%において、水温が最低となる月の平均水温が

10℃を下回っていた。

- (5) 有機物 (BOD、COD、SS) 除去は良好に行われており、処理水質の平均値は、BOD : 4 mg/l 以下、COD : 10 mg/l 以下、SS : 5 mg/l 以下であった。
- (6) 窒素除去を考慮した運転を行っている処理場は全体の約半数で、それらの処理場における全窒素 (T-N) 除去率の平均は約 75% であった。なお、T-N 除去率の低い処理場は脱窒が不十分であることが多く、流入率が低いほどその傾向は顕著であった。
- (7) 流入水の平均全りん (T-P) 濃度は約 4.7 mg/l、処理水の平均 T-P 濃度は約 1.7 mg/l であった。また 3ヶ所の処理場ではりん除去のために凝集剤を添加しており、これらの処理場の処理水の平均 T-P 濃度は 0.2mg/l であった。
- (8) OD 槽内の MLSS 濃度の平均は約 2,600 mg/l、MLVSS / MLSS 比の平均は約 74%、また SVI の平均は約 250 であった。
- (9) OD 法の処理水と標準活性汚泥法、回分式活性汚泥法、長時間曝気法の処理水とを比較したところ、BOD、COD、SS、T-N については標準活性汚泥法より低い濃度であったが、回分式活性汚泥法、長時間曝気法とは同等の水質であった。なお、T-P については標準活性汚泥法がもっとも低い濃度であった。
- (10) OD 法を採用している処理場全体では、除去 SS 量あたりの汚泥発生率の平均は約 69% であり、流入率が小さく、SRT が長いほど汚泥発生率が小さい傾向がみられた。ちなみに、

流入率が 50%以上の処理場の平均汚泥発生率は約 73%であった。また、汚泥発生率には水温との関係が認められ、水温が低下するほど大きくなる傾向がみられた。

(11) 処理水量あたりの汚泥発生量を流入率 50%以上の処理場でみると 120~130g/m³であった。

(運転管理手法の現状)

(1) 現在の OD 法の運転管理は、OD 槽内の DO 及び MLSS の値を一定範囲に保つ方法が一般的である。DO については処理場毎に異なるが、MLSS については概ね 2,000~3,500mg/l の範囲で管理されていた。

(2) 処理の安定化をはかるために好気-無酸素運転を行うには、一般に OD 槽内の一部に無酸素ゾーンを設けるか、好気攪拌と無酸素攪拌を繰り返す(間欠運転)方法がある。大半の処理場では、OD 槽容量が小さい、流入率が低い、安定した処理水質が得られる、汚泥の堆積を防止する等の理由から、間欠運転が行われていた。

(窒素除去・負荷変動を考慮した運転管理手法:ASRT 制御)

(1) ASRT の定義

OD 法においては、安定した有機物除去及び窒素除去を行うために、硝化脱窒運転を基本とする。硝化細菌は DO の存在下でのみ増殖が可能のため、硝化細菌を系内に保持するために必要な SRT として、好気状態における SRT を考慮する必要がある。これを ASRT (Aerobic SRT) と呼ぶ。

(2) ASRT 制御

ASRT 制御とは、流入水量の変動によらず、最低限必要とされる ASRT を確保するために行う以下の制御を指す。

- ①高負荷時の処理に必要な硝化細菌等の微生物量を系内に保持するため、流入負荷量に応じて汚泥引抜き量を増減する。
- ②微生物の死滅、活性低下を防ぐため、流入負荷量に応じて好気時間を調整する。

(3) ASRT 制御を用いた運転

- ①硝化細菌を系内に保持するために必要な ASRT を保つ運転により、大きな流入負荷変動が生じる場合でも、安定して有機物及び $\text{NH}_4\text{-N}$ の除去が可能である。また、無酸素時間を考慮した運転により脱窒が可能となり、良好な窒素除去が行える。
- ②余剰汚泥の引抜きを OD 槽から直接行うことで、流入水量の変動に対する MLSS 濃度の変動は流入 SS 濃度の変動幅程度で推移し、安定した処理が維持される。
- ③流入水量の変動に応じた好気時間の増減を行わず、必要以上に長い ASRT の運転を行った場合は、アルカリ度、pH が低下し、硝酸性窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$) が高い濃度で残存する。良好な窒素除去を確保するためには、流入水量に応じた的確な ASRT 制御の実施と、計画日最大汚水量流入時において好気攪拌と無酸素攪拌時間の比（好気：無酸素時間比）が 1：1 程度となる運転が可能な施設容量が必要である。
- ④流入水量に応じた的確な ASRT 制御とは、計画日最大汚水量流入時において、硝化に必要な ASRT 及び無酸素時間の確保が可能と

なるように、1日当たりの引抜き固形物量及び好気時間を設定するものである。流入率が低い場合には、流入率に比例して引抜き固形物量及び好気時間を低減させる。

(4) ASRT 制御に必要な機器

ASRT 制御を用いた運転の実施に際し、余剰汚泥を最終沈殿池から引抜く場合、OD 槽内 MLSS 濃度、余剰汚泥濃度、余剰汚泥引抜き量及び1日当たりの好気時間を管理する必要がある。そのためには、OD 槽内 MLSS および余剰汚泥の濃度計、定量性の高い余剰汚泥引抜きポンプならびに曝気攪拌装置の運転時間の制御を行うタイマが必要となる。

余剰汚泥を OD 槽から直接引抜く場合には、定量性の高い余剰汚泥引抜きポンプ、曝気攪拌装置制御タイマが必要となる。

(OD 法による高度処理)

(1) 窒素除去

OD 法において良好な窒素除去を行うためには、流入水量に応じた的確な ASRT 制御の実施と、計画日最大汚水量流入時においても好気：無酸素時間比が 1：1 程度とできる施設容量が必要である。

なお、このときの窒素除去率は 85% 以上である。

(2) りん除去

OD 法では、生物学的にりんを高度に除去することは難しい。

このため、りん除去には物理化学処理工程を付加する必要がある。りんの物理化学処理にはいくつかの方法があるが、付帯設備が簡単

で、処理効果が実績により証明されている凝集剤添加法を適用する。

（ OD 法の設計の考え方 ）

新しい設計手法は、ASRT 制御の実施及び必要に応じてりん除去のための設備を考慮した処理施設設計を目的とする。ここで、硝化細菌を系内に保持するために必要な ASRT は水温との間に高い相関性が得られていることから、施設容量等の設計にあたっては、水温を必ず検討項目に加える。また、窒素除去には硝化脱窒を行う必要があるため、OD 槽内に好気状態と無酸素状態を実現できる曝気攪拌装置の選定が不可欠である。

（ 1 ） OD 槽の容量について

OD 槽の容量（HRT）は、以下の項目を考慮して算定する。

① 設定水温（℃）

年間で最も水温の低下する時期の水温で設定する。この場合、特殊な条件により一時的に水温が低下する場合は、その水温は適用しない。

② ASRT（日）

ASRT の設定に際しては、日間変動比を考慮する。

③ 流入水 SS 濃度

各処理場の条件により設定する。実態調査によれば、スポットサンプルの累積 80% 値で約 200mg/l、コンポジットサンプルの累積 80% 値で約 160mg/l の値を得ている。

④ 流入比率（－）

冬期間等、年間で最も水温の低下する時期の流入比率で設定する。最も水温の低下する 2 月の水量と最も水量の多くなる月の

水量の比は、流入率 70% 以上の場合、2 月 / 7 月 = 0.87、流入率 50~70% の場合、2 月 / 8 月 = 0.83 であった。ただし、観光地等、特別の場合には別途考慮を必要とする。

⑤ 流入 SS に対する汚泥発生率 (-)

通常は 0.75 とする。処理場固有の値が得られている場合は、その値を用いる。

⑥ 好気 : 無酸素時間比

脱窒時間を考慮して、一般的には流入率 100% の条件において、好気・無酸素時間比を 1 : 1 に設定することを基本とする。

(2) 最終沈殿池の水面積負荷について

最終沈殿池の水面積負荷は、以下の項目を考慮して算定する。

① 流入水量の時間変動比 (-)

各処理場の条件により設定する。実態調査によれば、時間変動比は平均 2 程度であった。

② 流入比率 (-) および水温 (°C)

OD の容量算定と同じ設定とする。

③ SVI

SVI は 250~350 とする。処理場固有の値の得られている場合は、その値を用いる。

(3) 曝気攪拌装置の能力について

計画日最大汚水量流入時においても好気 : 無酸素時間比を 1 : 1 とする好気 - 無酸素運転を前提とするため、曝気攪拌装置の能力は日最大汚水量流入時における 1 日の必要酸素量を 12 時間で供給で

きるものとする。

(4) りん除去について

凝集剤添加施設及び凝集剤添加量は、「高度処理施設設計マニュアル(案)」等を参考に、流入水質及び目標処理水質から設定する。

(OD 法の運転管理)

(1) OD 法では、硝化細菌を系内に保持するために必要な ASRT を確保する。

(2) 処理の安定化のために「ASRT 制御」を実施する。

(3) ASRT 制御の実施においては水温、曝気攪拌装置の酸素供給量、汚泥発生量、MLSS 濃度、最終沈殿池の水面積負荷等を相互にチェックし、適正な運転管理指標(汚泥引抜き量、好気時間)を設定する。

(4) 高度処理を目的として高い窒素除去率を維持するためには、計画日最大汚水量流入時における好気：無酸素時間比を 1 : 1 もしくは無酸素時間をそれ以上確保する。また、りん除去には凝集剤を用いる。