

活性汚泥モデルの実務利用の 技術評価に関する報告書

平成 1 8 年 1 月

日本下水道事業団 技術評価委員会

目 次

(技術評価の経緯) -----	1
(技術評価の目的) -----	1
(評価対象技術) -----	2
(評価の範囲) -----	2
(活性汚泥モデルの特徴) -----	3
(適用目的) -----	4
(活性汚泥モデルの適用方法) -----	4
(適用上の留意事項) -----	5
(その他の留意事項) -----	6

(技術評価の経緯)

下水処理の高度化・低コスト化に対する要請はますます強くなってきており、各処理場固有の条件を考慮したプロセスや運転条件の最適化を一層進めていく必要がある。しかし、現行の設計・維持管理手法では、様々な条件でのプロセスの挙動を厳密に予測することが困難であるため、余裕を持った諸元・運転条件の設定を行なう必要があり、コスト増加の原因となっている。

活性汚泥モデルを利用したシミュレーション技術は、任意の施設構成・運転条件について、プロセスの挙動をコンピュータ上で再現するもので、従来の手法では困難であった予測・解析を行なうことができる。世界的に見ると下水処理場の設計・維持管理の支援ツールとして定着しつつある国もあるが、我が国では広く利用されるには至っていない。その大きな要因の一つとして、我が国での実務の場を想定した利用方法が整備されていないことにある。活性汚泥モデルによる予測の信頼性、必要なデータ、モデルのキャリブレーションの方法など、利用に当たって必須となる情報が明確にされていないため、ユーザーが経験と試行錯誤によりモデルを最適化する必要があり、普及の大きな妨げになっている。

今後、下水処理場の設計・維持管理等の実務の場で活性汚泥モデルを積極的に利用していくためには、このような情報を整備し公開していくことが必須と言える。

以上のような背景から、平成16年10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、活性汚泥モデルの実務利用について技術評価を行なうこととなった。

(技術評価の目的)

前述の経緯から、これまでの活性汚泥モデルの実務利用に関する調査結果、

知見を整理することにより、活性汚泥モデルによる予測の信頼性、必要なデータ、モデルのキャリブレーションの方法等、利用にあたって必須となる情報や留意事項を明確にし、下水処理場の設計・維持管理等の実務の場において活性汚泥モデルの積極的かつ適正な利用を促進することを、本技術評価の目的とする。

(評価対象技術)

本技術評価で対象とする活性汚泥モデルは、活性汚泥中での各種反応について、反応速度論（反応速度とその影響因子）及び化学量論（反応による物質変化量）を数学的に記述したものであり、活性汚泥の有する機能の内部構造を比較的实际の現象に近い形でモデル化したものである。対象とする場（活性汚泥法の反応タンク内）での物質収支式の中で適用することにより、コンピュータ上でのシミュレーションを可能とするものである。

(評価の範囲)

本技術評価の範囲は、適用目的の設定から入力データの採取方法、キャリブレーション方法、シミュレーション方法、結果の利用方法までとする。

本技術評価においては、活性汚泥モデルとして、その内容が公開され世界的に広く普及している IWA (国際水協会) の活性汚泥モデル (ASM シリーズ) を対象とする。

ASM シリーズには、ASM 1、ASM 2、ASM 2 d、ASM 3 がある。このうち ASM 2 d は、りん除去まで含めたシミュレーションツールとして多くの実績を有しているため、本技術評価の対象としては ASM 2 d を中心とする。

なお、活性汚泥プロセスのシミュレーションを行なうためには、反応タンクの水理学的条件やエアレーション、最終沈殿池における固液分離及び汚泥引抜き等を別途、付帯モデルによって表現する必要があるが、これらの付帯モデルの特性については、本評価の対象には含めない。

(活性汚泥モデルの特徴)

IWAによりこれまでに公表されているモデル（ASMシリーズ）には、以下のような共通した特徴がある。

- (1) 活性汚泥が持つ機能の内部構造を、比較的实际の現象に近い形でモデル化している。活性汚泥中の生物による基質の利用・増殖や自己分解を記述しており、その結果として水質や固形物量の変化が予測されるという構造で、ブラックボックス的な要素を極力排している。
- (2) 物質収支に基づいたモデルであり、各物質種の連続性が完全に保たれている。各反応における成分の変化量はマトリクスにより一覧できる。
- (3) 物質収支を重視する立場から、有機物の指標として下水中の有機物のほぼ全量を表現していると考えられる COD_{Cr} を用いている。また、有機物は主として生物分解性に基づき、さらに細分化された指標により記述される。
- (4) 反応速度の記述は、主として Monod 型の関数に基づく。また、環境条件の影響が関数により表現されているため、全ての反応タンクや区画について同一の反応速度論を適用できる。
- (5) モデル中のパラメータにはデフォルト値と呼ばれる標準値が示されているが、実際に使用する値については、利用者の判断に委ねられている。

なお、これらの活性汚泥モデル自体は、活性汚泥中での各種反応について、反応速度とその影響因子及び反応による物質変化量を記述したものであるため、実際の活性汚泥プロセスのシミュレーションを行なうためには、反応タンクの水理学的条件やエアレーション、最終沈殿池における固液分離及び汚泥引抜き等を別途の付帯モデルによって表現する必要がある。

(適用目的)

活性汚泥モデルの実務への適用目的としては、入力データが適用施設の状況を十分に反映しているものであることを前提として以下の目的が考えられる。

- (1) 運転管理支援（最適運転手法の設定、使用エネルギー削減、運転条件変更時の処理状況予測、プロセス制御等）
- (2) 設計支援（施設計画における意思決定、既施設の改造や高度処理化に関する基本設計の妥当性チェック）

(活性汚泥モデルの適用方法)

活性汚泥モデルを用いたシミュレーションにより運転管理支援や設計支援に関する各種検討を行う場合には、原則として、以下の手順によって行なう。

(1) 検討課題の設定

検討を開始するに当たって、その最終目標や活性汚泥モデルによる検討範囲及び目標、活性汚泥モデルによる予測の所要精度などを明確にする。
また、予測対象とする各種シナリオについて検討する。

(2) データの収集と対象施設の運転条件の把握

運転日報・月報等の資料・データを収集し、対象施設の現況を把握する。

また、状況解析及びキャリブレーションのために、新規に収集が必要なデータがあれば採取する。

(3) 処理状況の解析

対象施設の運転・処理状況について、キャリブレーションにおいて使用予定の時期を中心に処理プロセスの定常性、プロセスの物質収支、反応タンク各区画での現象等について解析する。

(4) プロセスモデルの構築

対象施設をシミュレーションするために必要となる付帯モデルを組み合わせ、プロセスモデル(対象施設の物理的仕様や水理学的条件を記述し、活性汚泥プロセスとしてのシミュレーションを可能としたモデル)を構築する。

(5) キャリブレーション

シミュレーション結果が対象施設の実態データに合致するよう、モデル中の各種パラメータ値や流入水質分画成分構成等を調整する。また、パラメータ値等の調整後には、その結果の検証を行なう。

(6) シミュレーション

キャリブレーションを終了したモデルを用いて、事前に検討した各種シナリオに基づいたシミュレーションを行なう。シミュレーションにより得られた予測結果について比較・評価を行ない、最終的な意思決定のために必要な情報を得る。

(適用上の留意事項)

(1) 対象とする施設

家庭排水を主体とする都市下水を活性汚泥法により処理する施設とする。

なお、処理対象である排水において雨水や工場排水、投入し尿の比率が大きい場合など、家庭排水とは著しく分解特性の異なる特殊な排水を対象とする場合には、適用方法について個別に検討する必要がある。

(2) 最終沈殿池の機能に関する制約

現状では最終沈殿池において固形物の挙動を的確に予測する付帯モデルはないので、処理水のSS濃度の予測は対象外とする。バルキングを予測する生物モデルもないので、その予測も対象外とする。

(3) シミュレータ

活性汚泥モデルをコンピュータ上で運用するために、数種類のシミュレータが開発されているが、根幹をなすプログラムはASMで共通しているため、本評価の考え方は、シミュレータに係らず適用可能である。

(その他の留意事項)

今後、活性汚泥モデルを実務において有効に活用するためには、下水道事業に携わる様々な立場の技術者が、それぞれの立場で課題解決の手段として活性汚泥モデルを実務で積極的に使う工夫をすることが重要である。そして、そのような現場での利用事例や経験の積み重ね、得られた情報の共有を通じて、活性汚泥モデル利用に関する人材育成を図ってゆく必要がある。