

〈ノート〉

汚泥沈降モデルを用いた雨天時下水処理制御技術の成立性評価

西田佳記¹⁾, 圓佛伊智朗¹⁾, 田中景介²⁾, 松葉祐亮²⁾
山下尚之³⁾, 田中宏明²⁾

¹⁾ 株式会社日立製作所

(〒319-1292 茨城県日立市大みか町7-1-1 E-mail: yoshinori.nishida.js@hitachi.com)

²⁾ 京都大学大学院工学研究科

(〒520-0811 滋賀県大津市由美浜1-2 E-mail: tanaka.keisuke.47x@st.kyoto-u.ac.jp)

³⁾ 愛媛大学大学院農学研究科

(〒790-8566 愛媛県松山市樽味3-5-7 E-mail: yamashita.naoyuki.kt@ehime-u.ac.jp)

概要

下水処理場からの雨天時放流汚濁負荷を低減する手法として、既存施設の処理能力を最大限活用し、簡易処理放流量を減らす雨天時活性汚泥法が提案されている。本処理法は処理水質や処理機能を維持するため、活性汚泥が流出しないように処理流量を制御する必要がある。本研究では、制御技術により汚泥流出抑制と生物処理量最大化を両立させるため、最終沈殿池での汚泥沈降状況を評価する汚泥沈降モデル、およびモデル予測結果に基づく処理流量制御技術を構築し、ケーススタディにて制御の成立性と放流汚濁負荷低減効果を評価したので報告する。

キーワード：合流式下水道，分流式下水道，雨天時活性汚泥法，汚泥沈降モデル，流量制御

原稿受付 2018.6.11 原稿受理 2018.8.31

EICA: 23(2・3) 40-46

1. はじめに

1.1 雨天時下水処理の課題

放流先水域の水質改善のため高度処理化が推進される中、雨天時における下水処理場からの放流汚濁負荷の低減も重要な課題である¹⁾。汚水と雨水を同一の管で排除する合流式下水道では、降雨時に下水処理場への流入水量が増大する。流入水量が高級処理を行う計画下水量（以下、計画水量）を超えた際、その超過分は生物処理を経ずに簡易処理水として放流されることがある。その場合、処理が不十分となり、有機物などの放流汚濁負荷の上昇や、ウイルスの流出が懸念される²⁾。

これに対し、既存施設の処理能力を最大限活用する手法として、雨天時活性汚泥法（以下、3W法；Wet Weather Wastewater treatment method）が考案され、導入が進んでいる^{3,4)}。3W法では、計画水量を超える下水の一部もしくは全量を生物反応槽（以下、反応槽）の後段にステップ流入させ、生物処理量を増大させる。ステップ流入した下水中の有機物は、活性汚泥の初期吸着現象により短時間で除去されるため、放流汚濁負荷を低減できる。また、3W法によりウイルスの流出量が低減したとの報告もなされている²⁾。一方で、生物処理量を確保するために反応槽への流入水量（以下、反応槽流入水量）を過度に増加させると、最

終沈殿池における活性汚泥の沈降時間が不足して沈降性が低下するため、汚泥流出リスクを高めるという課題がある。

1.2 雨天時下水処理における運転制御手法の知見

雨天時下水処理において汚泥流出を防ぐためには、最終沈殿池での汚泥沈降特性に基づき、適切なMLSS（Mixed Liquor Suspended Solids：活性汚泥浮遊物質）濃度の設定や反応槽流入水量の制御などを実施する必要がある。本節では、活性汚泥の沈降特性に関する既往研究や、下水処理における汚泥流出抑制のための運転制御手法に関する知見を述べる。

(1) 活性汚泥の沈降特性

活性汚泥の沈降について、干渉沈降における汚泥沈降速度は、式(1)に示すように汚泥濃度に対して指数関数的に減少することが知られている⁵⁾。式(1)における係数 V_0 、 k はSVI（Sludge Volume Index：汚泥容量指標）の関数で表すことが出来るとされ、既往論文⁶⁾にて複数の関係式がまとめられている。そのうちの一例⁷⁾を式(2)、(3)に示す。また、汚泥沈降速度は、汚泥濃度とSVIに加えて水温の関数として表される場合もある⁸⁾。

$$V = V_0 \cdot \exp(-k \cdot X) \quad (1)$$

$$V_0 = \exp(2.605 - 0.00365 \cdot DSVI) \quad (2)$$

$$k=0.249+0.002191 \cdot DSVI \quad (3)$$

V (m/h)：汚泥沈降速度， X (g/L)：汚泥濃度， $DSVI$ (L/g)：希釈汚泥に対するSVI， V_0 (m/h)， k (L/g)：係数である。

(2) 汚泥流出抑制のための運転制御手法

最終沈殿池の設計仕様として、有効水深や水面積負荷などの適正範囲が設計指針⁹⁾で規定されており、一般的に適正範囲内となるように運転がなされている。

また、汚泥沈降速度を用いた管理基準値の設定手法も報告されている。例えば、限界フラックス理論では、汚泥沈降速度および汚泥引抜き量から算出される質量フラックスに基づき限界フラックスを導出し、必要な水面積負荷を設定する⁵⁾。また、3W法では、最終沈殿池への水面積負荷に対する活性汚泥の沈降速度の比率と二次処理水濁度との関係から、汚泥流出リスクを低減できるMLSS濃度を設定している⁴⁾。

さらに、3W法では最終沈殿池流出部に設置した濁度計により活性汚泥の流出状況を監視することで、フィードバック的に反応槽流入水量を制御している³⁾。

1.3 解決すべき課題と本研究の目的

1.2節で示した従来の雨天時下水処理における運転制御手法の課題として、汚泥沈降状況によっては生物処理量の増大や汚泥流出リスクの低減が可能であり、制御適正化の余地があることが挙げられる。MLSS濃度など管理基準を設定している例では、現時点の汚泥沈降状況が基準設定時と異なる場合があり、流入条件や運転条件によっては反応槽流入水量をさらに増大できる可能性がある。また、二次処理水濁度に基づく反応槽流入水量のフィードバック制御では、汚泥流出抑制による処理水質確保に効果はあるものの、流量制御の時間遅れによる汚泥流出リスクの上昇が懸念される。

そこで、本研究では、雨天時処理において安定的に汚泥流出を抑制しつつ、生物処理量を最大化するモデルベース流量制御ロジック（以下、開発制御ロジック）の構築を目的とした。本論文では、制御適用を想定した実用的な汚泥沈降モデル、および汚泥沈降モデルを用いた開発制御ロジックの成立性について、下水処理場での雨天時調査結果を用いたケーススタディにより評価した。併せて、MLSS濃度や返送流量などの運転条件による制御結果への影響についても試算した。

2. 汚泥沈降モデルを用いた雨天時制御技術

2.1 概要

汚泥沈降モデルは、汚泥流出リスクの評価指標として汚泥界面高さを予測し、その結果に基づき開発制御ロジックにおいて反応槽流入水量の設定値を算出する。

これにより、汚泥流出リスクを許容範囲内としつつ、生物処理量を最大限増加させる。

Table 1に今回構築した汚泥沈降モデルおよび開発制御ロジックにおける設定パラメータ、入出力データを示す。パラメータ調整業務の軽減および新規センサの導入抑制を目的に、一般的な計測データを活用し、モデル式およびパラメータを限定してモデル予測および制御を実施する。以下、汚泥沈降モデルおよび開発制御ロジックについて述べる。

Table 1 Input parameters and data for sludge settling model and developed control logic

対象	設定パラメータ	入力データ	出力データ
汚泥沈降モデル	・汚泥沈降速度式の係数 V_0, k	・反応槽流入水量 ・返送汚泥量 + 余剰汚泥量 ・MLSS濃度 ・SVI ・最終沈殿池の設備仕様	・汚泥界面高さ
開発制御ロジック	・汚泥沈降速度式の係数 V_0, k ・汚泥界面上限		・反応槽流入水量設定値

2.2 汚泥沈降モデル

本研究で構築した汚泥沈降モデルの概要を Fig. 1に示す。本モデルでは、反応槽から最終沈殿池へ単位時間当たりに流入した活性汚泥混合液を1つの汚泥柱と定義し、汚泥柱の挙動を水平・鉛直方向に分けて再現するものである。

最終沈殿池では活性汚泥の沈降や掻き寄せに加え、流入・越流時の巻き上げや汚泥引き抜きなどの局所的な影響を受け、汚泥の挙動は極めて複雑である。そのため、沈殿池内での汚泥沈降の挙動を詳細に再現するには、複数のモデル式や係数が必要であり、係数調整など維持管理上の負担となることが懸念される。

そこで、本モデルでは、実運用での適用を想定し、汚泥沈降に係る影響因子の限定、局所的な影響の平均化により、予測精度を維持できる範囲でモデルの簡略化を図った。また、開発制御ロジックにより、流入変動に応じて適切に反応槽流入水量を算出するため、押し出し流れの概念を活用し、最終沈殿池に流入した汚泥柱の情報を追跡できるようにした。以下、汚泥沈降モデルの概要について述べる。

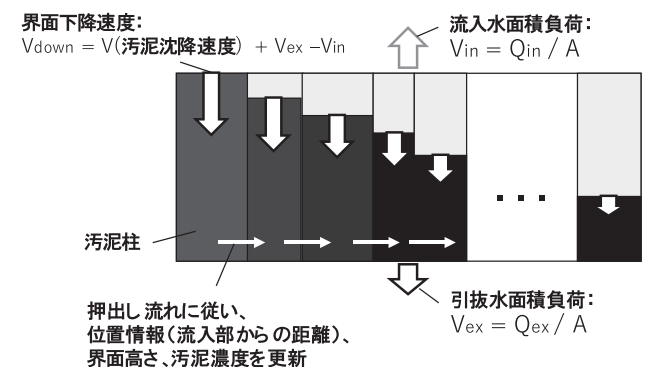


Fig. 1 Outline of the developed sludge settling model in final sedimentation tank

本モデルでは、鉛直方向の汚泥界面変化について、入力項目の計測が容易で、影響が大きいと考えられる3つの因子に限定した。1つ目は流入水面積負荷（式(4)）であり、上向流速を表す。2つ目は下降流速を表す引拔水面積負荷であり、式(5)により算出する。最終沈殿池の流入・越流・引拔による界面への影響は沈殿池内部の位置によってその大きさが異なると考えられるが、本モデルでは水面積負荷とすることで、沈殿池全体でその影響度を平均化する。3つ目は静置状態での下降速度を表す汚泥沈降速度（式(1)）である。これら3つの要素を式(6)に入力し、単位時間当たりの界面高さの変化量として界面下降速度を算出する。なお、本研究における界面高さは、最終沈殿池底部から汚泥界面までの距離と定義した。

$$V_{in}(t) = \frac{Q_{in}(t)}{A} \quad (4)$$

$$V_{ex}(t) = \frac{Q_{ex}(t)}{A} \quad (5)$$

$$V_{down}(t) = V(t) + V_{ex}(t) - V_{in}(t) \quad (6)$$

$V_{in}(t)$ (m/h)：時刻 t での流入水面積負荷（以下、 (t) は時刻 t での値を表す）、 $V_{ex}(t)$ (m/h)：引拔水面積負荷、 $V(t)$ (m/h)：汚泥沈降速度、 $V_{down}(t)$ (m/h)：界面下降速度、 $Q_{in}(t)$ (m³/h)：反応槽流入水量、 $Q_{ex}(t)$ (m³/h)：汚泥引抜量（返送流量と余剰汚泥量の合計）、 A (m²)：最終沈殿池の水面積である。

一方、水平方向の移動は、押し出し流れの考え方を採用し、最終沈殿池に流入した汚泥柱は所定時間ごとに位置、界面高さ、汚泥濃度の情報を更新しながら移流していくものとした。各情報の計算方法に関する考え方を **Table 2** に示す。位置および界面高さはそれぞれ沈殿池の流入部、底部を起点とした値である。最終沈殿池に流入した汚泥柱、つまり最上流の汚泥柱の位置は汚泥柱の流下方向の長さとし、界面高さは沈殿池の有効水深、汚泥濃度は MLSS 濃度とした。一方、最上流以降の汚泥柱について、流入部からの距離は最上流の汚泥柱分だけ水平方向に移動するとし、界面高さや汚泥濃度は界面下降に従い変化するものとした。

上記のとおり、最終沈殿池における汚泥界面の時間および空間的变化を追跡し、最終沈殿池流出部での界面高さを算出し、汚泥流出リスクを評価する。

Table 2 Calculation of horizontal movements in sludge settling model

項目	最上流の汚泥柱	最上流以降の汚泥柱
位置情報： 流入部からの距離	汚泥柱の流下方向長さ (=沈殿池流入水量/断面積)	最上流の汚泥柱分だけ移動
界面高さ	沈殿池有効水深	界面下降速度に従い、下降
汚泥濃度	MLSS 濃度	界面高さの低下に伴い、濃縮
界面下降速度	式(6)に従う	

2.3 汚泥沈降モデルを用いた反応槽流入水量制御

開発制御ロジックの概要を **Fig. 2** に示す。開発制御ロジックでは、反応槽流入水量や汚泥引抜量、MLSS 濃度を入力値とした汚泥沈降モデルによる界面高さ予測値が上限値を超過しないように反応槽流入水量を制御する。以下、制御ロジックの概要を述べる。

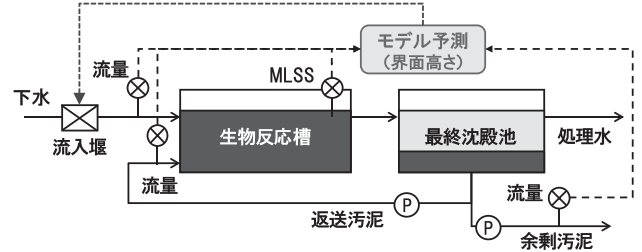


Fig. 2 Outline of developed control logic

最終沈殿池からの汚泥流出リスクを十分に低下させるには、各汚泥柱が沈殿池流出部に到達するまでに、汚泥界面を指針等⁹⁾に基づく界面上限 H_{up} 以下にする必要がある。この関係は式(7)で表され、右辺に示す界面上限までの下降時間が、左辺に示す流出部までの所要時間以下とする必要がある。式(7)の等式を反応槽流入水量について解くことで、各汚泥柱の流量上限値を算出する。そして、各汚泥柱の流れ方向長さに応じて加重平均することで、反応槽流入水量の上限値を算出し、流入堰などを操作する。なお、返送流量については流量一定や返送比一定など従来の運転方法に従うものとした。また、平均汚泥沈降速度 $V_{av_i}(t)$ は、現時点の汚泥濃度と、界面高さが界面上限に到達した際の推定汚泥濃度とから式(1)に基づき算出する。

$$\frac{S \cdot (L - L_i(t))}{Q_{in} + Q_r} \geq \frac{H_i(t) - H_{up}}{V_{av_i}(t) - \frac{(Q_{in} - Q_{ex})}{A}} \quad (7)$$

Q_{in} (m³/h)：反応槽流入水量、 Q_r (m³/h)：返送流量、 $Q_{ex}(t)$ (m³/h)：汚泥引抜量、 S (m²)：最終沈殿池の断面積、 L (m)：最終沈殿池の長さ、 $L_i(t)$ (m)：汚泥柱 i (上流側から i 番目の汚泥柱)の位置、 $V_{av_i}(t)$ (m/h)：流出部到達までの汚泥沈降速度の平均値、 H_{up} (m)：界面上限、 $H_i(t)$ (m)：汚泥柱 i の界面高さである。

3. 雨天時調査結果に基づくケーススタディ

3.1 雨天時採水調査

汚泥沈降モデルおよび開発制御ロジックに関するケーススタディに用いるため、分流一部合流区域のA下水処理場にて採水調査を実施し、雨天時運転データを取得した。A下水処理場は、合流改善事業として雨水貯留施設が設置されたが、分流区域からの

不明水流入などの影響により、現状においても雨天時に流入下水水量が増加する場合がある。そこで、下水処理場内でのさらなる対策として開発制御ロジックの適用性を評価した。

採水調査は2017年10月21日2時~23日11時に実施し、調査期間における総降雨量は187mmに達し、簡易処理放流も発生していた。採水調査を実施した系列の概要、施設計画値をFig.3に示す。対象系列は凝集剤添加標準活性汚泥法であり、反応槽4池、最終沈殿池(有効水深:3.8m)3池がそれぞれ並列で設置されている。反応槽の計画水量は系列全体で1,396 m³/hである。調査では、最初沈殿池流出水(以下、初沈流出水)と二次処理水を2時間ごとに採水し、汚泥流出の判断指標として濁度を計測した。

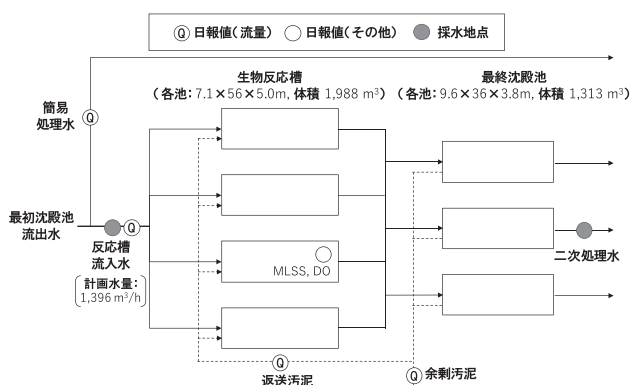


Fig. 3 Specifications of A-wastewater treatment plant where sampling survey conducted and sampling points

3.2 汚泥沈降モデルの適用性評価方法

A 下水処理場での雨天時調査結果を用い、汚泥沈降モデルにより汚泥流出リスクを予測できるか試算した。Table 3にモデルへの入力項目を示す。流入・運転条件について、水量、MLSS濃度は日報値に基づき入力した。なお、日報における水量データは系列全体での値であったため、各池には均等に流入していると仮定し、反応槽については日報値を4等分、最終沈殿池については日報値を3等分にして算出した。モデルパラメータとして、汚泥沈降速度式(式(1))の係数 V_0 , k は、事前調査におけるSVI 148 L/gを式(2), (3)に代入して算出した (V_0 : 7.88 m/h, k : 0.57 L/g)。

また、設計指針⁹⁾において汚泥界面が水面から1.0~1.5mの範囲になると汚泥流出リスクがあるとされている。そこで、本研究では水面から1.0mの高さである2.8mを汚泥流出リスク判定基準、つまり界面上限 H_{up} (式(7))として設定し、汚泥沈降モデルによる最終沈殿池末端の界面高さ計算値と二次処理水濁度の関係を比較し、汚泥流出状況を再現できるか評価した。

Table 3 Input parameters for validation of sludge settling model

分類	項目	数値
流入・運転条件	反応槽流入水量・返送流量・余剰汚泥量・MLSS	日報値
	SVI	148 L/g
汚泥沈降モデルのパラメータ	V_0 (汚泥沈降速度式の係数)	7.88 m/h
	k (汚泥沈降速度式の係数)	0.57 L/g
	計算周期	6 min
	流出リスク判定基準 (=界面上限 H_{up})	2.8 m

3.3 雨天時流量制御の適用効果試算

(1) ケーススタディにおける設定ケース

本研究では、開発制御ロジックの適用効果を試算するため、ケーススタディを実施した。ケーススタディでは、採水調査時の運転に対する開発制御ロジックの適用効果に加え、MLSS濃度や返送流量といった運転条件による制御結果への影響についても試算した。Table 4に今回のケーススタディにて設定した運転条件を示す。従来の運転条件に加え、開発制御ロジックを適用する3つのケース①~③を設定した。以下、各ケースでの設定条件について述べる。

ケース①では、開発制御ロジック適用による汚泥流出リスク低減効果を評価するため、MLSS濃度や返送流量は従来条件と同等とした。

ケース②では、ケース①との比較により返送流量の影響を評価するため、従来の流量480 m³/h一定運転から返送比一定運転へ制御方式を変更した。返送比は、全国の下処理場¹⁰⁾における中央値0.58を用い、ポンプ仕様による制限を考慮し、計画水量に対する返送流量810 m³/h(=計画水量1,396 m³/h×返送比0.58)を系列全体での流量上限値として設定した。この制御方式の変更により返送流量が大きくなることが見込まれ、式(6)における界面下降速度が大きくなり、沈殿池への受入可能量を増大できると考えた。

ケース③では、ケース②との比較によりMLSS濃度の影響を把握するため、調査時の変動に対して0.9倍濃度で推移したと仮定した。MLSS濃度も界面下降速度の影響因子であり、濃度低下に伴い界面下降速度が大きくなり、受入可能量を増大できると考えた。

Table 4 Set conditions in case-study for evaluation for effects of developed control system and changes of operational conditions

パラメータ	従来条件	開発制御ロジック適用条件		
		ケース① (開発制御)	ケース② (開発制御+返送)	ケース③ (開発制御+返送+MLSS)
反応槽流入水量	日報値	開発制御ロジックによる流量計算値		
返送流量	流量一定	流量一定	返送比0.58一定(上限値あり)	返送比0.58一定(上限値あり)
MLSS	日報値	日報値	日報値	日報値比:0.9倍

(2) 試算方法および評価項目

本ケーススタディでは、Table 4に示した各条件に

において、開発制御ロジックにより算出した反応槽流入水量の上限値を設定流量として汚泥沈降モデルに入力し、汚泥流出リスクや放流汚濁負荷を試算した。開発制御ロジックおよび汚泥沈降モデルでの計算における設定パラメータは **Table 3** に従った。

評価項目は、濁質成分（濁度）に関する放流汚濁負荷とし、簡易処理水と二次処理水の2つの負荷量の合計値から算出した。簡易処理水濁度は初沈流出水での計測値を用いた。二次処理水濁度については、従来条件では各時刻の調査結果を用い、開発制御ロジックを適用したケース①～③では、汚泥流出リスクを十分抑制できたとし、調査期間において汚泥流出のなかった時間帯の平均濁度（3.8 NTU）とした。

4. 結果および考察

4.1 雨天時採水調査

2017年10月に実施したA下水処理場での雨天時調査結果として、**Fig. 4(a)**に降雨強度、反応槽流入水量（生物処理量）、簡易処理水量を示し、**Fig. 4(b)**に返送流量、余剰汚泥量を示し、**Fig. 4(c)**にMLSS濃度、初沈流出水および二次処理水の濁度を示す。水量データについては日報値、つまり系列全体での値である。なお、10月23日1時～6時の反応槽流入水量について、日報値では4,000 m³/h以上と急激に上昇して極めて大きい値を示していたが、筆者らが設置した流量計に基づく2,700 m³/h付近であったこと、10月22日8時～10月23日0時までの反応槽流入水量が2,720 m³/h付近で一定となっていたことから、上記時間帯においても2,720 m³/hであったと仮定して以降の試算を実施した。

Fig. 4(a)において、反応槽流入水量は最大2,978 m³/hと計画水量の2倍程度を生物処理していたが、10月21日の11時から継続した降雨の影響で、10月22日10時から簡易処理放流が発生していた。

Fig. 4(b)において、A処理場では返送流量はほぼ一定値で運転されており、また余剰汚泥量は極めて小さくなっていた。

Fig. 4(c)において、10月21日16時、10月22日6時～8時にかけて二次処理水の濁度が上昇しており、活性汚泥が一部流出していた可能性が高かった。これらの時間帯はMLSS濃度が高く、反応槽流入水量も上昇していたため、最終沈殿池への汚泥流入量が増加し、汚泥の沈降が不十分となったと考えた。一方、10月22日10時以降は、反応槽流入水量は高い値であったが、二次処理水濁度は低い値を示した。これは、MLSS濃度の低下に伴い汚泥沈降速度が上昇し、汚泥界面が十分に下降したためであると考えた。

4.2 汚泥沈降モデルの適用性の評価結果

2.2節に示した最終沈殿池における汚泥沈降モデルにより汚泥流出リスクを評価できるか、雨天時採水調査の結果を用いて試算した。その結果を**Fig. 5**に示す。第1縦軸（左側）が最終沈殿池末端での界面高さの計算値であり、0.0 mは沈殿池底部、3.8 mは沈殿池水面を表している。界面高さが大きくなるにつれ、汚泥柱は水面に近づき、汚泥流出リスクは高くなる。**Fig. 5**において、二次処理水濁度が上昇している時間帯（10月21日16時、10月22日6～8時、10月23日8時）と、界面高さがリスク判定基準を上回った時間帯が一致した。このように界面高さの計算値から汚泥流出の傾向を再現できたことから、汚泥沈降モデルにより汚泥流出リスクを予測可能である見通しを得た。

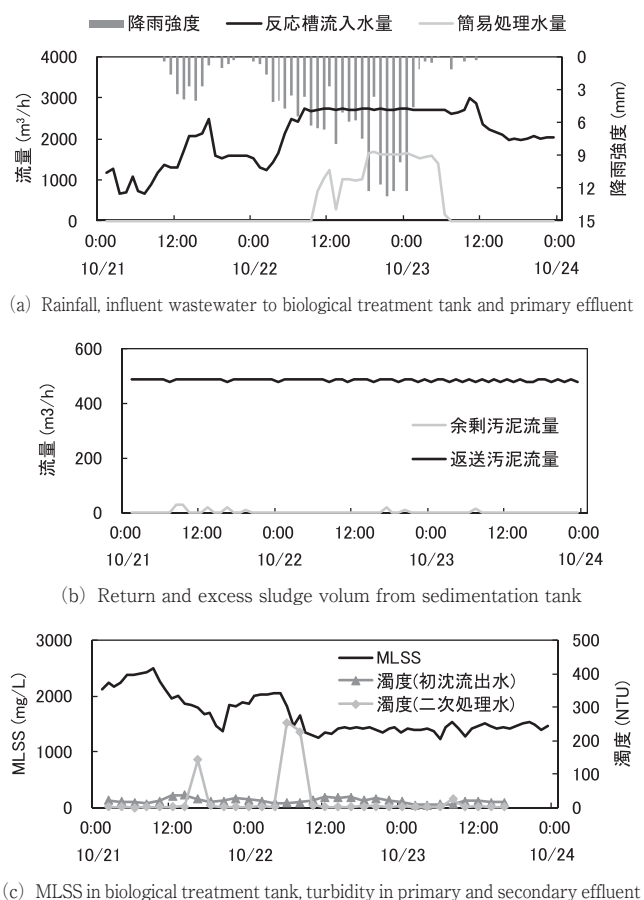


Fig. 4 Operational conditions and sampling survey results in A-Wastewater Treatment Plant

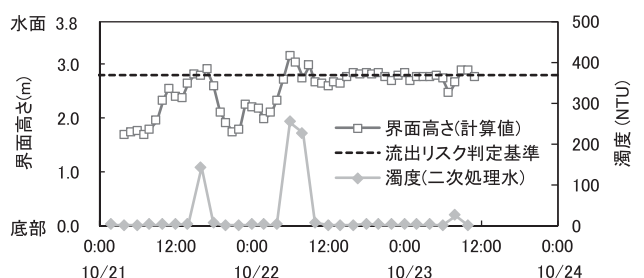


Fig. 5 Comparison of sampling survey and estimation by sludge settling model

ただし、今回の検証は1回の調査結果に基づくものであり、水温等の季節変化や凝集剤の注入による汚泥沈降性の変動の反映や、汚泥界面に加えて二次処理水中の汚泥濃度予測など、さらなるモデルの精度検証および改良を進めていく必要があると考える。

4.3 雨天時流量制御ロジックの適用効果の試算結果

ケーススタディにおける試算結果として、対象期間における反応槽流入水量と簡易処理水量、また試算した界面高さの最大値を Fig. 6 に示す。従来条件では界面高さの最大値が流出リスク判定基準 (2.8 m) を大きく超過しているのに対し、開発制御ロジックを適用したケース①～③では最大値においても基準値と同等程度とすることができ、汚泥流出リスクを低減できる試算結果となった。簡易処理水量を見ると、開発制御ロジック適用のみのケース①では汚泥流出抑制のため従来条件より若干増加したが、ケース②、③において返送流量が大きく、MLSS 濃度が低くなるにつれて減少した。これは、運転条件改良により界面下降速度が大きくなり、最終沈殿池への受入可能量を増大できたためであった。これにより、ケース②、③の条件では従来条件より簡易処理水量を削減できる見通しを得た。

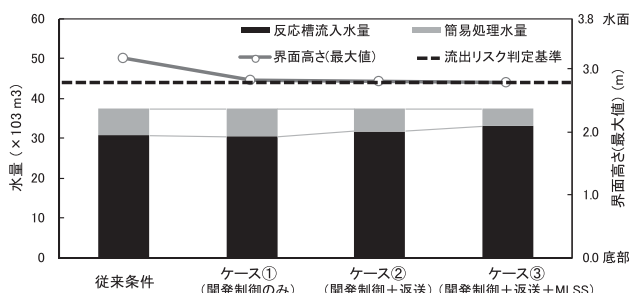


Fig. 6 Effects of developed flow rate control and changes of operational conditions on bypass discharge and height of sludge-liquid interface

次に、濁質成分に関する放流汚濁負荷を Fig. 7 に示す。なお、Fig. 7 では、従来運転条件における放流汚濁負荷の合計値を 1.0 として各ケースの結果を比較した。Fig. 6 において開発制御ロジック適用により汚泥流出を抑制できる見通しを得たことから、ケース①～③では従来条件と比べて二次処理水中の濁質成分の流出量を大幅に削減でき、ケース①では放流汚濁負荷 (合計値) を 74.4% 低減できる試算結果となった。また、ケース②、③において返送流量や MLSS 濃度の調整により簡易処理水量を削減できたことから、放流汚濁負荷の低減効果も増大した。

上記の結果から、開発制御ロジック適用により汚泥流出リスクを低減でき、また運転条件調整により生物処理量も増大できる見通しを得た。一方、調整対象と

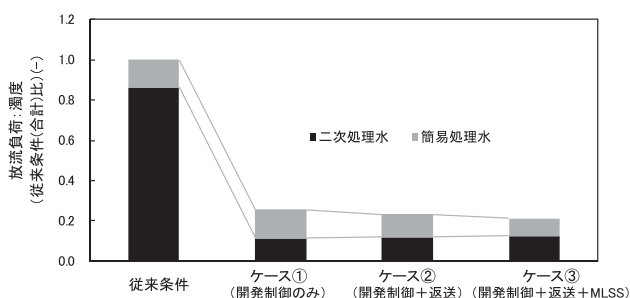


Fig. 7 Reduction in discharge load of solids by developed flow rate control and changes of operational conditions

した返送流量や MLSS 濃度は生物処理にも影響を及ぼすため、処理水質への影響についても今後検討する。

5. 結 論

本研究では、雨天時下水処理における汚泥流出抑制と生物処理量最大化を両立する雨天時下水処理制御技術の構築を目的に、最終沈殿池での汚泥沈降モデル、およびモデル予測結果に基づく反応槽流入水量の制御ロジックの成立性を評価した。得られた知見を以下に示す。

- (1) A 下水処理場での雨天時調査結果を用いて汚泥沈降モデルの予測精度を検証したところ、二次処理水濁度が上昇する時間帯に界面高さの計算値が流出リスク判定基準を上回っており、本モデルにより汚泥流出リスクを予測可能である見通しを得た。
- (2) 雨天時調査結果に基づくケーススタディにおいて、調査時の運転に対して開発制御ロジックの適用効果を評価したところ、汚泥界面をリスク判定基準値以下に維持でき、濁質成分に関する放流汚濁負荷を 74.4% 低減できる試算結果となった。
- (3) 開発制御ロジック適用と、低 MLSS・高返送量運転との組み合わせにより、汚泥流出抑制と生物処理量増大を両立する試算結果を得た。

以上の検討により、汚泥沈降モデルにより汚泥流出リスクを予測できること、また開発制御ロジック適用により汚泥流出を抑制しつつ、生物処理量を最大限増加できること、さらには運転条件を調整することで、放流汚濁負荷の低減効果が増大することが示唆された。

参 考 文 献

- 1) 国土交通省：下水道技術ビジョン、
http://www.nilim.go.jp/lab/eag/01_h3002_ichibukaitei.pdf
(2018/8/24 アクセス)
- 2) 諏訪守, 安井直仁, 南山瑞彦：合流式下水道の改善によるノロウイルス負荷の削減効果, 第 53 回下水道研究発表会講演集, pp. 431-433 (2016)

- 3) 山本高弘, 中村貴昭: 大阪市における既存施設を活用した合流式下水道の改善 — 雨天時下水活性汚泥処理法の開発と実用化 —, 環境システム計測制御学会誌, Vol. 10, No. 2, pp. 8-13 (2005)
- 4) 笹本琢士: ステップ流入式2段硝化脱窒法と雨天時下水活性汚泥処理法の併用運転手法の確立, 第54回下水道研究発表会講演集, pp. 862-864 (2017)
- 5) (公)土木学会: 環境工学公式・モデル・数値集, 第1編, pp. 15-22 (2004)
- 6) 小松和也, 徳富孝明, 西村総介, 田中倫明, 安井英斉: 活性汚泥のゾーン沈降速度とSVIの関係, 環境工学研究論文集, Vol. 39, pp. 21-29 (2002)
- 7) Koopman B.L., and Cadee K: Prediction of Thickening Capacity using Diluted Sludge Volume Index, Water Research, Vol. 17, No. 10, pp. 1421-1431 (1983)
- 8) 川口幸男, 堺好雄, 見上博: 活性汚泥性状を考慮した最終沈殿池水面積負荷設計手法に関する考察, 下水道協会誌, Vol. 37, No. 457, pp. 107-119 (2000)
- 9) (公)日本下水道協会: 下水道施設計画・設計指針と解説 — 2009年版 — (2009)
- 10) (公)日本下水道協会: 下水道統計 (平成25年度版) CD-ROM付 (第70号) (2015)

Development of Wet Weather Treatment Control using Sludge Settling Model

Yoshinori Nishida^{1) †}, Ichiro Enbutsu¹⁾, Keisuke Tanaka²⁾, Yusuke Matsuba²⁾
Naoyuki Yamashita³⁾ and Hiroaki Tanaka²⁾

¹⁾ Hitachi Ltd. Research & Development Group

²⁾ Kyoto University Graduate School of Engineering

³⁾ Ehime University Graduate School of Agriculture

† Correspondence should be addressed to Yoshinori Nishida :
(1-1, Omika-cho, 7-chome, Hitachi-shi, Ibaraki-ken, 319-1292 Japan
E-mail : yoshinori.nishida.js@hitachi.com)

Abstract

A wet weather wastewater treatment system has been proposed to reduce pollutant discharge by increasing biological treatment volume as much as possible. In this system, a control of influent wastewater to a treatment tank is essential to prevent a sludge overflow for a sufficient effluent quality and treatment capacity. Then, this study aims at establishing and evaluating a treatment control system using a sludge settling model by sampling surveys and case-studies.

Key words : combined sewer, sanitary sewer, wet weather treatment, sludge settling model, flow control